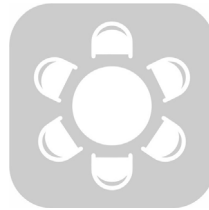


Implementación de Manufactura Celular y Herramientas Lean para incrementar la productividad en fábrica de muebles



Colaboración

Elda Segovia Avila; Brandon Joseph Alvarado Contreras; Axel Enrique Guerra Escobar, Tecnológico Nacional de México / ITS de San Pedro de las Colonias

Fecha de recepción: 20 de marzo de 2024

Fecha de aceptación: 05 de junio de 2024

RESUMEN: El presente documento detalla los hallazgos al momento de realizar un estudio enfocado a la investigación aplicada, en una fábrica de muebles, la cual presenta el problema de baja productividad, lo que genera que no cumpla con la meta establecida diariamente. La propuesta es implementar la manufactura celular, partiendo de la hipótesis de que "El tiempo de fabricación se reduce y se maximizan las habilidades del personal implementando la manufactura celular. La metodología utilizada se basó en Lean Manufacturing, identificando las mudas (desperdicios) y su causa raíz, obtenido como resultado una reducción en el recorrido del material y una disminución de tiempo de proceso de tapizado de salas. Incrementado de un 44.44% a un 74.04% de eficiencia, que representa un aumento en los ingresos anuales de \$12,991,200.00

PALABRAS CLAVE: Manufactura celular, Lean Manufacturing, mudas, nivelación de la producción, herramientas de mejora.

ABSTRACT: This document details the findings at the time conducting a study focused on applied research, in a furniture factory, which presents the problem of low productivity, which means that it does not meet the established goal daily. The proposal is to implement cellular manufacturing, based on the hypothesis that "Manufacturing time is reduced, and staff skills are maximized by implementing cellular manufacturing. The methodology used was based on Lean Manufacturing, identifying the "mudas" (waste) and their root cause, getting in a reduction in the route of the material and a decrease to process time of Sofa upholster. Increased from 44.44% to 74.04% efficiency, which represents an increase in annual revenue of \$12,991,200.00.

KEYWORDS: Cellular manufacturing, Lean Manufacturing, mudas, production leveling, improvement tools.

INTRODUCCIÓN

El estudio de lleva a cabo en una fábrica de muebles de la Región Lagunera, la cual presenta un problema de baja productividad evidenciada por no cumplir con las metas de producción establecidas semanalmente, por lo que requiere una investigación que permita encontrar una estrategia de mejora.

La hipótesis es, que “El tiempo de fabricación se reduce y se maximizan las habilidades del personal con la implementación de la manufactura celular” [1].

La manufactura celular es una herramienta de lean manufacturing que centra sus esfuerzos en mejorar el tiempo de entrega de los productos procesados, así como en incrementar la capacidad de producción [1].

La manufactura celular es útil para eliminar los desperdicios o desperdicios (mudas), que según Rajadell y Sánchez (2010) definen al desperdicio como “actividades que consumen tiempo, recursos y espacio, pero no contribuyen a satisfacer las necesidades del cliente (no aportan valor al cliente)” [2].

Para Villaseñor (2010) Lean manufacturing es una filosofía de producción, desde la materia prima hasta producto terminado, para satisfacer al cliente final, es una forma diferente de pensar, enfocada en eliminar los desperdicios a través de actividades de mejora [3].

El objetivo del estudio es implementar la manufactura celular en el proceso de ensamble para incrementar la productividad, reduciendo el tiempo de fabricación y maximizando las habilidades del personal.

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología utilizada está basada en las herramientas de Lean Manufacturing y técnicas de Ingeniería industrial para análisis y resultados. El tipo de investigación es aplicada con correlación de datos mediante la técnica de la observación para el registro de acontecimientos. Los materiales utilizados, fueron, cronometro, formatos para registro de datos como hoja para diagrama de flujo de proceso, bitácora y AutoCad para el diseño.

Para Milan Kubr todo cambio o mejora en un proceso es parte de una consultoría, la cual tiene diferentes etapas y en la etapa del diagnóstico, propone que se realice la identificación del problema mediante 5 dimensiones que son: Sustancia e identidad, Ubicación física, Tenencia del problema, Magnitud absoluta y relativa y Perspectiva Histórica [4]. También hace hincapié en la importancia de realizar un plan de recolección de datos que facilite llevar a cabo el estudio.

La metodología utilizada para el desarrollo e implementación de la manufactura celular se adaptó iniciando con la premisa de Millian Kubr y las cinco dimensiones de los problemas [4], combinada con las propuestas de Socconini [1] y por otro lado por Rajadell y Sánchez [2] la cual se describe en la Figura 1.

Para iniciar el estudio se realiza un acercamiento a la empresa presentando el equipo de investigación y se procede siguiendo la metodología descrita anteriormente:

1) Identificar el problema mediante las 5 dimensiones

Estas son los enfoques desde donde se debe iniciar un diagnóstico, según Kubr (1997) [4].

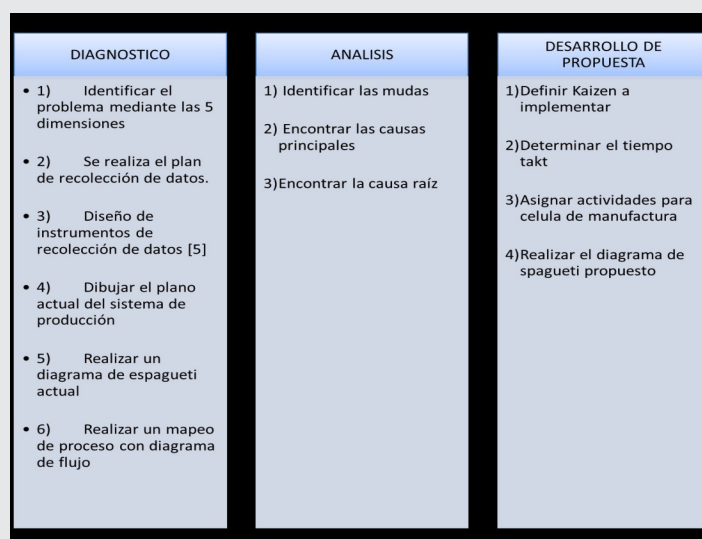


Figura 1. Metodología utilizada para el estudio.

Fuente: Elaboración propia.

A. Sustancia o identidad

Se refiere a la situación específica a analizar, las variables y unidades de medición. La empresa hace referencia a un problema con el número de productos, por lo que la variable a estudiar es la productividad, medida en número de piezas producidas en relación a las piezas esperadas.

B. Ubicación física y en la organización

En este apartado se describe el lugar específico donde se recolectarán los datos, esto para delimitar el estudio. En este caso el área involucrada es el ensamble salas en la fábrica de muebles.

C. Tenencia del problema

Aquí se describe a quienes son los involucrados o a las personas que afecta el problema en estudio. Por lo que al investigar mediante la observación y entrevistas se tiene la siguiente información.

La problemática existente que es la baja productividad afecta a:

Operadores: poca remuneración económica a causa de la baja productividad.

Supervisores: llamadas de atención por no cumplir las metas de producción.

Ingenieros: sus estrategias planteadas no se realizan correctamente.

Directivos: no alcanzar las ventas deseadas.

D. Magnitud absoluta y relativa

En este punto se establece la dimensión, tamaño o volumen del problema en estudio, en relación a la variable medible. Por lo que al registrar en la bitácora la información relacionada al estado actual de la variable en estudio, se obtiene que la producción actual es de 60 salas por semana, de 135 esperadas. Entonces la eficiencia actual se obtiene de acuerdo a la ecuación 1.

$$eficiencia = \frac{Producción\ Real}{Producción\ esperada} \cdot 100 \quad Ec. (1)$$

Obteniendo un 44% de eficiencia con el proceso actual.

2) Se realiza el plan de recolección de datos

Es necesario establecer la forma y el tiempo que se va a dedicar para la recolección de los datos, con la finalidad de realizar un estudio en base a resultados. El plan queda de la siguiente manera:

A. Contenido de los datos

Categorías:

1. Piezas de salas producidas.
2. Tiempo de elaboración de las piezas.

Unidades de medida a trabajar:

1. Número de piezas producidas.
2. Minutos (tiempo).

B. Grado de detalle

Se van a investigar las piezas producidas y el tiempo que se tarda en cada una de las operaciones de trabajo de las salas.

C. Periodo

Semanal en el mes de abril del 2022.

D. Aspectos abarcados

Investigar las piezas producidas por día, semana, mes etc.

El tiempo que se tarda en cada operación cada pieza producida.

Registrar las posibles causas o factores que se puedan observar y que se relacionan con el origen del problema planteado en la encomienda.

E. Organización y tabulación de datos

Los acontecimientos registrados, relacionados con el número de piezas producidas y tiempo de elaboración de estos productos, se registra y se gráfica por semana para una mejor apreciación de la situación.

3) Diseño de instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos se diseñan de acuerdo a las necesidades de cada problema [5] por lo que para este estudio se diseña un formato de registro de acontecimientos, tipo bitácora, un formato de recolección de datos para el diagrama de flujo, se determina el uso del software AutoCAD para el diseño de Distribuciones (Layout) y diagramas de espagueti, así como uso del software Design Tools para realizar el diagrama de flujo de proceso.

4) Dibujar el plano actual del sistema de producción

De acuerdo a Socconini (2019) [6], al iniciar un estudio se debe de tener visualizado la distribución actual para poder contextualizar y tener un punto de partida. El Layout del

proceso de producción al momento de hacer el estudio se muestra en la Figura 2.

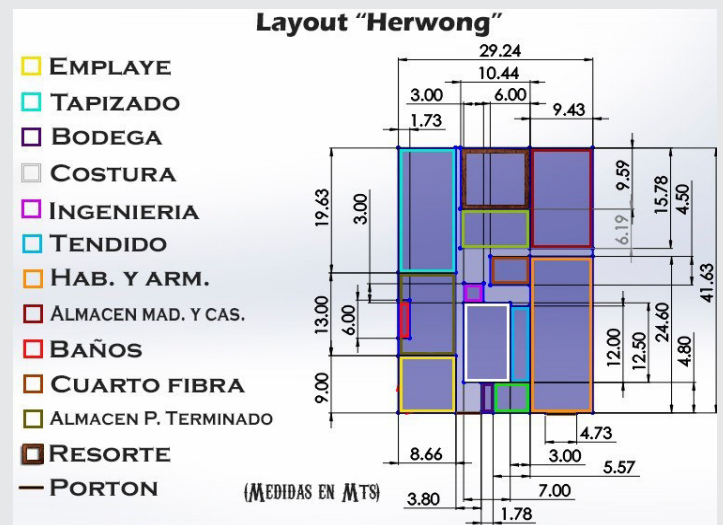


Figura 2. Layout de la empresa.

Fuente: Elaboración propia con AutoCad.

Una vez que se tiene identificado el espacio y la distribución del proceso, se procede a establecer el recorrido que hace el material para el proceso mediante un diagrama de espagueti.

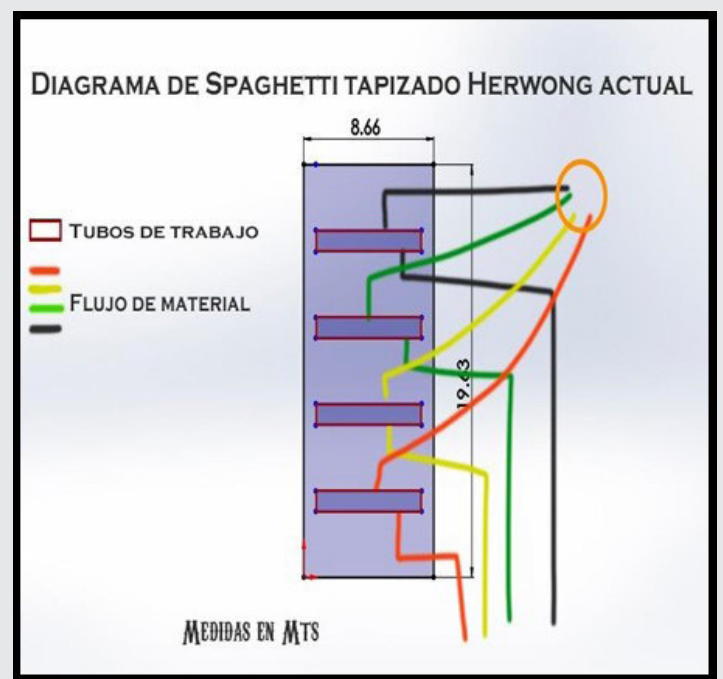


Figura 3. Diagrama de espagueti actual.

Fuente: Elaboración propia con AutoCad.

5) Realizar un diagrama de espagueti actual

Esta técnica es de gran utilidad porque proporciona información del flujo del material a través de los distintos departamentos, ayudando a identificar áreas de oportunidad de distribución. El diagrama de espagueti del proceso actual al momento del estudio se presenta en la Figura 3.

6) Realizar un mapeo de proceso con diagrama de flujo

Después de obtener la información gráfica del recorrido que hace el material, lo que prosigue según Cuatrecasas (2010) [7], es identificar las demoras (mudas) que este proceso contiene, por lo que para obtener esta información se realiza un diagrama de flujo como se muestra en la Figura 4 y 5, haciendo uso del software Design Tools, diseñado por Niebel [8].

Process Description	Chart Symbol	Dist. in Feet	Time (min)
Almacén de madera	Storage	0	0
Transporte de madera de almacén de madera al área de h	Transportation	32.80E	.58
Cortar madera a una longitud establecida	Operation	0	5
Empaquetado de juego de salas	Operation	0	1.45
Inspección de juego de salas	Inspection	0	0
Almacén juegos de salas	Storage	0	0
Traslado series de salas al área de armado	Transportation	32.80E	.58
Armado de casco o esqueleto con grapadora	Operation	0	36
Inspección de esqueleto o casco	Inspection	0	0
Almacén de casco o esqueleto	Storage	0	0
Transporte almacén de casco o esqueleto al área de resor	Transportation	82.021	1
Grapado de fichas con grapadora	Operation	0	.76
Corte de resorte con pinzas	Operation	0	2.08
Colocación de resortes encima de fichas	Operation	0	1.15
Amartillar fichas con el martillo	Operation	0	1.05

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de ensamble de salas.
Fuente: Elaboración propia con Design Tools.

Process Description	Chart Symbol	Dist. in Feet	Time (min)
Grapado de resortes	Operation	0	.58
Colocar raña	Operation	0	2.63
Colocar Bonfor	Operation	0	3.5
Inspección de operación resorte	Inspection	0	0
Almacén ensamble operación resorte	Storage	0	0
Ensamble de resorte	Operation	0	11.71
Almacén de espuma y aglutinado	Storage	0	0
Transporte de espuma y aglutinado	Transportation	9.842E	.25
Unión espuma y aglutinado	Operation	0	.63
Forrado de todo el casco con guata	Operation	0	2.11
Tapizado del respaldo	Operation	0	8.66
Tapizado de asientos	Operation	0	11.83
Tapizado de cierre	Operation	0	3.16
Inspección de calidad	Inspection	0	0
Traslado de sala al área de emplaye	Transportation	39.37C	.71

Figura 5. Continuación de Diagrama de flujo del proceso de ensamble de salas.
Fuente: Elaboración propia con Design Tools.

7) Hacer un análisis de mudas y tipos de despilfarro

Con el diagrama de flujo es fácil identificar mudas que representan un tipo de desperdicio o despilfarro de recursos en el proceso [9]. En este caso se identifica que el material recorre un total de 239.5 ft. y que el tiempo de ciclo del contenido total del trabajo 135.32 minutos. Como se muestra en la Figura 6.

Flow Process Chart (Summary)		Summary			
Location:	HERWONG	Event	Present	Proposed	Savings
Activity:	PRODUCCIÓN	Operation	26		
Date:	02-05-2022	Transport	10		
Operator:		Delay			
Analyst:	ING. AXEL GUERRA	Inspection	7		
		Storage	9		
Method:	Present Proposed	Distance (ft)	239.50132		
Type:	Worker Material Machine	Time (min)	135.32		
		Cost			

Figura 6. Resumen de diagrama de flujo.

Fuente: Elaboración propia con Design Tools.

También se identifica que en el proceso de tapizado de salas hay una muda que corresponde a un tiempo excesivo de la operación, identificando un tiempo de 45 minutos. Por lo que se procede a buscar las causas.

8) Análisis de causas

Se procede a identificar los factores que están generando la baja productividad en el proceso de tapizado, mediante una lluvia de ideas, se obtienen los datos mostrados en la Tabla 1 mediante una clasificación por las categorías más evidentes en el proceso.

Tabla 1. Causas de tiempos muertos (mudas).

BAJA PRODUCTIVIDAD	CON RELACIÓN A LOS TIEMPOS	ESPACIOS
<ul style="list-style-type: none"> ○ Todo el proceso es realizado por una misma persona. ○ No se cuenta con materialista. ○ <u>Herramientas prestadas y falta de herramientas.</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pérdidas de tiempo por trayectos largos de transporte de material. ○ No se ha hecho ningún estudio previo de tiempos. ○ Se ha trabajado con un método de trabajo sin nada establecido. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Falta de almacén para colocar piezas terminadas ○ Material acumulado. ○ Falta de espacios de áreas de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

Al estudiar las causas se encuentra que, en todas las ocasiones, es decir comuna frecuencia del 100% los trabajadores tienen que esperar por falta de herramienta. Por lo que, de las causas, se considera de mayor impacto para su análisis. Por lo que se procede a realizar un Diagrama de Ishikawa, pues de acuerdo con López (2016) [9], esta es una de las herramientas utilizada para las mejoras en los procesos. El diagrama se muestra en la figura 7.

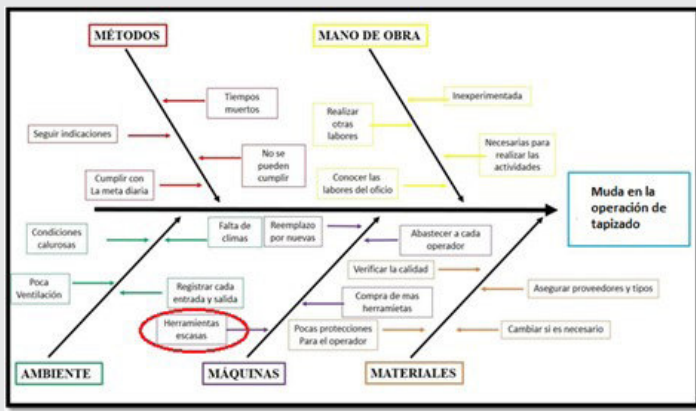


Figura 7. Diagrama de Ishikawa.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el diagrama comprobamos que la causa principal es la falta de herramienta.

9) Definir Kaizen a implementar

Es necesario eliminar las causas detectadas por lo que se procede a realizar un análisis de las propuestas de acuerdo al peso y calificación asignada por los directivos. Como se muestran en la Tabla 2. De acuerdo con las cuatro estrategias propuestas:

- A. Hacer estación de subensamble mediante manufactura celular para disminuir el recorrido del material.
- B. Espacios disponibles y aplicación de un Layout.
- C. Colocar herramienta necesaria en cada estación para evitar retrasos.
- D. Poner un materialista en el área, ayudar a subir la productividad y evitar tiempos muertos.

Tabla 2. Evaluación de estrategias.

Estrategia	Peso	Calificación	Ponderación
A	40	8	320
B	20	5	100
C	30	8	240
D	10	6	60

Fuente: Elaboración propia.

La evaluación de las estrategias evidencia que la primera a atenderse es la A que se refiere al diseño de la célula de manufactura, seguida por la C que es el abastecimiento de herramientas.

10) Determinar el tiempo takt

El takt time se refiere al ritmo de trabajo para poder cumplir con la meta diaria de 270 piezas diarias. Conociendo el tiempo disponible para trabajar por día que es de 540 minutos, entonces se procede a calcular el takt time de acuerdo con la ecuación 2.

$$Takt\ time = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{producción esperada}}$$

$$Takt\ time = \frac{2700\ min}{135\ piezas} = 20\ minutos/sala$$

Ec. (2)

11) Determinar el número de operadores

La asignación de actividades para los operadores debe ser basada en el takt time calculado, de tal manera que se pueden asignar actividades tantas como sea posible, siempre y cuando no sobre pase de tiempo de ritmo de trabajo [10], como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Asignación de actividades.

Estación	Tarea	ΣPW	Precedencia	Tiempo de la operación	Tiempo acumulado (min)	Tiempo no asignado (min)
I	1	55		5	5	22
	2	50	1	15	20	7
II	3	35	2	15	15	12
III	4	20	3	20	20	7

Fuente: Elaboración propia.

Estas son las estaciones de trabajo necesarias para la célula de trabajo.

Lean manufacturing propone la técnica de nivelación, la cual consiste en la asignación de actividades y su representación gráfica, para visualizar el tiempo utilizado en cada operación con relación al ritmo de trabajo [11] como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Nivelación de actividades.

Fuente: Elaboración propia.

12) Realizar el diagrama de espagueti propuesto

Con los datos anteriores se procede a realizar el diagrama de espagueti propuesto como se muestra en la Figura 9.

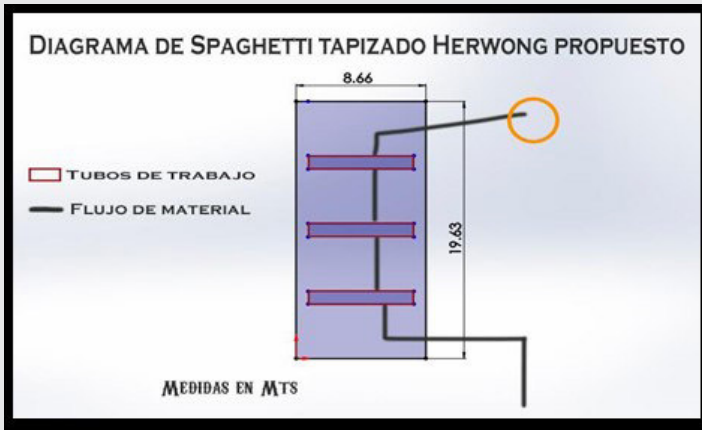


Figura 9. Diagrama de espagueti propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Al implementar la manufactura celular se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Reducción de distancia del recorrido del material, de 239.5 ft a 32.80 ft, lo que corresponde a decir que, de 74 m, se reduce a 10 m.
2. Reducción del tiempo de proceso al bastecer de herramientas, pues es tiempo de operación se logra balancear a 20 minutos por pieza, obteniendo ahorro significativo en el tiempo, logrando producir al ritmo de trabajo establecido (takt time), como se muestra en la Figura 10.

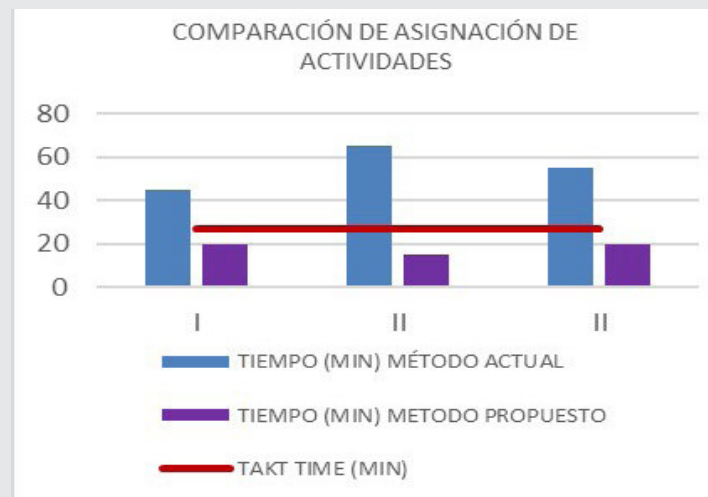


Figura 10. Comparación de asignación de actividades.

Fuente: Elaboración propia.

3. Incremento de la productividad subiendo la eficiencia de 44% a 74% como se muestra en la Tabla 4 y 5.

Tabla 4. Cálculo de la eficiencia antes

Td=	540	min.
Takt time=	20	min.
Piezas esperadas=	27	pzs.
Piezas reales=	12	pzs.
Eficiencia actual=	44.44	%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Cálculo de la eficiencia método trabajo.

Td=	540	min.
Takt time=	20	min.
Producción real=	20	pzs.
Producción esperada=	27	pzs.
Eficiencia esperada=	74.07	%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar se obtuvo un incremento del 29.63% en la productividad de la línea de tapizado de salas.

4. Se aumento el ingreso generado por el incremento de producción, de acuerdo con el costo beneficio presentado en las Tablas 6 y 7.

Tabla 6. Ingresos método actual

Producción de salas por día	Precio por unidad	Ingresos por día
12	\$ 6,500.00	\$ 78,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Ingresos método propuesto.

Producción de salas por día	Precio por unidad	Ingresos por día
20	\$ 6,500.00	\$ 130,000.00

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar hubo un incremento de ingresos por consecuencia del incremento de la productividad los cuales se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Aumento en ingresos con método propuesto.

Ingresos por día antes de la mejora	\$ 78,000.00
Ingresos por día después de la mejora	\$ 130,000.00
Aumento en Ingresos por producción por día=	\$ 52,000.00

Fuente: Elaboración propia.

El aumento en ingreso por día es de \$52,000, por cinco días a la semana por 50 semanas al año equivale a \$13,000,000.00, considerando la inversión en herramientas con depreciación en un año se tiene el incremento en inversión real como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Aumento en ingresos por año.

Aumento en Ingresos por año	\$13,000,000.00
Inversión de la herramienta por año	\$ 8,800.00
Aumento en Ingresos por año=	\$ 12,991,200

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

En conclusión, confirma la hipótesis que enuncia que “El tiempo de fabricación se reduce y se maximizan las habilidades del personal con la implementación de la manufactura celular”, pues en el proceso de tapizado de ensamble de ha comprobado, mediante un análisis realizado con herramientas de mejora para determinar la mejor estrategia, que en este caso fue la implementación de la manufactura celular y el abastecimiento de herramientas. Por lo que es importante destacar que las herramientas de ingeniería Industrial son de gran utilidad utilizándolas de acuerdo con las necesidades de cada situación

en particular, pues facilitan el proceso de estudio. Se concluye pues destacando el logro que se obtuvo con reimplantación de la manufactura celular, la cual corresponde a un incremento en los ingresos de \$1'082,600.00 pesos mensuales.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Socconini, L. V. (2019). *Lean Manufacturing: paso a paso*, Marge Books. ProQuest Ebook Central, <http://ebookcentral.proquest.com/lib/eccisp/detail.action?docID=5885237>

[2] Rajadell, M. Y Sánchez, J. L (2010). *Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Diaz de Santos.

[3] Villaseñor, C. A. (2007) *Manual de Lean Manufacturing guía básica*. México: Editorial Limusa.

[4] Milan, K. (1997). Rajadell, M. & Sánchez, J. L (2010). *Lean Manufacturing, la evidencia de una necesidad*. Madrid, España: Diaz de Santos.

[5] Hernández, R., Fernández, C. & Baptista P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). México: McGraw HILL.

[6] Meyers E. & Matthew P. (2006). *Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de materiales* (3 ed.). México: PEARSON.

[7] Cuatrecasas L. (2010). *Lean Management, La gestión competitiva por excelencia*. Barcelona: Profit.

[8] Niebel, B. & Freivalds, A. (2014). *Ingeniería Industrial, Métodos y diseño del trabajo* (12 ed.). México: McGraw-Hill.

[9] López Lemos, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la calidad: métodos para la mejora continua y la solución de problemas*. FC Editorial. <https://elibro.net/es/lc/tecsanpedro/titulos/114213>

[10] Hernández J. C. & Vizán A. (2013). *Lean Manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación* Barcelona: Profit.

[11] García, M. C. (2016). *Aplicación LEAN MANUFACTURING a una célula autónoma de fabricación de piezas de CN*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

[12] Contreras, M. M. (2011). *Estudio Sobre la Tecnología de Grupos y su Integración en la Manufactura Integrada por Computadora*: Instituto Politécnico Nacional.

[13] López, A. P. R. (2007). *La gestión de costes en Lean Manufacturing. Como evaluar los costes en un sistema lean*. BUSINESS POKET. Obtenido el 21 de octubre de 2022.

