

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE CIUDAD JUÁREZ

OPTIMIZATION IN A PRODUCTION LINE IN A COMPANY IN CIUDAD JUAREZ

Martínez Rodríguez Julissa

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0009-0007-8896-3352>
al179908@alumnos.uacj.mx

Flores Sánchez Alejandra

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0002-2002-1330>
alejandra.flores@uacj.mx

Gómez Zepeda Perla Ivette

Tecnológico Nacional de México/ I.T. de Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0002-1767-5982>
perla.gz@cdjuarez.tecnm.mx

Linares Gil Mayra Verónica

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0002-4379-5013>
mayra.linares@uacj.mx

Portillo Reyes Margarita

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0003-4692-755X>
margarita.portillo@uacj.mx

DOI: <https://doi.org/10.61273/neyart.v1i2.50>

| Recibido: 25/01/2024 | Aceptado: 14/03/2024 | Publicado: 15/04/2024

Esta obra está bajo
una licencia internacional
Creative Commons Atribución 4.0.



Resumen: En la línea 1 de bajo volumen la cual realiza el ensamble de escaleras PODIUM se realizó un estudio de tiempos el cual tuvo como resultado variación en los tiempos de ciclo en las estaciones y tiempos de ciclo muy altos lo que provoca que no se pueda cumplir con los requerimientos y la capacidad establecida de escaleras, el requerimiento promedio según el programa es de 396 escaleras/día. El cuello de botella surge de la estación de mesa final la cual cuenta con 7 actividades siendo la estación de trabajo con una mayor carga de trabajo. De acuerdo con la literatura encontrada se cree que el balanceo de líneas puede nivelar las estaciones de trabajo para que tanto máquinas como operarios no tengan tiempos improductivos según menciona Hernández López (2014). Así como también el autor de la tesis Peña Jara (2020), menciona que el Balanceo de línea es una herramienta de ingeniería que permite al profesional optimizar los procesos de manufactura.

Se emplea un balanceo de líneas y herramientas para distribuir y optimizar de manera equitativa las tareas y trabajos en las estaciones de trabajo en la línea de producción de bajo volumen con el objetivo de minimizar los cuellos de botella y mejorar la eficiencia. Al realizar el balanceo en la línea 1 de bajo volumen se pudo cumplir con el objetivo de balancear e implementar herramientas de manufactura eliminando los cuellos de botella en la línea de bajo volumen de esta manera se pudo optimizar cada uno de los procesos y aumento la capacidad, por ende, aumentaron las salidas a 485 escaleras/día. Se eliminaron movimientos innecesarios al implementar la herramienta de 5S en la línea 1 de bajo volumen la cual permitió mayor flexibilidad.

Palabras Clave: Balanceo de línea, Cuello de botella, Estudio de tiempos, Takt time, Tiempo de ciclo, 5s

Abstract: In low volume line 1 which carries out the assembly of PODIUM stairs, a time study was carried out which resulted in variation in cycle times in the stations and very high cycle times, which means that it cannot be met. the requirements and established capacity of stairs, the average requirement according to the program is 396 stairs/day. The bottleneck arises from the final table station which has 7 activities, being the workstation with the highest workload. According to the literature found, it is believed that line balancing can level the workstations so that both machines and operators do not have unproductive time, as mentioned by Hernández López (2014). As well as the author of the thesis Peña Jara (2020), mentions that Line Balancing is an engineering tool that allows professionals to optimize manufacturing processes.

Line and tool balancing is used to equitably distribute and optimize tasks and jobs at workstations on the low- volume production line to minimize bottlenecks and improve efficiency. By carrying out the balancing in low volume line 1, the objective of balancing and implementing manufacturing tools could be met, eliminating bottlenecks in the low volume line. In this way, each of the processes could be optimized and capacity increased, therefore, they increased exits to 485 stairs/day. Unnecessary movements were eliminated by implementing the 5S tool in low volume line 1 which allowed greater flexibility.

Keywords: Cycle time, Bottleneck, Line balance, takt time, Time study, 5s.

INTRODUCCIÓN

La optimización de procesos en entornos de producción se ha vuelto esencial en el panorama empresarial, donde la eficiencia y la utilización óptima de recursos son factores determinantes para el éxito (Rubio y Baz, 2015). En este estudio, se realiza la exploración detallada de estrategias y enfoques diseñados para potenciar la eficiencia; entendida como la capacidad de lograr resultados deseados con la máxima eficacia y el mínimo consumo de recursos, tal como define la Real Academia Española (2014).

Un análisis exhaustivo de los tiempos de ciclo en distintas estaciones de la línea de producción reveló variaciones notables, destacando la presencia de un cuello de botella significativo en la estación final, la cual, al contar con una carga de trabajo elevada, generaba fluctuaciones en los tiempos y ocasionaba incumplimientos en los requerimientos diarios de producción de escaleras. Adicionalmente, la falta de

ubicación e identificación adecuada del material en esta estación resultaba en tiempos muertos. En respuesta a estos hallazgos, se propone la aplicación estratégica de herramientas de manufactura esenciales con el objetivo de lograr un balance de línea eficiente.

El propósito fundamental de estas herramientas reside en la eliminación de desperdicios y la consecución de una producción precisa y necesaria. La implementación de esta amplia colección de herramientas, con el respaldo de estudios previos, busca alcanzar no solo la rentabilidad y competitividad sino también la satisfacción integral de los clientes. Centrando la atención en la línea de producción de bajo volumen, específicamente la línea 1, el objetivo primordial es abordar y mitigar los cuellos de botella identificados, al tiempo que se potencia la eficiencia operativa. Para lograrlo, se apoyó en herramientas de manufactura esbelta, como las 5s, diagramas de flujo, PDCA, MOC y toma de tiempos. Estas estrategias, meticulosamente seleccionadas, tienen como meta la eliminación de desperdicios y la optimización de procesos, asegurando una producción alineada únicamente con lo necesario, mediante la aplicación coherente de esta colección de herramientas.

En última instancia, el propósito central se enfoca en identificar, analizar y proponer estrategias y soluciones específicas que impulsen la eficiencia y eleven la calidad en la línea de producción. Realizando un esfuerzo por ofrecer a la empresa perspectivas fundamentadas, respaldadas por datos concretos y análisis detallados, que sirvan de base para la toma de decisiones informadas y estratégicas. Mostrando un compromiso con la búsqueda constante de la mejora continua de las operaciones, alineando cada paso con la consecución de los objetivos empresariales de la organización.

DESARROLLO

La presente investigación se realiza un análisis descriptivo con diseño cuantitativo (Hernández Sampieri, 2014), el cual se basará en la recopilación y análisis de datos de una línea de producción, se realiza un estudio de tiempos en cada una de las estaciones de trabajo donde cada uno de estos tiempos es relacionado utilizando métodos de análisis estadísticos.

Materiales

Computadora, Cronómetro, Excel, Tabla de datos.

Método

A través de las herramientas de manufactura es posible mejorar continuamente los procesos de producción los cuales podrán aumentar la productividad la cual mide lo eficiente que somos capaces de producir,

aumentar la productividad implica aumentar la capacidad con los mismos recursos o mantener la capacidad disminuyendo recursos (Suñe Torrents et al., 2004). Se realizó un diagrama de flujo el cual representa una gráfica que desglosa un proceso en cualquier tipo de actividad (Manene, 2011).

Para poder implementar y optimizar los procesos de la línea 1 de bajo volumen, se realizó en la línea 1 de bajo volumen el hallazgo correspondiente de que la línea no cumplía con la proyección de producción, por tal motivo se buscó una mejora para incrementar el aumento de la salida la cual debía cumplir con una meta 396 escaleras/día. Dicho problema surge porque no se tenían contempladas las distintas piezas para el ensamble de la escalera PODIUM ocasionando una carga de trabajo excesiva en la mesa final además al no contar con la ubicación correspondiente de los componentes en la mesa final se ocasionaban tiempos muertos al operador. Al ser una línea de bajo volumen los procesos tienden a ser más lentos, se encontró el cuello de botella en la mesa final teniendo tiempos de ciclo muy altos.

Al contar con 7 actividades que conllevan operaciones más complejas siendo una de ellas el ensamble de la paila, sabiendo esto se propuso un plan de trabajo para el balanceo e implementación de herramientas de manufactura en la línea 1 de bajo volumen, se realizó la presentación del MOC ante las partes interesadas, después de ser aprobado se siguió la metodología PDCA para la planificación, desarrollo, control y llevar a cabo el proyecto.

Posteriormente se realizó un estudio de tiempos en cada una de las estaciones en donde se cronometraron 10 tiempos de cada estación de trabajo para identificar y nivelar la línea de producción de manera que no afectara a cada una de las actividades, también se reacomodaron las operaciones en cada estación, se añadieron 2 estaciones. Por último, se buscó aplicar la herramienta de 5s en la estación final al encontrarse tiempos muertos por no tener ubicadas ni identificadas correctamente el material para realizar el ensamble final, para esto se realizaron carritos y racks para facilitar el ensamble final y la localización de los materiales.

Quedando de manera concisa y de acuerdo con la revisión de literatura efectuada los siguientes puntos:

1. Se identificó el cuello de botella, especificándose aquellas actividades de producción que generan menor rentabilidad a las organizaciones, utilizando mayores recursos y tiempo (Cuevas Perez, 2017).
2. Se realizó la presentación del MOC, este proceso se aplica cuando en sitio se modifica: la tecnología, equipos, instalaciones, etc. Los objetivos del MOC son Identificar las posibles consecuencias de un cambio de procesos, planificar con antelación, de modo que se puedan

adoptar medidas adecuadas, antes de que se produzca un cambio (Manuele, 2012).

3. Debe de seguirse el método PDCA, se define como un conjunto de acciones ordenadas e interconectadas dispuestas en un círculo en el que cada cuadrante corresponde a la fase del proceso: Planificar, desarrollar, controlar y actuar (Mattos y Valderrama, 2019).
4. Se realiza el estudio de tiempos, esta es una labor que se separa en partes para medirlas y cronometrarlas por separado. Después se combinan los tiempos individuales y se suman las permisibilidades para calcular un estándar de tiempo (Jacobs y Chase, 2009).
5. Se realiza el balanceo de líneas y actividades a cada operación.
6. Se implementan las 5's en cada una de las estaciones de trabajo, es un programa de trabajo para talleres y oficinas que consiste en desarrollar actividades de orden/limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo, que por su sencillez permiten la participación de todos a nivel individual/grupal (Rey Sacristan, 2005).
7. Llega a su fin el proceso de optimización de la línea 1 de bajo volumen (ver figura 1).

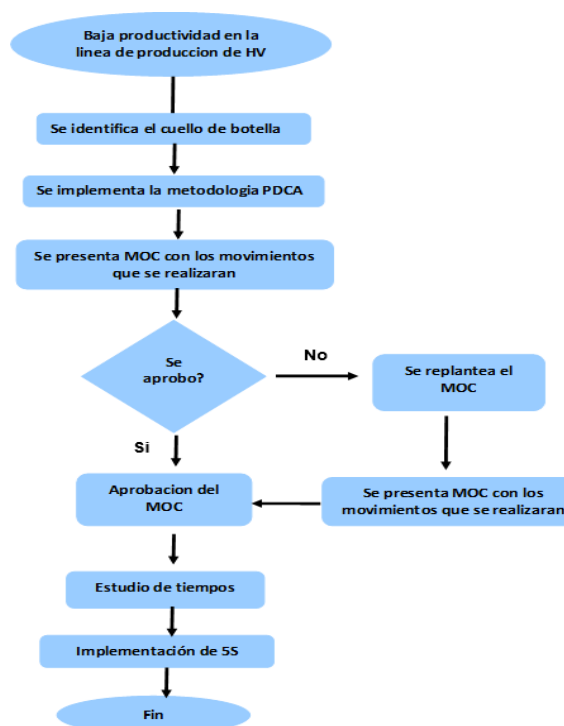


Figura 1. Diagrama de flujo de procesos de línea bajo volumen.

Fuente. Elaboración propia.

Estudio de tiempos

Se realizó el estudio de tiempos en la línea 1 de bajo volumen en el cual se tomaron 10 tiempos en cada una de las estaciones de trabajo siendo estas la estación frontal 1, frontal 2, frontal 3/combo, trasero 1 y mesa final (ver figura 2).

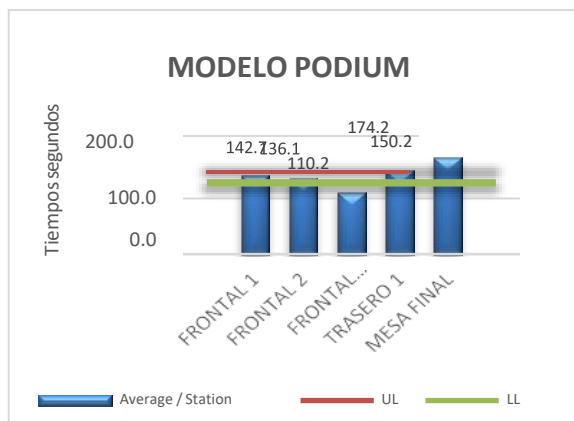


Figura 2. Gráfica de estudio de tiempos antes del balanceo de la línea 1 de bajo volumen.

Fuente. Elaboración propia (2023).

Se realizó el cálculo de los promedios de cada estación (ver figura 3) y las piezas/hora de cada una, al observar los tiempos se puede determinar que el cuello de botella se encuentra en la estación final. El tiempo del ciclo que se tiene es de 33.871 seg el cual se refiere a el tiempo promedio que transcurre entre el final de unidades sucesivas (Jacobs y Chase, 2009). El takt time o AHV es de 29.167 seg el cual se refiere al ritmo con el que se deberían completar las actividades para cumplir con el trabajo demandado (Segura Salazar, 2019).

Line Balance Worksheet						
SKU:					By:	
Work Center:	JJ42-1			# Employees:	7	
Shift:	1st					
	FRONTAL 1	FRONTAL 2	FRONTAL 3/COMBO	TRASERO 1	MESA FINAL	
1	112.53	110.79	90.56	123	144.5	
2	119.96	109.36	90.12	124	146.3	
3	109.88	113.25	93.12	120	145.7	
4	130.95	122.69	94	115	143.5	
5	113.08	116.18	91.23	117	144.5	
6	134.8	109.26	92.14	125	145.9	
7	112.76	112.67	91.36	128	144.8	
8	118.07	109.45	92.36	133	145.7	
9	126.29	111.62	92.57	132	146.8	
10	110.68	118.65	91.01	135	143.9	
Average	118.9	113.392	91.847	125.2	145.16	
Fatigue	142.68	136.07	110.22	150.24	174.19	
Pcs/hr	25	26	33	24	21	

Output/hr	21	AHV (System)	29.167 hrs/100
# Oper.	7	Labor Time (Real)	33.871 hrs/100
% Eff.	86.1		

Figura 3. Estudio de tiempos antes del balanceo de la línea 1 de bajo volumen.

Fuente. Elaboración propia (2023).

$Eficiencia = (29.167 / 33.871) * 100 = 86.1 \text{ Ec. (1)}$.

Teniendo un total de 396 escaleras diarias con una eficiencia del 86.1%.

5's

Las 5's son un conjunto de principios y prácticas de gestión japonesas que buscan mejorar la eficiencia y la productividad en el lugar de trabajo mediante la organización y la limpieza (Imai, 1986). Estas cinco palabras japonesas, que comienzan todas con "S", representan cada una de las etapas del proceso:

- Seiri (Clasificación): Eliminar lo innecesario y organizar lo necesario.
- Seiton (Orden): Ordenar y organizar de manera eficiente los elementos necesarios.
- Seiso (Limpieza): Limpiar y mantener un ambiente de trabajo ordenado.
- Seiketsu (Estandarización): Establecer estándares y procedimientos para mantener las 3S anteriores.
- Shitsuke (Disciplina): Desarrollar hábitos y disciplina para mantener las 4S anteriores de manera consistente.

Al surtir los componentes para el armado de escaleras se observó que existen tiempos muertos ya que no se cuenta con una organización de material y se encuentran alejados de las estaciones de trabajo lo que ocasiona que los trabajadores tengan que caminar hasta los racks para surtir los componentes de fabricación que requieren a la brevedad. Los materiales de fabricación que se surten son los combos, zapatos y end caps (ver figura 4).



Figura 4. Acomodo de componentes en la línea 1 de bajo volumen

Fuente. Elaboración propia.

DISCUSIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

Al realizarse el balanceo de la línea 1 de bajo volumen se cronometraron 10 tiempos de cada estación de trabajo dando como resultados los siguientes datos (ver figura 5 y 6).

Line Balance Worksheet

Sku: _____
Work Center: JJ42-1 By: _____
Shift: 1st # Employees 9

	1	1	1	1	1	3	9
	FRONTAL 1	FRONTAL 2	COMBO	TAPA	TRASERO 1	TRASERO 2	MESA FINAL
1	91.91	90.17	103.43	94.66	61.5	61.5	110.74
2	100.74	90.14	95.59	92.39	62.0	62.0	117.35
3	93.46	96.83	88.18	104.28	60.0	60.0	101.01
4	113.46	105.20	100.51	95.34	57.5	57.5	104.21
5	96.96	100.06	94.92	101.97	58.5	58.5	98.36
6	113.61	88.07	102.85	102.58	62.5	62.5	110.03
7	98.19	98.10	95.73	97.57	64.0	64.0	92.54
8	98.94	90.32	90.66	98.50	66.5	66.5	107.29
9	108.44	93.77	98.99	95.78	66.0	66.0	104.02
10	92.59	100.56	97.40	92.64	67.5	67.5	98.93
Average	100.83	95.32	96.83	97.57	62.60	62.60	104.45
Fatigue	121.00	114.39	116.19	117.09	75.12	75.12	125.34
Pcs/hr	30	31	31	31	48	48	29

Output/hr	29	AHV (System)	29.167 hrs/100	Pcs/shift (System)	232
# Oper.	9	Labor Time (Real)	31.335 hrs/100	1st Shift	219
% Eff.	93.1			2nd Shift	

Figura 5. Estudio de tiempos antes del balanceo de la línea 1 de bajo volumen.

Fuente. Elaboración propia.

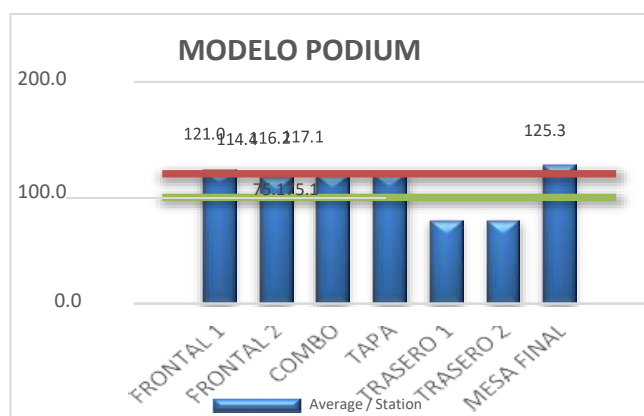


Figura 6. Gráfica de estudio de tiempos después del balanceo de la línea 1 de bajo volumen.

Fuente. Elaboración propia.

$$Eficiencia = (29.167 / 31.335) * 100 = 93.08 \text{ Ec. (2)}$$

Teniendo un total de 451 escaleras diarias con una eficiencia del 93.08%

- Se logró obtener una salida de 29 escaleras por hora
- Se añadió la operación de TAPA y TRASERO 2
- Aumento el equipo de trabajo de 7 a 9 operadores
- Actualmente la línea de bajo volumen alcanza 232 escaleras para 1er turno, 219 escaleras para 2do turno dando un total de escaleras 451 diarias

- El aumento fue de 55 escaleras
- La mesa final disminuyó su tiempo de 174.2 seg a 125.3 seg siendo anteriormente la operación de cuello de botella.

Después de ser aplicadas las 5's la cual denota cinco operaciones básicas y elementales que toda compañía camino a la excelencia debe seguir: clasificamos, ordenamos, limpiamos, estandarizamos y disciplina (Salazar Sandoval, Johao Ore Quiroz, Benavides Alvarado, Delgado Calderón, & Pantoja-Tirado, 2020). Serán aplicadas en la línea 1 de bajo volumen para la ubicación correcta de los componentes. Se fabricaron carros/racks para colocarlos cerca de las estaciones de trabajo de cada componente:

- Es la primera S que se debe aplicar y consiste como su traducción bien indica en eliminar aquellos objetos que sean innecesarios y no aporten valor alguno al producto final (Manzano Ramírez y Gisbert Soler, 2016).
- El material es clasificado en materiales de fabricación y componente de las escaleras la manera de surtir los materiales de fabricación es mediante la utilización de carros para el surtido de end caps, zapatos y combos (ver figura 7).



Figura 7. Carrito de end caps identificado.

Fuente. Elaboración propia.

- Para la implementación de la segunda S se colocaron e identificaron contenedores de mayor capacidad para ubicar fácilmente los materiales de fabricación, así como para evitar confusiones con los números de parte de cada componente.
- En la parte de la limpieza se debe realizar limpieza e inspección diaria a todas las estaciones de trabajo, especialmente a los carros/ racks que fueron colocados en cada estación de trabajo, se debe remover todos aquellos desperdicios, basura o material que no corresponda al lugar de trabajo para esto se realizó una junta con el equipo de trabajo de línea 1 para explicarles el motivo del

cambio, así como el seguimiento que debe tener el surtido del material en la línea 1 (ver figura 8).

Figura 8. Carrito de combos identificado.



Fuente. Elaboración propia.

- En la estandarización se debe revisar constantemente el área para detectar oportunidades en el proceso y evitar que los carros/racks estén vacíos, se debe informar a todos los colaboradores y materialistas que solo el material identificado deberá ser asignado en el lugar sin excepciones. El encargado de dar seguimiento en este punto será el operador universal, en caso de identificar algún inconveniente deberá de reportarlo al supervisor para dar un seguimiento continuo, también se debe realizar la auditoría de 6s con el fin de cumplir con todos los niveles.
- La disciplina es la parte más importante de esta herramienta de manufactura, ya que se debe dedicar un monitoreo todos los días por la línea para así asegurar que se esté cumpliendo con cada uno de los puntos anteriores. Se colocó una gráfica en la línea para el cumplimiento del plan de la línea y se realiza la revisión de los carros donde se surten los componentes de fabricación. El personal del área tiene visible el resultado de la auditoría 6s y se dedica a realizar de limpieza cuando se escucha música 15 minutos antes de terminar su jornada laboral (ver figura 9).



Figura 9. Rack de zapatos identificado.

Fuente. Elaboración propia.

En el estudio Medición del flujo del proceso productivo en la empresa DEF dedicada a la producción de mayonesa (Cuevas Perez, 2017), se aborda la importancia de medir el flujo del proceso productivo para identificar cuellos de botella y mejorar la eficiencia en la producción. Esto se relaciona con el hallazgo en

el estudio actual sobre la identificación de un cuello de botella significativo en la estación final de la línea de producción.

Ambos estudios enfatizan la necesidad de optimizar el flujo de trabajo y eliminar actividades que generen menor rentabilidad o consuman mayores recursos, lo que coincide con la propuesta de implementar herramientas de manufactura para mejorar la eficiencia en la línea de producción.

Este otro estudio de Lean Manufacturing: implantación 5S (Manzano Ramírez & Gisbert Soler, 2016) se centra en la implantación de la metodología 5S para mejorar la organización y limpieza en el lugar de trabajo, lo cual se relaciona directamente con la implementación de las 5S en la línea de producción en el estudio actual. Ambos estudios destacan la importancia de la disciplina y la estandarización en la mejora continua de los procesos de producción. En el estudio actual, se menciona cómo la disciplina es crucial para mantener el lugar de trabajo ordenado y seguir los estándares establecidos.

Al comparar los resultados y las metodologías utilizadas en estas investigaciones con el estudio sobre la optimización de procesos en la línea de producción en Ciudad Juárez, podemos observar similitudes en los enfoques adoptados para mejorar la eficiencia, eliminar desperdicios y promover la estandarización en el entorno de trabajo. Estas investigaciones ofrecen perspectivas adicionales y fundamentadas que respaldan las estrategias propuestas en el estudio actual, reforzando la importancia de implementar prácticas eficientes de manufactura para aumentar la productividad y la calidad en las operaciones industriales.

CONCLUSIÓN

Al realizar el balanceo en la línea 1 de bajo volumen se pudo cumplir con el objetivo de Identificar, analizar y proponer estrategias y soluciones específicas que permitan mejorar la eficiencia y aumentar la calidad en la línea de producción al balancear e implementar herramientas de manufactura se eliminaron los cuellos de botella en la línea de bajo volumen de esta manera se pudo optimizar cada uno de los procesos y aumento la capacidad, por ende, aumentaron las salidas de la línea de 396 escaleras/día a 485 escaleras/día teniendo una eficiencia actualmente de 93.1% y se pudo aumentar la flexibilidad en líneas de bajo volumen cumpliendo con los requerimientos del cliente.

Así como la eliminación de movimientos innecesarios al implementar la herramienta de 5's en la línea 1 de bajo volumen la cual permitió mayor flexibilidad en los procesos al ubicar de manera más rápido el material haciendo los procesos de trabajo más eficientes y equilibrado para los trabajadores ya que su

carga de trabajo disminuyo al implementar dos estaciones de trabajo para nivelar las operaciones, así como se pudo tener un área de trabajo libre de los desperdicios y limpia siguiendo la disciplina 5S. Al contar con 4 líneas más de bajo volumen se puede implementar el mismo proyecto y así reducir los tiempos de ciclo, eliminar cuellos de botella, nivelar la carga de trabajo en las estaciones y optimizar cada una de estas. Al aplicar herramientas de ingeniería y metodologías de mejora de procesos y calidad en cada uno de ellos nos es más fácil poder aplicar el mismo proyecto en las demás líneas de producción ya que lo que busca en general es mejorar la productividad y calidad en cada uno de los procesos.

Impacto de la tecnología en la optimización de procesos: Dada la rápida evolución tecnológica en el ámbito industrial, sería interesante investigar cómo la implementación de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas (IoT) y la automatización avanzada, puede contribuir a la optimización de procesos en líneas de producción. Se podrían realizar estudios comparativos para evaluar el rendimiento y la eficiencia de las líneas de producción tradicionales frente a aquellas que incorporan tecnologías innovadoras.

Sería relevante investigar cómo las mejoras en la eficiencia de los procesos de producción pueden afectar al medio ambiente. Se podrían llevar a cabo estudios para evaluar la reducción de residuos, el consumo de recursos naturales y las emisiones de carbono asociadas con la implementación de estrategias de optimización de procesos. Además, sería valioso examinar cómo estas mejoras podrían alinearse con los objetivos de sostenibilidad corporativa y las regulaciones ambientales vigentes.

RECOMENDACIONES

Se descubrió que se puede reducir aún más el tiempo de ciclo al cambiar el motor de las remachadoras para hacerlas más rápidas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la maestra Alejandra Flores por asesorarme durante todo el proceso de este proyecto, por orientarme, ayudarme a resolver cada duda que surgió, por su paciencia y seguimiento, así como las recomendaciones y observaciones que realicé en conjunto con las Doctoras que participaron para la publicación de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cuevas Perez, G.E. (2017). *Medición del flujo del proceso productivo en la empresa DEF dedicada a la producción de mayonesa. Machala*. Universidad Técnica de Machala.

- Hernández López, D.X. (2014). *Balanceo de líneas en el proceso de operación de máquinas automáticas en la industria electrónica Clarion S. A de C.V. San Juan Del Rio, Querétaro*. Tecnológico Nacional de Mexico, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill/ Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Imai, M. (1986). *KAIZEN: The Key to Japan's Competitive Success*. Mc Graw-Hill.
- Jacobs, F.R., y Chase, R.B. (2009). *Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros*. MC Graw Hill.
- Manene, L.M. (2011). *Los Diagramas de Flujo: Su definición, objetivo, ventajas, elaboración, fases, reglas y ejemplos de aplicaciones*. Estructura Organizativa, Habilidades Directivas, Mejora Continua. <https://luismiguelmanene.wordpress.com/2011/07/28/los-diagramas-de-flujo-su-definicion-objetivo-ventajas-elaboracion-fases-reglas-y-ejemplos-de-aplicaciones/>
- Manuele, F.A. (2012). *Gestión de Cambio*. <https://www.jaindc.com/wp-content/uploads/2017/03/Jain-Seguridad-Industrial-Post-4.pdf>
- Manzano Ramírez, M., y Gisbert Soler, V. (2016). Lean manufacturing: implantación 5S. *3C Tecnología*, 16-26.
- Mattos, A. D., y Valderrama, F. (2019). *Métodos de planificación y control de obras*. Reverté.
- Peña Jara, W.F. (2020). *Optimización de procesos de producción aplicando metodología de balanceo de línea y AMEF para incrementar la productividad en la industria manufacturera*.
- Rajadell, M., y Sánchez G.J.L. (2010). *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Real Academia Española. (2014). *RAE*. <https://dle.rae.es/eficiencia?m=form>
- Rey Sacristan, F. (2005). *Las 5's. Orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Fundación Confemetal.
- Rubio, L y Baz, V. (2015). *El Poder de la Competitividad*. Fondo de Cultura Económica.
- Salazar Sandoval, C.A., Johao Ore Quiroz, H. P., Benavides Alvarado, B. J., Delgado Calderón, Y. A., y Pantoja-Tirado, L. (2020). Metodología 5S, alternativa viable en la mejora de procesos de la industria alimentaria. *Revista Tayacaja*, 3(2), 114-124.
- Segura Salazar, A.S. (2019). *Estudio de la Implementación de la Herramienta Takt Time*. Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

Suñe Torrents, A., Arcusa Postils, I., y Gil Vilda, F. (2004). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Díaz de Santos.

TABLA TRABAJO COLABORATIVO

Rol	Autor (es)
Conceptualización	Martínez Rodríguez, Julissa; Flores Sánchez, Alejandra (igual); Gómez Zepeda, Perla Ivette (que apoya)
Metodología	Martínez Rodríguez, Julissa; Flores Sánchez, Alejandra (igual); Gómez Zepeda, Perla Ivette (Igual)
Software	Martínez Rodríguez, Julissa
Validación	Martínez Rodríguez, Julissa; Flores Sánchez, Alejandra (igual)
Análisis Formal	Martínez Rodríguez, Julissa; Flores Sánchez, Alejandra (igual)
Investigación	Martínez Rodríguez, Julissa; Flores Sánchez, Alejandra (igual); Linares Gil, Mayra Verónica (que apoya)
Recursos	Martínez Rodríguez, Julissa; Flores Sánchez, Alejandra (igual);
Curación de datos	Martínez Rodríguez, Julissa; Flores Sánchez, Alejandra (igual); Portillo Reyes, Margarita (que apoya)
Escritura - Preparación del borrador original	Martínez Rodríguez, Julissa; Flores Sánchez, Alejandra (igual); Gómez Zepeda, Perla Ivette (que apoya)
Escritura - Revisión y edición	Flores Sánchez, Alejandra (igual); Gómez Zepeda, Perla Ivette (igual)