

ORIGINAL

Lean Manufacturing: effective tools to optimize dairy beverage production. Evidence based on a statistical analysis

Manufactura Esbelta: herramientas eficaces para optimizar la producción de bebidas lácteas. Evidencia basada en un análisis estadístico

Sayuri Monserrath Bonilla-Novillo¹  , Jaime Iván Acosta-Velarde¹ , Ángela Cecibel Moreno-Novillo¹ , Bryan Guillermo Guananga Rodríguez¹ 

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 060155. Riobamba, Ecuador.

Citar como: Bonilla-Novillo SM, Acosta-Velarde JI, Moreno-Novillo Ángela C, Guananga Rodríguez BG. Lean Manufacturing: effective tools to optimize dairy beverage production. Evidence based on a statistical analysis. Salud, Ciencia y Tecnología. 2025; 5:1504. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20251504>

Enviado: 11-08-2024

Revisado: 04-12-2024

Aceptado: 14-05-2025

Publicado: 15-05-2025

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Sayuri Monserrath Bonilla-Novillo 

ABSTRACT

Lean Manufacturing is a set of tools with a production management approach that aims to maximize customer value by reducing waste and optimizing processes; in industries, it helps improve efficiency, reduce costs, and increase quality by eliminating non-value-added activities, thus promoting a culture of continuous improvement and flexibility in production. The objective of this research is aimed at the application of these tools to optimize the production line of dairy beverages. The research approach is quantitative, for which the inductive-deductive and analytical methods were applied. The current situation of the production process was analyzed to identify existing problems such as inefficient use of production time, lack of process standardization, absence of a production control plan, and untrained personnel. To mitigate these issues, optimal Lean tools such as VSM (Value Stream Mapping), 5S, Layout, and Kanban were applied, which allowed for a 5,34 % increase in productivity by eliminating activities that do not add value to the production process, with an improvement in the Value-Added Index (VAI) from 86,48 % to 92,75 %. Additionally, efficiency and effectiveness increased by 3 % and 2 %, respectively. The implementation of Kanban cards as management tools significantly influences the reduction of shift changeover time, decreasing the time variability from 19 % to 11 %, and the average value from 42,62 minutes to 12,43 minutes.

Keywords: Lean Manufacturing; Dairy Industry; Value Stream Mapping (VSM); Layout; Kanban.

RESUMEN

La Manufactura Esbelta es un conjunto de herramientas con un enfoque de gestión de la producción que busca maximizar el valor para el cliente reduciendo desperdicios y optimizando procesos; en las industrias permiten mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la calidad al eliminar actividades que no agregan valor, promoviendo así una cultura de mejora continua y flexibilidad en la producción. El objetivo de esta investigación se orienta a la aplicación de estas herramientas para optimizar la línea de producción de bebidas lácteas. El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo para lo cual se aplicaron los métodos inductivo-deductivo y analítico, se analizó la situación actual del proceso productivo para la identificación de los problemas existentes tales como: uso ineficiente del tiempo de producción, falta de estandarización del proceso, carencia de un plan de control de producción y personal no capacitado. Para su mitigación se aplicaron herramientas Lean óptimas como: VSM (Mapeo del flujo de valor), 5S, Layout y Kanban, las cuales permitieron incrementar la productividad un 5,34 % al eliminar actividades que no agregan valor al proceso productivo, con una mejora del Índice de Valor Agregado (IVA) de 86,48 % a 92,75 %, además se incrementó la eficiencia

del Índice de Valor Agregado (IVA) de 86,48 % a 92,75 %, además se incrementó la eficiencia y la eficacia en un 3 % y 2 % respectivamente. La implementación de las tarjetas Kanban como herramientas de gestión, influyen significativamente en la reducción del tiempo de cambio de turno, se disminuyó la variabilidad de tiempo del 19 % al 11 %, y el valor de la media de 42,62 minutos a 12,43 minutos.

Palabras clave: Manufactura Esbelta; Industria láctea; VSM; Layout; Kanban.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas aplican diferentes técnicas para mantenerse al día con las condiciones de competencia incremental y las cambiantes demandas de los consumidores,⁽¹⁾ teniendo como objetivo optimizar y mejorar de forma continua los procesos a través de estrategias que permitan alcanzar altos estándares en la calidad de los productos y servicios,⁽²⁾ para así sostener su operatividad, productividad y confiabilidad.⁽³⁾ En 2021,⁽⁴⁾ manifestaron que toda organización, ya sea de fabricación o de servicios, sobrevivirá y mantendrá su competencia respondiendo de manera sistemática a las necesidades de los clientes.

La manufactura esbelta, anteriormente conocida como Sistema de Producción Toyota,⁽⁵⁾ es considerada como una filosofía de gestión eficaz para mejorar las empresas en un mercado competitivo mediante la eliminación de residuos sin valor añadido y la mejora de las operaciones de proceso.⁽⁶⁾ Comprende un sistema de herramientas y actividades para gestionar una industria de producción o una operación de servicios.⁽⁷⁾ Además, la manufactura esbelta se centra en la implementación rápida y precisa de técnicas lean,⁽⁸⁾ las cuales transforma significativamente la manera en que las empresas operan,⁽⁹⁾ haciéndolas altamente competitivas tanto a nivel regional como internacional.⁽¹⁰⁾

En varias investigaciones,⁽¹¹⁾ definen a las herramientas Lean Manufacturing como un método de gestión óptimo y reproducible.⁽¹²⁾ Los resultados de la aplicación de éstas son inmediatos, causando un gran impacto visual, e incrementando la eficiencia en los procesos,⁽¹³⁾ lo que lleva a la satisfacción del cliente.⁽¹⁴⁾ Sin embargo, no todas las herramientas Lean se pueden aplicar en cualquier empresa, depende del tipo de producción para así obtener los resultados esperados.⁽²⁾

La metodología 5'S es la base de los sistemas Lean Manufacturing,⁽¹⁵⁾ establece 5 etapas: Seiri(Ordenar), Seiton (Organizar), Seisou(Limpiar), Seiketsu(Estandarizar) y Shitsuke (Autodisciplina).⁽¹⁶⁾ Tiene como objetivo mejorar la eficiencia, la productividad y la calidad haciendo que el lugar de trabajo sea ordenado, agradable y organizado;⁽¹⁷⁾ para lo cual se debe implementar las etapas mencionadas.⁽¹⁵⁾ Es fundamental el apoyo de los recursos disponibles y la adaptación a la cultura de la empresa.⁽¹³⁾

El objetivo principal de VSM (Value Stream Mapping) es la optimización integral del proceso,⁽¹⁸⁾ reorganizando o eliminando todo tipo de residuos en el flujo de valor.⁽¹⁹⁾ Además, esta herramienta permite identificar los procesos que se pueden mejorar,⁽²⁰⁾ así como las oportunidades para diversas técnicas Lean.⁽²¹⁾ Se la define como una estrategia de la manufactura esbelta que utiliza símbolos, métricas y flechas para visualizar y mejorar el flujo de inventario e información necesaria,⁽²²⁾ es decir, una representación gráfica del flujo del proceso que identifica factores que pueden ser mejorados,⁽⁷⁾ tanto en actividades que generan valor agregado como en las que no generan valor agregado.⁽²³⁾ Estas capacidades distinguen significativamente al VSM de herramientas como el mapeo de procesos o los diagramas de diseño.⁽²⁴⁾ Sin embargo, cuando no se aplica correctamente, el VSM puede complicar la identificación de residuos, errores de evaluación, y socavar la implementación de mejoras futuras.⁽²⁵⁾

El uso del VSM en la producción en masa ha demostrado ser exitoso debido al volumen predecible y al tipo de producto repetitivo;⁽²⁶⁾ mientras que en la producción de unidades no repetitivas se requiere cierta adaptación en la herramienta VSM.⁽²⁷⁾ Por otro lado, el mapeo del flujo de valor y la estandarización del trabajo son herramientas clave utilizadas en la fabricación y transformación lean, dando como resultado un aumento de la productividad.⁽²⁸⁾

El Layout permite una adecuada distribución de planta contribuyendo significativamente en los procesos productivos,⁽²⁹⁾ permitiendo la reducción del tiempo de traslado de materias primas de una estación de trabajo a otra y minimizando el costo de manejo de materiales.⁽³⁰⁾ El diseño de las instalaciones implica el análisis, la planificación y las interrelaciones entre los arreglos físicos de las instalaciones, los movimientos de materiales, las actividades asociadas con el personal y el flujo de información,⁽³¹⁾ considerando además entradas cuantitativas como la distancia y la frecuencia del movimiento del material.⁽³²⁾

Kanban es una palabra japonesa que significa “registro visible”, y constituye una estrategia de fabricación para una producción ajustada que permite alcanzar un inventario mínimo, costos reducidos,⁽³³⁾ y el control de los niveles de inventario, la producción y suministro de componentes,⁽³⁴⁾ proporcionando un nivel de inventario óptimo, menor tiempo de entrega del producto y utilización efectiva de recursos.⁽³⁵⁾ En un sistema

de manufactura esbelta se puede controlar los niveles de inventarios de reserva en el sistema para regular la producción mediante la herramienta Kanban,⁽³⁶⁾ sostiene que en la cadena de suministro existen dos tipos de clientes interno y externo; la premisa de Kanban es que el material no se traslada hasta el cliente mientras no exista una señal para hacerlo.⁽³³⁾

Finalmente, el compromiso de la alta dirección y empleados es fundamental para la efectiva operación del Kanban,⁽³⁷⁾ así como también para organizar la comunicación y el movimiento de materiales entre las células de fabricación.⁽³⁸⁾

MÉTODO

Esta investigación, estuvo orientada a resolver problemas que influyen en una productividad deficiente para lo cual se emplea la metodología Lean Manufacturing,⁽³⁹⁾ es así como se inició con la recolección de datos que posteriormente fueron analizados estadísticamente; se aplicó un estudio de campo mediante el levantamiento de información de forma directa mediante visitas in situ a la planta con el fin de identificar los factores que influyen en el proceso de producción. Además, se realizó una investigación documental-descriptiva⁽⁴⁰⁾ empleando material bibliográfico para comprender a detalle las herramientas Lean Manufacturing y se describió la propuesta dentro del contexto establecido.

Los métodos de investigación utilizados fueron: deductivo-inductivo y analítico, para el análisis de la línea de producción identificando a detalle el proceso y las posibles causas de los problemas, para posteriormente determinar la estrategia clave que permita corregirlos o mitigarlos. Se aplicaron técnicas cualitativas como la entrevista y el análisis documental, para determinar factores que influyen en el proceso, así como técnicas cuantitativas como el VSM, diagrama de proceso para identificar actividades que no agregan valor en la producción. Se aplicó la estadística descriptiva para comprender el comportamiento del proceso en términos de parámetros estadísticos que se consideran referentes para el proceso de comparación de resultados.

DESARROLLO

La investigación inició con la observación directa y se determinó la situación actual del proceso de producción de las bebidas lácteas con avena, para comprenderlo adecuadamente, se elaboró el diagrama de procesos de la producción, en el cual se detalló la secuencia de actividades y operaciones que se realizan durante el ciclo de producción, los procesos identificados fueron: recepción de materia prima, control de calidad de la materia prima recibida, almacenamiento de la leche cruda, pasteurización de la leche, transporte al tanque mezclador, elaboración de arequipe, transporte de ingredientes, almacenamiento de arequipe, transporte al tanque mezclador, transporte a la marmita de cocción, control de calidad final, envasado y refrigeración. Observándose que varios de estos procesos tienen valor agregado, así como procesos que, de acuerdo con el concepto Lean Manufacturing, no son generadores de valor como el exceso de movimiento, demoras, almacenamientos, en tal virtud se utilizó un VSM inicial para el análisis de estas actividades.

Con la elaboración del Diagrama de Ishikawa, se observó que el efecto de una deficiente productividad conlleva a una demanda insatisfecha debido a diferentes problemas en el proceso, tales como: tiempos muertos, transporte repetitivo de materia prima, períodos de materia prima insuficiente, falta de estandarización de los procesos, tiempos excesivos de limpieza, metodología de control de producción inexistentes, falta de metodología de orden y limpieza, envasado manual, tiempos de muy altos de producción, actualización de equipo y maquinaria, uso de mano de obra ineficiente, falta de capacitaciones, línea de producción desequilibrada, señalización de áreas de trabajo, tiempos muy altos para el desarrollo de actividades, ventilación insuficiente, falta de indicadores de productividad, falta de indicadores de calidad, demanda insatisfecha, los que serán corregidos por herramientas Lean: VSM, 5S, Kanban y Layout.

Aplicación de Value Streaming Mapping (VSM)

Con el fin de analizar a detalle el proceso de producción de las bebidas lácteas con avena, se emplea un VSM de diagnóstico (figura 1) que permite identificar las actividades que no generan valor, para así buscar alternativas de mejora y eliminar los desperdicios.

Además, se identificaron los tiempos de las actividades que agregan y de las que no agregan valor al proceso productivo, siendo un valor de 100 min para las que no agregan valor, mientras que de las que agregan valor es 640 min, con lo cual se procedió a calcular el valor del Índice de Valor Agregado (IVA) y del Análisis del Valor Agregado (AVA), para esto se consideró el criterio de que si el valor del IVA es mayor o igual a 75 % el Proceso es Efectivo, caso contrario el Proceso es No Efectivo.

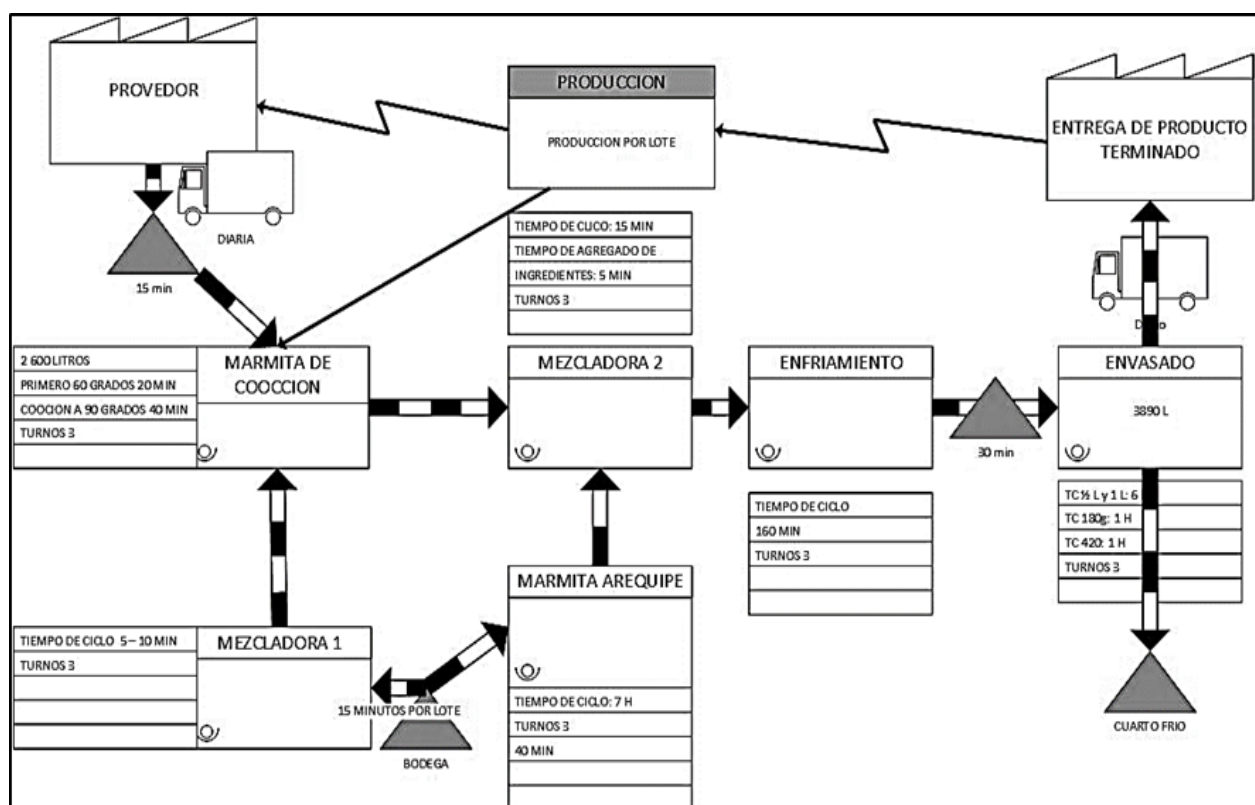


Figura 1. VSM inicial de la bebida láctea con avena

IVA Calculado:

$$IVA = \frac{\text{tiempo de valor agregado}}{\text{tiempo total requerido}} * 100\% = \frac{640 \text{ min}}{740 \text{ min}} * 100\% = 86,48 \%$$

Al ser un Proceso Efectivo, entonces se considera el valor que cada etapa agrega al producto final, minimizando los desperdicios generados por actividades innecesarias.

AVA Calculado:

$$AVA = \frac{\# \text{ de actividades de valor agregado}}{\# \text{ total de actividades del proceso}} * 100\% = \frac{5}{10} * 100\% = 50 \%$$

El AVA obtenido muestra que existe un 50 % de eficiencia de todas las actividades que agregan valor al producto en relación con el total de actividades que son parte de la línea de producción.

Análisis de Productividad

Una vez determinadas cada una de las actividades que intervienen en el proceso productivo, se tomaron datos de: tiempo disponible y tiempo operativo de las máquinas, número de lotes que se deben producir a comparación del número de lotes que se logra producir. Esto permitió obtener por turno la eficiencia, eficacia y productividad diaria, obteniéndose como valores de productividad en el turno matutino de 85 %, en el turno vespertino 91 %, en el turno nocturno 89 % dando un promedio general de 88,33 %, además de una eficiencia de 94,33 % y una eficacia de 93,67 %. Estos datos se pueden interpretar como: Eficiencia= 94,33 % (correcto uso de los recursos que dispone la empresa), Eficacia= 93,67 % (porcentaje de cumplimiento de la producción de la empresa), productividad= 88,33 % (ejecución correcta de cada proceso en la línea de producción).

Evaluación inicial de la herramienta 5S's

Mediante la aplicación de un Check List, se realizó la evaluación inicial de las 5S's en el área de producción, el mismo que estuvo dirigido a los operadores con el fin de evaluar sus lugares de trabajo con base a cada componente de las 5S (clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina). La elaboración del Check List se realizó con base en las normas NTE INEN ISO/TS 22002-1: 2014 y NTE INEN. 9:2015. La evaluación realizada fue junto al jefe de planta, obteniéndose los siguientes resultados del cumplimiento en: Seiri 40 %,

Seiton 41 %, Seiso 52 %, Seiketsu 45 %, Shitsuke 54 %, dando un valor promedio 46 %; por lo tanto, es necesario la mejora en el orden y limpieza 5S's de la línea productiva.

Aplicación de la herramienta Kanban

Se diseña una propuesta de implementación de Tablero Kanban de producción con el fin de reducir el tiempo del proceso de producción, optimizar la conexión entre procesos, mejorar el control sobre las actividades simultáneas, prevenir tiempos muertos e instaurar una programación que exponga el estado de la producción. Para lo cual se debe conocer todo lo que se necesita del producto desde el pedido hasta su entrega, luego comprender el flujo de todos los procesos de la empresa y ahí realizar las mejoras y ajustes necesarios.

Aplicación del diagrama de recorrido según el Layout de la planta de producción.

Para aplicar esta herramienta se realizó un gráfico de la planta, detallando el área de producción con los equipos disponibles para el proceso, además del diagrama de recorrido, el cual permite conocer en cada puesto de trabajo las actividades del operario e identificar cuáles generan ocio en el operario o en la máquina, generan movimientos repetitivos o innecesarios al momento de transportar la materia prima, con el fin de buscar soluciones que permitan la optimización del rendimiento de la línea de producción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VSM Mejorado

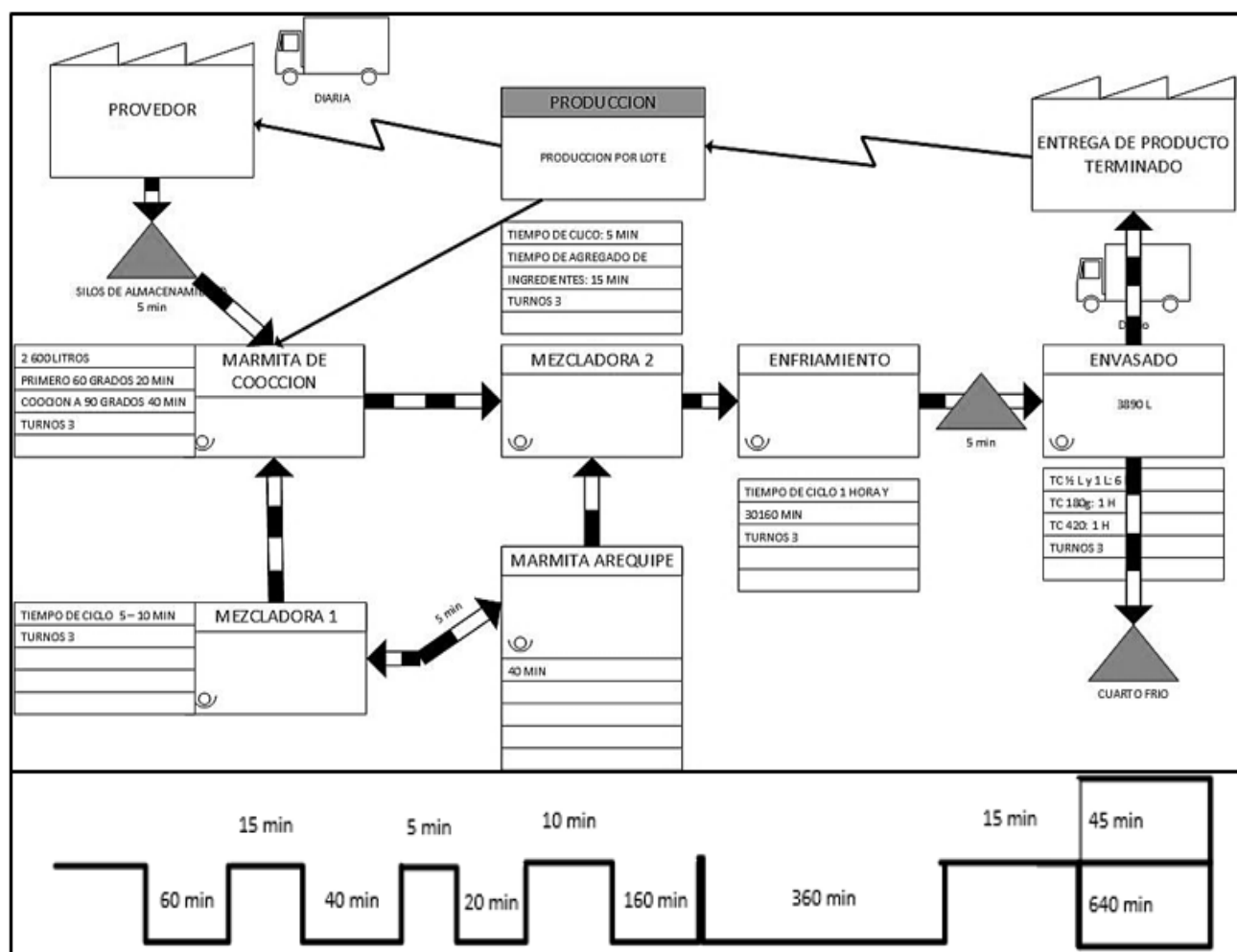


Figura 2. Value-Stream Map Mejorado

En el diseño del VSM mejorado (figura 2) existe una disminución del tiempo en las actividades que no agregan valor al producto final, esto se consiguió mediante la eliminación del transporte de ingredientes secos y la reubicación del lugar de almacenamiento de la materia prima.

La tabla 1 muestra los tiempos individuales y totales de cada actividad del VSM, antes y después de la mejora.

Tabla 1. Tiempo de actividades del VSM antes y después de la mejora

ANTES DE LA MEJORA	Actividades que agregan valor	Tiempo (min)	Actividades que no agregan valor	Tiempo (min)
	Cocción de la avena	60	Transporte de leche	25
	Mezcla de líquidos	20	Transporte de ingredientes	15
	Mezcla de ingredientes secos	40	Transporte de arequipe	15
	Enfriamiento	160	Transporte de líquidos	25
	Envasado	360	Transporte de adicionales	20
	Total	640	Total	100
DESPUÉS DE LA MEJORA	Actividades que agregan valor	Tiempo (min)	Actividades que no agregan valor	Tiempo (min)
	Cocción de la avena	60	Transporte de leche	15
	Mezcla de líquidos	20	Transporte de ingredientes	5
	Mezcla de ingredientes secos	40	Transporte de arequipe	10
	Enfriamiento	160	Transporte de líquidos	-
	Envasado	360	Transporte de adicionales	15
	Total	640	Total	45

El Value Streaming Mapping estableció una reducción a 45 minutos del tiempo total de las actividades que no agregan valor al producto final, mientras que en las actividades que agregan valor al producto final se mantuvo en 640 minutos; lo que significa que aproximadamente el 6 % del tiempo se debe transporte de los insumos del producto.

La evaluación de la eficiencia en un proceso productivo se basa en el valor que cada fase aporta al producto final, procurando reducir al mínimo el desperdicio generado por actividades o pasos innecesarios. Para ello, se determina el Índice de Valor Agregado y el Análisis de Valor Agregado.

Índice de Valor Agregado

$$IVA = \frac{\text{tiempo de valor agregado}}{\text{tiempo total requerido}} * 100 \% = \frac{640 \text{ min}}{685 \text{ min}} * 100 \% = 93,43 \%$$

Con el 93,43 % obtenido del IVA se define que el proceso es muy efectivo y se concluye que la eficiencia general de toda la línea de producción asegura su eficiencia y el valor agregado del producto final.

Análisis de Valor Agregado

$$AVA = \frac{\# \text{ de actividades de valor agregado}}{\# \text{ total de actividades del proceso}} * 100 \% = \frac{5}{9} * 100 \% = 55,56 \%$$

El AVA del 55,55 % establece el nivel de eficiencia de las actividades que aportan valor al producto en comparación con el total de actividades dentro de la línea de producción.

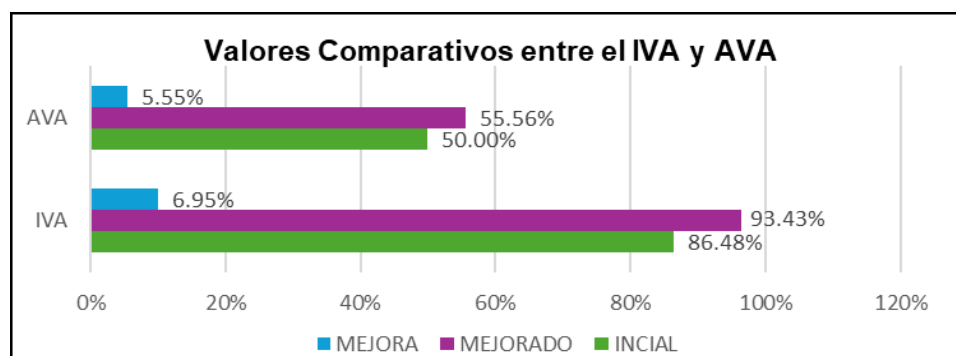


Figura 3. Valores comparativos del IVA y AVA

En la figura 3 se observa que en el IVA existe una mejora del 6,95 % mientras que en el AVA una mejora del 5,56 %, lo que muestra que al eliminarse uno de los transportes de insumos del producto final se optimiza la línea de producción.

Resultados Implementación de las 5S's

En la figura 4 se observa el porcentaje antes y después de la aplicación de las herramientas 5S's, evidenciándose que con la implementación de estas herramientas se mejora significativamente las condiciones de organización, orden y limpieza, así como también el escenario de trabajo y ambiente laboral, el rango de mejora está entre el 29 % y 47 %.

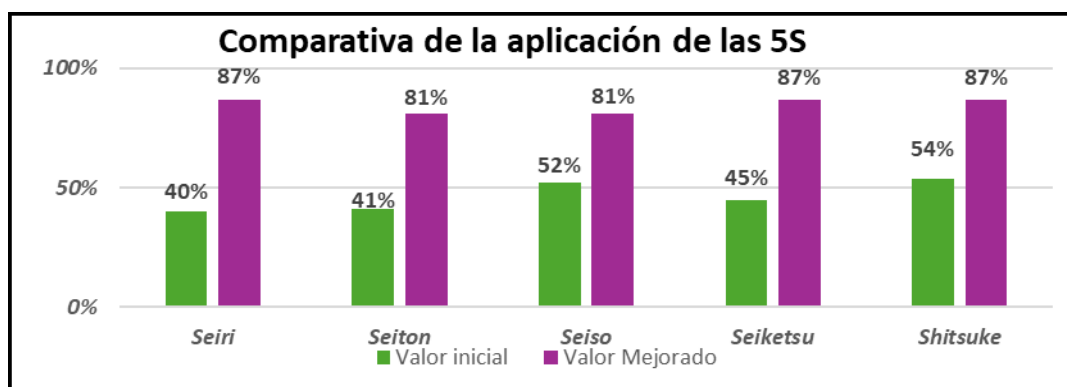


Figura 4. Comparativa de los resultados antes y después de aplicar las herramientas 5 S's

Resultados aplicación tarjetas Kanban

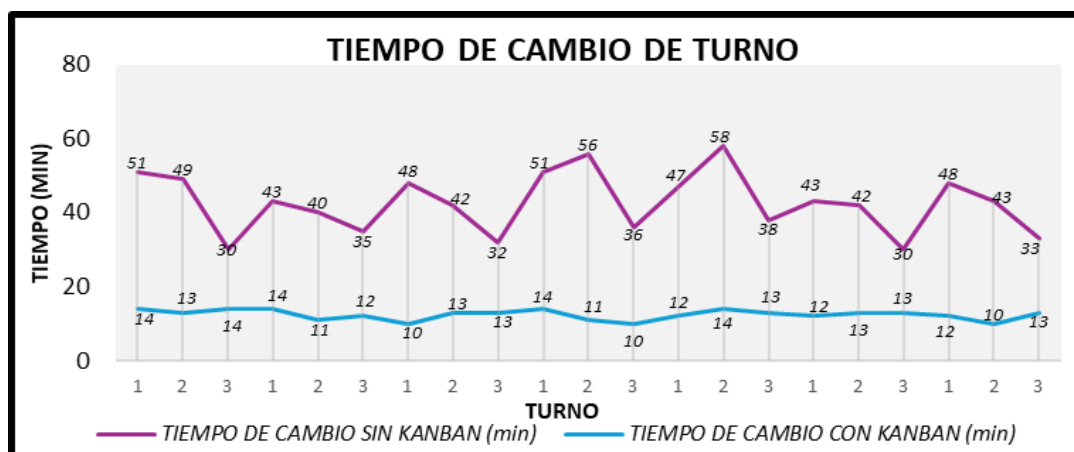


Figura 5. Comparación del tiempo de cambio de turno

Estadísticamente se muestra una reducción en la media y variabilidad del tiempo de cambio de turno con la utilización de las tarjetas Kanban (figura 5), para lo cual, se utilizó el coeficiente de variabilidad como el estadístico apropiado para comparar la variabilidad antes y después de las acciones de mejora con la aplicación de Kanban en el proceso productivo.

Tabla 2. Estadísticos del tiempo de cambio			
	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variabilidad
Tiempo de cambio sin KANBAN (min)	42,62	8,15	19 %
Tiempo de cambio con KANBAN (min)	12,43	1,36	11 %

La tabla 2 evidencia que la implementación de tarjetas Kanban como herramienta de gestión en la producción tiene un impacto significativo en la disminución del tiempo de cambio de turno. Esto convierte a Kanban en una fuente clave de información para la producción y el transporte, haciendo que los trabajadores dependan de su uso para realizar sus tareas. Además, el equilibrio del sistema de producción cobra gran relevancia, ya que evita la especulación sobre la necesidad futura de materiales en el proceso siguiente y también impide que un proceso posterior solicite adelantar la producción de un nuevo lote al proceso anterior.

Layout para reducción de recorridos

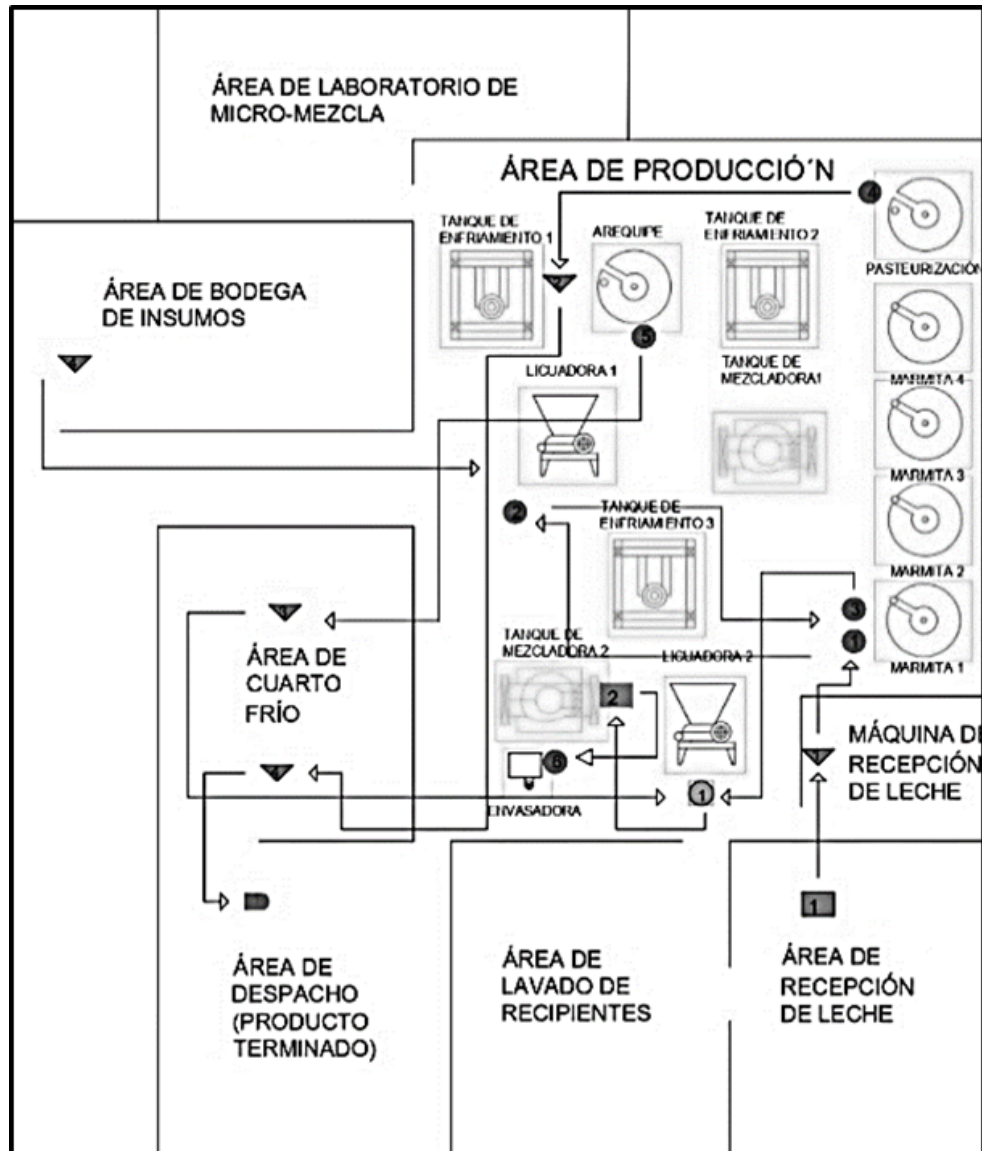


Figura 6. Layout para la reducción de recorridos

Mediante el diagrama de recorridos se diseñó el Layout con el objetivo de optimizar la distribución de la planta, reduciendo los tiempos de transporte de materia prima y eliminando movimientos innecesarios entre las distintas estaciones de trabajo. Esto contribuye a minimizar el tiempo y el esfuerzo físico de los trabajadores, al mismo tiempo que se mantiene un adecuado orden y una distribución eficiente del espacio entre las máquinas dentro del área de producción.

En el diseño del Layout se tomó en cuenta la disposición de los elementos presentes en la planta, como las máquinas, las áreas de trabajo, la zona de almacenamiento, los pasillos y las áreas comunes dentro de la línea de producción. Asimismo, se implementó un Layout basado en el producto o en la línea de ensamble, dado que este enfoque sigue una secuencia de operaciones específica para la fabricación de productos de alto volumen y baja variedad.

Para la distribución de la planta se consideraron los siguientes factores:

- Maquinaria: Identificación del tipo de proceso productivo.
- Materiales/Materia prima: Disponibilidad de información clave sobre peso, volumen y forma, así como la secuencia en la que deben incorporarse al proceso.
- Mano de obra: Determinación del número de empleados requeridos en cada área de trabajo.
- Seguridad industrial: Creación de un entorno laboral seguro, garantizando el cumplimiento de normas de seguridad para la protección de los trabajadores.
- Edificios e instalaciones: Evaluación de la infraestructura tanto interna como externa.
- Movimiento o recorrido: Gestión del flujo eficiente de mano de obra y materiales a lo largo del proceso productivo.

Indicadores de Producción

Luego de aplicar las Herramientas Lean Manufacturing, se evalúan sus resultados mediante los indicadores: eficiencia, eficacia y productividad. Evidenciándose un incremento notorio del 3 % en eficiencia, 2 % en eficacia y 5,34 % en productividad, valores promedio entre los tres turnos de trabajo.

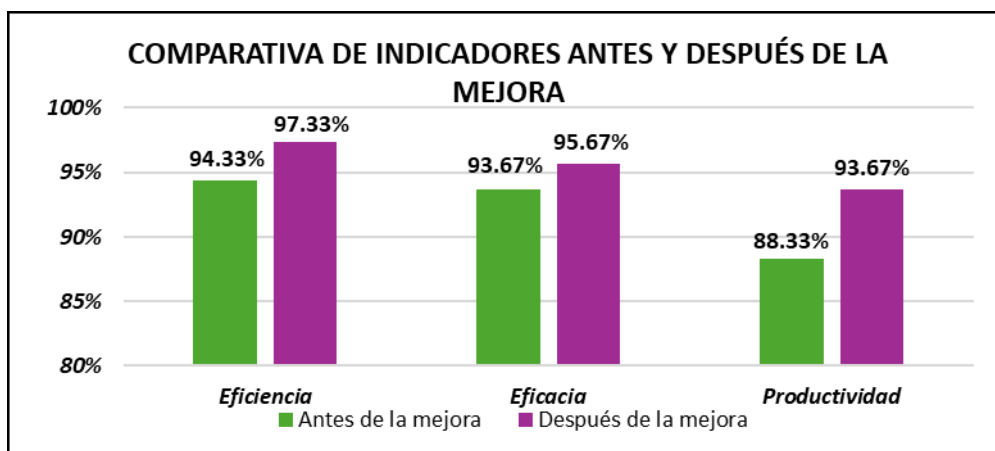


Figura 7. Comparativa de indicadores antes y después de la mejora

En la figura 7 se puede apreciar los valores del antes y después de la aplicación de las Herramientas Lean Manufacturing, a pesar de que en la evaluación inicial se obtuvieron valores aceptables, con la mejora se presenta un aumento considerable.

CONCLUSIONES

La herramienta Value Stream Mapping permitió identificar los problemas existentes en el proceso productivo, así como también la eliminación de las actividades que no agregan valor lo que conlleva a una disminución de costos y reducción del tiempo total.

Las 5S sirven como base para la implementación de otras herramientas Lean, permitiendo la organización y limpieza de cada uno de los puestos de trabajo, además que a partir de éstas se debe continuar con la cultura de cero defectos, reducción de costos y demás actividades de mejora.

La implementación correcta de las tarjetas Kanban permitió la optimización de los recursos y la disminución del tiempo empleado en los cambios de turno con una reducción del coeficiente de variabilidad del 19 % al 11 %.

El diseño del Layout facilitó la disminución de los tiempos de transporte de materia prima, la eliminación de movimientos innecesarios entre las distintas estaciones de trabajo y la reducción del esfuerzo físico de los trabajadores, al tiempo que garantizó un orden adecuado y una distribución eficiente del espacio entre las máquinas en el área de producción.

La implementación de herramientas Lean adecuadas en el proceso de producción de bebidas lácteas con avena mejoró la productividad un 5,34 %, la eficacia y eficiencia incrementaron en un 2 % y 3 % respectivamente.

Las herramientas Lean Manufacturing permitieron la eliminación o mitigación de problemas identificados como: reprocesos, movimientos repetitivos e innecesarios, demoras en los procesos, actividades que no agregan valor, áreas de trabajo carente de orden y de limpieza, influyendo de manera positiva en el proceso productivo y por ende en la satisfacción del cliente.

REFERENCIAS

1. Dal V, Akçagün E, Yilmaz A. Using lean manufacturing techniques to improve production efficiency in the ready wear industry and a case study. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 100 (4), 16 - 22. [Online].; 2013. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84879526047&partnerID=40&md5=fbf0d90ee3db2dda0f414e301a0c8f77>.
2. Soñett J, Díaz C. Sistema de producción industrial utilizando modelos de manufactura esbelta. *Revista Venezolana de Gerencia*, 28(8), 718-730. [Online].; 2023. Available from: <https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.e9.44>.
3. Palacios S, Giménez G, de Castro R. Estudio longitudinal de herramientas lean en empresas manufactureras españolas, *Revista de Gestión de Tecnologías de Fabricación*, 1(34), 64-83. [Online].; 2023. Available from: <https://doi.org/10.1108/JMTM-11-2022-0406>.

4. Palange A, Dhattrak P. Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 46, 729-736. [Online].; 2021. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>.
5. Aadithya BG, Asokan P, Vinodh S. Lean manufacturing in fabrication industry: literature review and framework proposal. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 40 (6), 1485-1517. [Online].; 2023. Available from: <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2021-0084>.
6. Singh P, Singh H. Application of lean tool (value stream mapping) in minimisation of the non-value added waste: (A case study of tractor industry). *Applied Mechanics and Materials*, 110-116, pp. 2062 - 2066. [Online].; 2012. Available from: <http://www.scientific.net/AMM.110-116.2062>.
7. Rahani A, Muhammad A. Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study. *Procedia Engineering*, 41, 1727-1734. [Online].; 2012. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.375>.
8. Kumar S, Marawar Y, Soni G, Jain V, Gurumurthy A, Kodali R. Un enfoque híbrido para mejorar el desempeño de las organizaciones de fabricación mediante una secuenciación óptima del flujo de valor herramientas de mapeo, *Revista Internacional de Lean Six Sigma* , 14(7), 1403-1430. [Online].; 2023. Available from: <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2022-0069>.
9. Ramesh D, Devadasan S, Elangovan D. Mapeo de actividades sin valor agregado que ocurren en empresas manufactureras clásicas con estrategias lean. *Actas de la Institución de Ingenieros Mecánicos, Parte E: Revista de Ingeniería Mecánica de Procesos*, 236 (3), 55-67. [Online].; 2022. Available from: <https://doi.org/10.1177/09544089211051595>.
10. González M, Quesada G, Mora C, Barton M. Un estudio empírico de la aplicación de herramientas lean en la industria estadounidense. *Revista de Gestión de Calidad*, 26 (4), 17-18. [Online].; 2019. Available from: <https://doi.org/10.1080/10686967.2019.1647769>.
11. Gálvez G, Hernández N, Alcalá M. Improvement proposal based on Lean Manufacturing tools to reduce overcosts in the production and maintenance areas at molinera de cereales, Trujillo 2021. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*,. [Online].; 2023. Available from: <https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.881>.
12. Kolla S, Minufekr M, Plapper P. Deriving essential components of lean and industry 4.0 assessment model for manufacturing SMEs. *Procedia CIRP*, 81, 753-758,. [Online].; 2019. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.189>.
13. Manzano M, Gisbert V. Lean Manufacturing: Implantación 5S. *3C Tecnología_Glosas de innovación aplicadas a la Pyme*, 5 (4), 16-26. [Online].; 2016. Available from: <https://doi.org/10.17993/3ctecno.2016.v5n4e20.16-26>.
14. Deshmukh M, Gangele A, Kumar D, Dewangan S. Study and Implementation of lean manufacturing strategies: A literature review. *Materials Today: Proceedings*, 62(3),1489-1495. [Online].; 2022. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.155>.
15. Somasundaram R, Sundharesalingam P, Vidhya P. Effectiveness of implementation of 5S tool in food industry during COVID 19. *4th National Conference on Current and Emerging Process Technologies, e-CONCEPT 2021*, 2387(1), 112- 125. [Online].; 2021. Available from: <https://doi.org/10.1063/5.0068589>.
16. Mohan K, Lata S. Effectuation of Lean Tool “5S” on Materials and Work Space.Efficiency in a Copper Wire Drawing Micro-Scale Industry in India. *Materials Today: Proceedings*, 5 (2), 4678-4683. [Online].; 2018. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.039>.
17. Chandrayan B, Solanki A, Sharma R. Study of 5S lean technique: A review paper. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 26 (4), 469-491. [Online].; 2019. Available from: <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2019.099625>.
18. Frick N, Terwolbeck J, Seibel B, Metternich J. Design Model for the Digital Shadow of a Value Stream. *Systems*, 12 (1), art. no. 20. [Online].; 2024. Available from: <https://doi.org/10.3390/systems12010020>.

19. Zahraee S, Hashemi A, Abdi A, Shahpanah A. Lean Manufacturing Implementation Through Value Stream Mapping: A Case Study. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*. 68(3), 119-124. [Online].; 2014. Available from: <https://doi.org/10.11113/jt.v68.2957>.
20. Alza M, Cueva R, Guerrero J. Propuesta de mejora mediante herramientas de Lean Manufacturing para reducir costos operativos en una empresa maderera, Trujillo 2023. *Memorias de la Vigésima Segunda Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática: CISCi 2023*, 1(1), 204. [Online].; 2023. Available from: <https://doi.org/10.54808/CISCi2023.01.204>.
21. Abdulmalek F, Rajgopal J. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107 (1), 223 - 236. [Online].; 2007. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>.
22. Venkataraman K, Ramnath B, Kumar V, Elanchezhian C. Application of value stream mapping for reduction of cycle time in a machining process. *Procedia Materials Science*, 6, 1187-1196. [Online].; 2014. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.07.192>.
23. Rohani J, Zahraee S. Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry. *Procedia Manufacturing*, 2, 6-10. [Online].; 2015. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.002>.
24. Vujica Herzog N, Polajnar A, Kostanjevec T. Value stream mapping for effective Lean Manufacturing. *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium*, 1515 - 1516. [Online].; 2008. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84904300852&partnerID=40&md5=3c6b2c2df6d31eda1c25b65e2f47d0b4>.
25. Forno A, Pereira F, Forcellini F, Kipper L. Mapeo del flujo de valor: un estudio sobre los problemas y desafíos encontrados en la literatura de los últimos 15 años sobre la aplicación de herramientas Lean. *Revista Internacional de Tecnología de Fabricación Avanzada*, 72 (5-8), 779-790. [Online].; 2014. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00170-014-5712-z>.
26. Mudgal D, Pagone E, Salontis K. Approach to value stream mapping for make-to-order manufacturing. *Procedia CIRP*, 93, 826 - 831. [Online].; 2020. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.084>.
27. Alves T, Tommelein I, Ballard G. Value stream mapping for make-to-order products in a job shop environment. *Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives - Proceedings of the Congress*, 13 - 22. [Online].; 2005. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-27644493989&partnerID=40&md5=30cd98e526dd154f3f259342d9918fd0>.
28. Saravanan V, Nallusamy S, George A. Mejora de la eficiencia en una empresa de fabricación de cajas de cambios de mediana escala mediante diferentes herramientas Lean: un estudio de caso. *Revista internacional de investigación en ingeniería en África*, 34, 128- 138. [Online].; 2018. Available from: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/jera.34.128>.
29. Flores A, Huamán D, Carrillo M, Medina A, González R, Albarran R, et al. Diseño de propuesta de mejora para la reducción de desperdicios a través de la metodología 5s y planificación sistemática del layout bajo un ambiente kaizen en una empresa de panadería del sector alimentos. *Actas de la Multiconferencia internacional de In.* [Online].; 2023. Available from: <https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.802>.
30. Gozali L, Wayan S, Andrea P. Redesign of facility layout with systematic layout planning, pairwise exchange and lean manufacturing method at PT. Adhi Chandra Jaya. *AIP Conference Proceedings*, 2680(1), 1050-1059. [Online].; 2023. Available from: <https://doi.org/10.1063/5.0126622>.
31. Bintang B, Gozali L, Widodo L. Redesign layout planning of raw material area and production area using systematic layout planning (SLP) methods (case study of CV Oto Boga Jaya). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 852(1), 1-8. [Online].; 2020. Available from: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012122>.
32. Gozali L, Widodo L, Nasution S, Lim N. Planning the New Factory Layout of PT Hartekprima Listrindo using Systematic Layout Planning (SLP) Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 847

(1), 1-8. [Online].; 2020. Available from: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/847/1/012001>.

33. Surendra M, Yousef A, Ronal F. Flexible Kanban system. International Journal of Operations and Production Management, 19(10), 1065-1093. [Online].; 1999. Available from: <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/01443579910271700>.

34. Muris J, Moacir GM. Variations of the kanban system: Literature review and classification. International Journal of Production Economics, 125(1), 13-21.. [Online].; 2010. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.01.009>.

35. Sundar R, Balaji A, Satheesh Kumar R. A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. Procedia Engineering, 97, 1875-1885. [Online].; 2014. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>.

36. Rahman N, Sharif S, Esa M. Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. Procedia Economics and Finance, 7, 174-180. [Online].; 2013. Available from: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00232-3).

37. Kumar V. JIT Based Quality Management: Concepts and Implications in Indian Context. International Journal of Engineering Science and Technology, 2 (1), 40-50.. [Online].; 2010. Available from: https://www.researchgate.net/publication/50257475_JIT_Based_Quality_Management_Concepts_and_Implications_in_Indian_Context.

38. Yurdakul M, Tansel Y, Gulsen M. Kanban Implementation Study in a Production Line. Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control AISC, 1216, 228 - 234. [Online].; 2020. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-030-51981-0_29.

39. Hernández-Sampieri R, Mendoza C. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Primera ed. México D.F.: McGraw-Hill.; 2018.

40. Hernández-Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación México D.F.: McGraw-Hill; 2014.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación”

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Sayuri Monserrath Bonilla-Novillo.

Curación de datos: Jaime Iván Acosta Velarde, Bryan Guillermo Guananga Rodríguez.

Análisis formal: Sayuri Monserrath Bonilla-Novillo, Jaime Iván Acosta Velarde.

Adquisición de fondos: Ángela Cecibel Moreno-Novillo, Bryan Guillermo Guananga Rodríguez.

Investigación: Sayuri Monserrath Bonilla-Novillo, Jaime Iván Acosta Velarde.

Metodología: Sayuri Monserrath Bonilla-Novillo, Ángela Cecibel Moreno-Novillo.

Administración del proyecto: Sayuri Monserrath Bonilla-Novillo, Ángela Cecibel Moreno-Novillo.

Recursos: Ángela Cecibel Moreno-Novillo.

Software: Sayuri Monserrath Bonilla-Novillo, Jaime Iván Acosta Velarde.

Supervisión: Jaime Iván Acosta Velarde.

Validación: Sayuri Monserrath Bonilla-Novillo.

Visualización: Bryan Guillermo Guananga Rodríguez.

Redacción - borrador original: Sayuri Monserrath Bonilla-Novillo, Jaime Iván Acosta Velarde.

Redacción - revisión y edición: Ángela Cecibel Moreno-Novillo, Bryan Guillermo Guananga Rodríguez.