

Proposal for the implementation of Lean Manufacturing Tools in an automation company, Trujillo-Peru, 2020

María Fe Gómez-Cárdenas, Bachiller¹, Caroline Pamela De la Cruz-Felipe, Bachiller¹ and Gaby Mónica Felipe-Bravo, Doctor¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00086673@upn.pe, N00010573@upn.pe, gaby.felipe@upn.pe

Abstract– The competitive market in which industries operate requires them to evaluate their processes and develop strategies focused on product improvement, production processes and customer service. The objective of this research was to determine to what extent the Lean Manufacturing tools implementation proposal would increase the productivity of an automation company in the city of Trujillo-Peru, 2020. In this sense, an initial diagnosis was made to the company identifying as main problems: the accumulation of damaged items in the warehouse, unproductive times due to unnecessary movements, orders delivered out of time to the customer and reprocesses due to inadequate work procedures. The implementation proposal consisted of the development of Lean Manufacturing tools: 5S, Kanban, Systematic Layout Planning and PDCA. According to the proposal made, productivity could be improved by 24.99% and an economic benefit of S/66,112.52 per year could be obtained. In addition, the financial analysis of the proposal was carried out, obtaining a NPV of S/12,786.22, an IRR of 50% and a benefit–cost ratio of 2.71, which indicated the feasibility of the proposal.

Keywords– Productivity, Lean manufacturing, 5S, Kanban, SLP, PDCA

Digital Object Identifier: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.194>
ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390
DO NOT REMOVE

Propuesta de implementación de Herramientas de Lean Manufacturing en una empresa de automatización, Trujillo-Perú, 2020

María Fe Gómez-Cárdenas, Bachiller¹, Caroline Pamela De la Cruz-Felipe, Bachiller¹ y Gaby Mónica Felipe-Bravo, Doctor¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00086673@upn.pe, N00010573@upn.pe, gaby.felipe@upn.pe

Resumen– *El mercado competitivo en el que se desenvuelven las industrias les demanda evaluar sus procesos y desarrollar estrategias enfocadas en la mejora del producto, proceso productivo y servicio al cliente. El objetivo de esta investigación fue determinar en qué medida la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing aumentaría la productividad de una empresa de automatización en la ciudad de Trujillo-Perú, 2020. En tal sentido, se realizó un diagnóstico inicial a la empresa identificando como principales problemas la acumulación de elementos deteriorados en almacén, tiempos improductivos por movimientos innecesarios, pedidos entregados fuera de tiempo al cliente y reprocesos por procedimientos de trabajo inadecuados. La propuesta de implementación consistió en el desarrollo de las herramientas de Lean Manufacturing: 5S, Kanban, Systematic Layout Planning y PDCA. Según la propuesta formulada se podría mejorar la productividad en un 24.99% y obtener un beneficio económico de S/66,112.52 al año. Asimismo, se realizó el análisis financiero de la propuesta, obteniendo un VAN de S/12,786.22, una TIR de 50% y una relación B/C de 2.71, lo que indicó la viabilidad de la propuesta.*

Palabras clave-- *Productividad, Manufactura esbelta, 5S, Kanban, SLP, PDCA*

I. INTRODUCCIÓN

El mundo se encuentra atravesando la era de la Industria 4.0, en la cual las empresas de diversos rubros económicos, resaltando los de manufactura y agricultura, están en busca de automatizar sus procesos productivos para mejorar indicadores como la reducción de la tasa de errores y el aumento de la tasa de producción, de tal manera que logren incrementar su productividad. El mercado internacional y sus exigencias han puesto en evidencia la necesidad de la automatización de los procesos dentro de las organizaciones; pues no solo permite mejorar la productividad, sino que reduce los costos y eleva la calidad del producto [1].

En el Perú, las necesidades más urgentes con respecto a la automatización de las industrias están relacionadas a la digitalización, la intercomunicación inalámbrica de los procesos y el manejo de sistemas icloud, poniendo énfasis en la unificación de estas tecnologías porque permitiría que las industrias aumenten su productividad y ahorren por lo menos 30% en tiempos [2].

Los constantes cambios tecnológicos han ocasionado un escenario de incertidumbre para las organizaciones, por lo que se ven en la necesidad de implementar herramientas y/o técnicas que les permitan mejorar su proceso productivo para competir y atender eficientemente los requerimientos de los clientes con productos de alta calidad. En este sentido, las herramientas de Lean Manufacturing se presentan como una eficaz alternativa para solucionar diversas problemáticas de las empresas, centrándose en la reducción de desperdicios y el aumento de la productividad.

Una de las herramientas de Lean Manufacturing más usadas es la metodología 5S, su denominación proviene de la terminología japonesa que hace referencia a mantener las áreas de trabajo limpias y organizadas, estas son: "Seiri", "Seiton", "Seiso", "Seiketsu", "Shitsuke" [3].

Kanban es una herramienta que utiliza técnicas de control visual que permiten exponer los cuellos de botella y desperdicios a través de la división del trabajo en bloques, limitando el Work-in-Process (WIP) y optimizando la producción para que el Lead Time sea el menor posible [4].

El ciclo PDCA o conocido también como "Círculo de Deming" es una herramienta de mejora continua desarrollada en cuatro pasos y cuyo principal objetivo es garantizar la calidad [5].

Systematic Layout Planning (SLP) es un método de distribución de planta completo, puesto que también contribuye a mejorar el flujo de materiales, aumentar el rendimiento de la producción y ayudar en la relación entre las actividades administrativas y operativas [6].

La presente investigación se desarrolló en una empresa de automatización ubicada en la región La Libertad del Perú, esta empresa es especialista en desarrollar proyectos tecnológicos y sistemas de automatización para empresas del rubro agroindustrial. Según el diagnóstico realizado, la empresa presentó una baja productividad estimada en 24.12% durante el periodo analizado, siendo los principales problemas identificados: reprocesos en la producción, movimientos innecesarios, demoras por traslados internos, paradas de operaciones del área de producción, entregas de pedido incompletas y/o fuera de tiempo al cliente, errores repetitivos, desperdicio de material y presencia de elementos obsoletos y/o

deteriorados. Por tal motivo, se desarrolló la presente propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing con el fin de aumentar la productividad en las áreas de logística y producción.

II. METODOLOGÍA

Según se muestra en la Fig. 1, se elaboró un diagrama de flujo para plasmar el diseño global del estudio, desde el diagnóstico de la empresa hasta la evaluación de la viabilidad económica-financiera de la propuesta de mejora.

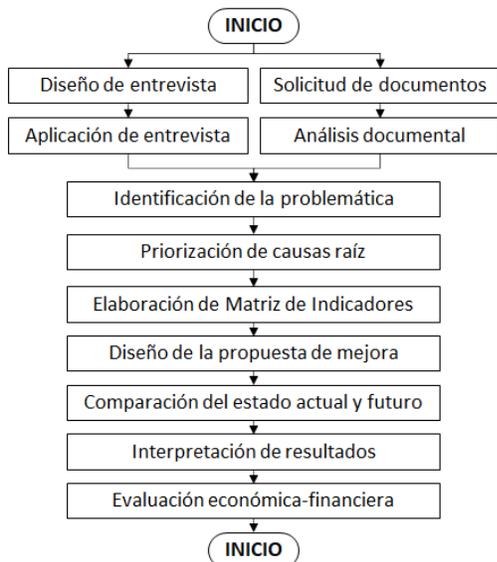


Fig. 1 Flujo del diseño general

En la Tabla I se observa la forma de recolección de los datos.

TABLA I
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnica	Justificación	Instrumentos	Aplicación
Entrevista	Permitió obtener detalles del funcionamiento y gestión de la empresa, a nivel administrativo y operativo.	Guía de entrevista	Al representante de la empresa
Análisis de documentos	Permitió obtener información sobre la productividad del periodo 2019; así como, de los recursos empleados.	Guía de análisis de documentos	Base de datos de la empresa

En la Tabla II, se describen las herramientas empleadas para el procesamiento de datos en las etapas de diagnóstico de la problemática de la empresa y en el desarrollo de la propuesta de mejora.

TABLA II
HERRAMIENTAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Herramienta	Descripción
Diagrama de Ishikawa	Sirvió para identificar problemas y causas raíz.
Matriz de priorización	Se utilizó para ordenar las causas raíz calificadas en base a su impacto en la productividad.

Diagrama de Pareto	Permitió identificar las causas raíz con mayor impacto sobre la baja productividad.
Matriz de indicadores	Se estableció indicadores para medir el impacto de la propuesta de mejora en cada causa raíz.
Diagrama de análisis de procesos	Se elaboró para determinar las actividades productivas e improductivas.
5S	Herramientas de Lean Manufacturing usadas en el desarrollo de la propuesta de mejora.
Kanban	
Systematic Layout Planning	
PDCA	

III. RESULTADOS

En base al diagnóstico inicial realizado a la empresa, se identificó 10 causas raíz de los problemas que ocasionaron la baja productividad, estas son mostradas en la Tabla III.

TABLA III
CODIFICACIÓN DE CAUSAS RAÍZ

Causa raíz	Descripción
CR1	Falta de un Plan de Mejora Continua
CR2	Procedimientos de trabajo inadecuados
CR3	Deficiencias en el orden y limpieza en almacén principal
CR4	Deficiente distribución interna del taller eléctrico
CR5	Deficiente distribución de planta
CR6	Deficiente mantenimiento de equipos y/o máquinas
CR7	Mala manipulación de equipos, máquina y/o herramientas de trabajo
CR8	Deficiencias en la supervisión durante el proceso productivo
CR9	Ausencia de procedimiento de resolución de problemas
CR10	Administración incorrecta de materiales

Se le dio una valoración a cada causa raíz, considerando su grado de impacto negativo sobre la productividad de la empresa. Se identificó las causas raíz con mayor impacto negativo sobre la productividad a través de un Diagrama de Pareto, quedando 5 causas raíz: Deficiencias en el orden y limpieza en almacén principal, deficiencias en la supervisión durante el proceso productivo, deficiente distribución interna del taller eléctrico, deficiente distribución de la planta, y procedimientos de trabajo inadecuado, tal como se muestra en la Fig. 2.

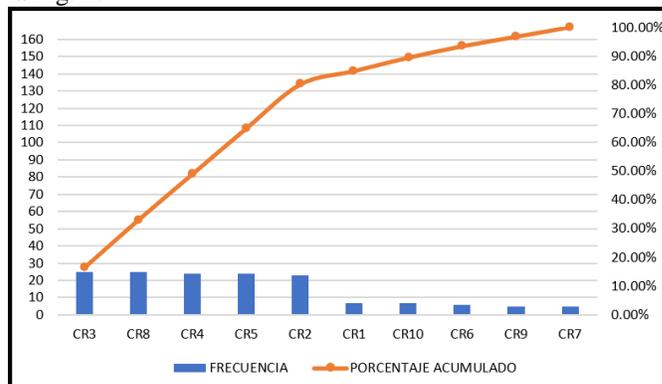


Fig. 2 Diagrama de Pareto

En la Tabla IV se muestra la selección de herramientas de Lean Manufacturing consideradas para dar solución a las problemáticas con mayor prioridad; estableciéndose indicadores para medir de manera cuantitativa la situación actual y futura de la empresa.

TABLA IV
MATRIZ DE INDICADORES

Causa Raíz	Indicador	Fórmula	Herramienta de solución
CR3	% de elementos obsoletos y/o deteriorados	$\frac{\text{Costo de elementos deteriorados y/o obsoletos}}{\text{Costo total de elementos acumulados en el 2019}} \times 100\%$	5S
CR8	% de pedidos entregados fuera de tiempo al cliente	$\frac{\text{Nº de pedidos entregados fuera de tiempo al cliente}}{\text{Nº total de pedidos entregados en el 2019}} \times 100\%$	Kanban
CR4	% de tiempo improductivo por movimientos innecesarios	$\frac{\text{Tiempo improductivo por movimientos innecesarios}}{\text{Tiempo total disponible para movimientos}} \times 100\%$	Systematic Layout Planning
CR5	% de tiempo improductivo por traslados internos	$\frac{\text{Tiempo improductivo por traslados internos}}{\text{Tiempo total disponible para traslados internos}} \times 100\%$	
CR2	% de tableros eléctricos reprocesados	$\frac{\text{Nº de tableros eléctricos reprocesados}}{\text{Nº total de tableros eléctricos ensamblados en el 2019}} \times 100\%$	PDCA

A continuación, se detalla el desarrollo de las herramientas para cada causa raíz:

A. CR3: Deficiencias en el orden y limpieza en almacén principal

En base a las deficiencias observadas se propuso la implementación de la metodología 5S, la cual consistió en:

- Clasificar los elementos del almacén como necesarios o innecesarios, tomando en cuenta factores como: tipo, seguridad y frecuencia de uso. Como medida correctiva se propuso utilizar un control con tarjetas de colores. El color verde se usó para indicar que el elemento no pertenece al área de almacén, el color amarillo para indicar que requiere reparación y el color rojo para indicar que debe ser desechado.

- Ordenar los elementos por familia de productos y asignarles un lugar dentro del almacén, y luego rotular este espacio con una tarjeta que indique el nombre del producto, ubicación, cantidad y frecuencia de uso.

- Para la limpieza del lugar, organizar una campaña de concientización del personal y asignar un periodo de 30 minutos entre el inicio y el final de las operaciones para limpiar el área de trabajo.

- Para la estandarización de los procedimientos que buscan el orden y limpieza en el almacén, asignar las responsabilidades al personal y realizar capacitaciones de

manera periódica; y finalmente, como parte de la etapa de disciplina, invitar a la Alta Dirección de la empresa a involucrarse en el proceso de mejora.

B. CR8: Deficiencias en la supervisión durante el proceso productivo

La empresa no cuenta con un proceso productivo estandarizado, lo que origina que cada operario realice sus tareas de forma empírica y a base de prueba-error, por lo cual se propuso la aplicación del método Kanban en tres etapas:

En primer lugar, la etapa informativa para entrenar a todos los operarios en los principios del Kanban; en segundo lugar, la aplicación de las tarjetas y tablero Kanban como se muestra en la Fig. 3; y finalmente, la etapa de evaluación para revisar y actualizar el tablero tomando en cuenta los resultados obtenidos y la información crítica del proceso productivo.

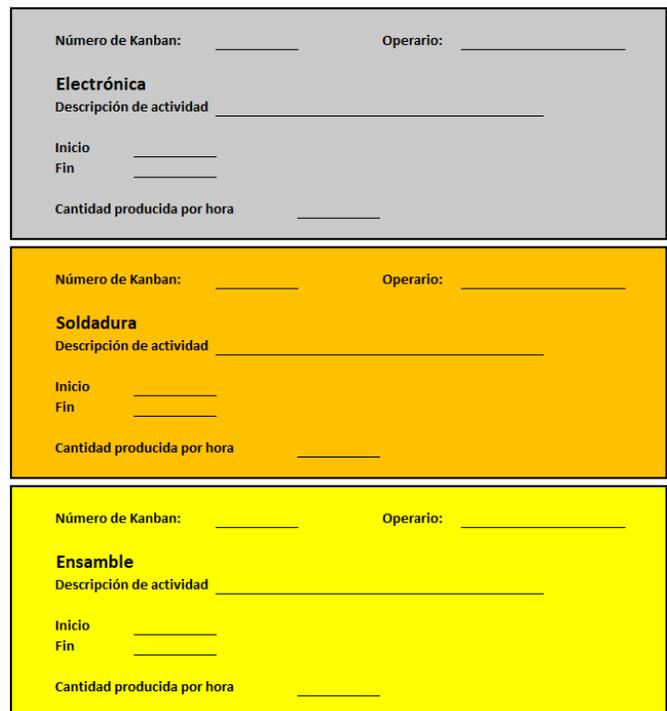


Fig. 3 Tarjetas Kanban

C. CR4: Deficiente distribución interna del taller eléctrico

La empresa no cuenta con una adecuada distribución del taller eléctrico (área de producción), lo que se evidencia en los movimientos reiterativos de los operarios para alcanzar los materiales, herramientas, equipos y máquinas.

Se propuso la aplicación de la herramienta Systematic Layout Planning (SLP), con la finalidad de proponer una mejora en la distribución del área de trabajo. Esta herramienta se desarrolló en cinco pasos: primero, se identificó las zonas del área de trabajo; posteriormente, se identificó el flujo del personal y las distancias recorridas a través del taller eléctrico durante el proceso productivo; luego, se estableció la relación

entre las zonas del taller eléctrico, en base a los resultados de este análisis se hizo el diagrama relacional de líneas. Se utilizó el método Guerchet para determinar el requerimiento de espacio en base a los elementos en el área, para finalmente elaborar el nuevo layout en base a la información procesada, el criterio de ingeniería y con la ayuda del algoritmo Corelap 1.0.

En la Tabla V, se muestra las distancias recorridas por los cuatro operarios en el taller eléctrico; con la aplicación de la herramienta SLP se espera una reducción de las distancias de traslados para reducir tiempos y costos.

TABLA V
DISTANCIAS DE TRASLADOS EN EL TALLER ELÉCTRICO

Operarios	Distancia recorrida en metros	
	Antes de la mejora	Después de la mejora
Operario 1	8	7
Operario 2	13	7
Operario 3	6	8
Operario 4	16	8

D. CR5: Deficiente distribución de planta

Estas deficiencias impiden el adecuado flujo de trabajo, materiales, personas e información en el sistema de producción. Los desplazamientos que más tiempo requieren son los destinados al transporte de materia prima hacia el taller eléctrico, siendo la principal causa las largas distancias entre las áreas.

Para este problema se propuso la implementación de la herramienta Systematic Layout Planning (SLP), siguiendo el procedimiento mencionado para la CR4, considerando que la propuesta en este punto se debería plantear de manera global para toda la planta de producción.

En la Tabla VI, se muestra las distancias recorridas durante el flujo de los recursos (humanos y materiales) a través de las áreas de trabajo. Los resultados obtenidos después del desarrollo de la herramienta muestran que se espera una reducción de las distancias entre las áreas.

TABLA VI
DISTANCIAS DE TRASLADOS Y TRANSPORTES EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN

Flujo de recursos		Distancia recorrida en metros	
Salida	Entrada	Antes de la mejora	Después de la mejora
Almacén principal	Taller eléctrico	9	5
Almacén de tableros eléctricos y cables	Taller eléctrico	8	5
Almacén de tableros eléctricos y cables	Taller eléctrico	8	5
Almacén de estructuras metálicas	Taller eléctrico	14	5
Taller eléctrico	Taller de trabajos estructuras metálicas	52	8
Almacén de estructuras metálicas	Taller de trabajos estructuras metálicas	13	6
Taller de trabajos estructuras metálicas	Taller de pintura	2	5
Taller de pintura	Almacén de estructuras metálicas	15	3

E. CR2: Procedimientos de trabajo inadecuados

En la empresa comúnmente ocurren las fallas en el aseguramiento de los componentes de los tableros eléctricos que ofrecen como producto, para lo cual se asignan operarios que puedan solucionar estos problemas, ocasionando costos de mano de obra.

Se propuso la implementación de la metodología PDCA, para estructurar un plan de mejora para los procesos de fabricación de tableros eléctricos.

En esta propuesta se considera que en la etapa de “Plan”, se deben establecer objetivos para solucionar los problemas identificados; en la etapa de “Do”, se debe determinar las estrategias y herramientas a implementar para alcanzar los objetivos; en la etapa de “Check”, se debe realizar la verificación de los resultados obtenidos luego del desarrollo de las herramientas; y en la etapa de “Act”, se debe estandarizar los procesos; registrar y supervisar los resultados y se debe desarrollar un programa de capacitación. Considerando que es un proceso cíclico, una vez solucionado el problema se debe identificar nuevas oportunidades de mejora y efectuar nuevamente el procedimiento.

Con el fin de reducir el impacto negativo de las causas raíz en la productividad de la empresa, se costó las pérdidas ocasionadas y se proyectó la pérdida económica que habría después de aplicar la propuesta de mejora en base a herramientas de Lean Manufacturing; adicionalmente se determinó el valor actual de los indicadores propuestos en la Tabla IV y el valor meta esperado después de la implementación.

En base a este análisis, se determinó que se podría eliminar las problemáticas relacionadas a las deficiencias en el orden y limpieza en almacén principal, las deficiencias en la supervisión durante el proceso productivo y los procedimientos de trabajo inadecuados; asimismo, se espera la mejora en la distribución interna del taller eléctrico y la distribución de planta, reduciendo costos y tiempos de traslados y transporte.

En la Tabla VII se muestran a detalle los resultados esperados al implementar la propuesta de mejora basada en el uso de herramientas de Lean Manufacturing, es así, que se estima lograr un beneficio total de S/66,112.52.

TABLA VII
RESUMEN DE RESULTADOS

Causa Raíz	Pérdida económica (S/)		Indicador (%)	
	Pérdida inicial	Pérdida Final	Valor actual	Valor Meta
CR3	S/32,426.24	S/0.00	41.78%	0.00%
CR8	S/17,960.52	S/0.00	81.82%	0.00%
CR4	S/5,468.83	S/3,024.69	100%	70%
CR5	S/11,596.34	S/4,274.72	100%	31.26%
CR2	S/5,960.00	S/0.00	29.09%	0.00%

Asimismo, con la implementación de la propuesta de mejora se estima aumentar la productividad de la empresa en 24.99%, valor que representa la diferencia entre el valor de la

productividad hallado en el diagnóstico inicial (24.12%) y el valor futuro estimado al implementarse la mejora (49.11%).

Finalmente se realizó una evaluación económica-financiera para determinar la viabilidad de la propuesta. Se elaboró un Estado de resultados para un periodo anual, en el que se consideró la inversión estimada que requeriría la propuesta (S/6,903.33), el beneficio económico después de la implementación (S/66,112.52) y el impuesto a la renta de 29.5%. Posteriormente, en base a los ingresos y egresos totales, se calculó los indicadores financieros, obteniendo: un VAN positivo, una TIR de 50%, un Periodo de Retorno de la Inversión (PRI) de 8 meses y la relación costo-beneficio (B/C) de 2.71.

IV. DISCUSIÓN

Al analizar la situación actual de la empresa en estudio e identificar las causas raíz que ocasionan la baja productividad en la organización, se planteó una propuesta de mejora en base a la implementación de herramientas de Lean Manufacturing.

En un primer momento, se registró la presencia de 71 productos obsoletos y/o deteriorados que representaron una pérdida total de S/32,426.24; para esta problemática se propuso la implementación de la metodología 5S para evitar el deterioro de los ítems y acelerar el proceso de búsqueda y conteo de existencias al momento de realizar el inventario; con ello, se pudo reducir el indicador futuro de elementos obsoletos y/o deteriorados de un 41.78% al 0%, obteniendo un beneficio de S/32,426.24. En diversas investigaciones se hace mención del uso de la metodología 5S como oportunidad de mejora para las empresas, debido a que el principal impacto de la implementación de esta herramienta es que permite mantener el orden y la limpieza de los almacenes y evitar las pérdidas económicas por la obsolescencia o el deterioro de los materiales [7]. En tal sentido, en un estudio se demostró que la mejora en el orden y limpieza del área de trabajo, redujo el lead time de 4 a 1.5 días, el WIP de 3.68 a 1.23 días, y el aumento de la tasa de actividades de valor agregado de 0.16% a 0.54% [8]; en otro estudio se obtuvo la mejora en el nivel de atención del almacén de materiales e insumos, al incrementar la tasa de cumplimiento de entregas a tiempo de insumos y materiales de 30% al 80%, como también obtuvo el incremento de la tasa de producción en 18.88% [9].

La segunda causa raíz identificada fue la falta de supervisión durante el proceso productivo evidenciada en la tasa de entrega de pedidos fuera de tiempo del 81.82% que tuvo la empresa durante el periodo analizado, implicando una pérdida de S/17,960.52 anual; por tal motivo se propuso la implementación de la metodología Kanban, con la que se conseguiría un ahorro del 100% y la garantía en el cumplimiento de plazos establecidos de entrega del producto al cliente. En este sentido, en un estudio se desarrolló un paquete de herramientas de Lean Manufacturing incluyendo la metodología Kanban, sus resultados indicaron que la implementación de la mejora generaría un ahorro en los costos

de operación de \$23,496.00 [10]; asimismo, en otra investigación [11], después de implementar la tarjeta Kanban de producción se obtuvo un porcentaje de cumplimiento de 80% en el taller de trabajo.

La tercera causa raíz identificada fue la deficiente distribución interna del taller eléctrico evidenciada en el porcentaje de tiempo improductivo por movimientos innecesarios de los trabajadores en el área de trabajo, representando una pérdida total de S/5,468.83; por otro lado, la deficiente distribución de planta generó tiempo improductivo por traslados internos entre áreas que generaron una pérdida total de S/11,596.34. En tal sentido, a través de la propuesta de implementación de la herramienta Systematic Layout Planning (SLP) se obtuvo una reducción del 30 y 70% respectivamente; así como un ahorro total de S/2,444.14 y S/7,321.62 en cada uno de los indicadores evaluados. La disminución de los tiempos improductivos por recorridos está directamente relacionada con la reducción de las distancias en los flujos que realizan los operarios [12], en la cual propusieron el diseño de un nuevo Layout para evitar los tiempos de espera y los transportes innecesarios, y al desarrollar esta herramienta de Lean Manufacturing lograron reducir la distancia de recorrido de 122 a 88 metros y el tiempo de recorrido de 144.9 a 97.95 segundos por metro.

Los procesos de trabajo inadecuados ocasionaron reprocesos en la empresa representando una pérdida de S/5,960.00 durante el periodo analizado, por lo que se propuso desarrollar la metodología PDCA; la proyección indicó que al implementarse la mejora se eliminarían los reprocesos en un 100%. En la referencia [13] se menciona que al implementar el ciclo de la mejora continua PDCA pudieron reducir los reprocesos de 29.78% a 11.31%, generando un ahorro de S/45,700.00.

La implementación de la propuesta de mejora en la empresa permitirá incrementar su productividad en un 24.99%, este valor se encuentra dentro del rango de incremento de la productividad que se identificó en las investigaciones revisadas. Se puede mencionar un aumento de la productividad en 38% [14], de 4.61% [12], mientras que en una investigación se mencionó que con la implementación de su propuesta se espera un incremento de la productividad en 10% [11].

IV. CONCLUSIONES

Se determinó que la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing aumenta la productividad de la empresa en un 24.99%, esta medida se calculó a través de la variación de la productividad en un estado actual (valor determinado en el diagnóstico inicial a la empresa) y futuro (valor esperado al implementar la propuesta de mejora).

El diagnóstico del estado actual de las áreas de producción y logística de la empresa, determinó que las principales causas raíz que ocasionan problemas y la baja productividad en la empresa son: la falta de orden y limpieza que ocasionó la acumulación de elementos obsoletos y

deteriorados, representando una pérdida de S/32,426.24, la falta de supervisión durante el proceso productivo que ocasionó la entrega fuera de tiempo de los pedidos a los clientes, representando una pérdida de S/17,960.52; la deficiente distribución interna del taller eléctrico que ocasionó tiempo improductivo por movimientos innecesarios, representando una pérdida de S/5,468.83; la deficiente distribución de planta que ocasionó tiempo improductivo por traslados internos, representando una pérdida de S/11,596.34; y los procedimientos de trabajo inadecuados que ocasionaron reprocesos, representando una pérdida de S/5,960.00.

Con el desarrollo de la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing en la empresa se espera un beneficio total de S/66,112.52 anual.

Se evaluó económica y financieramente la propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing en la empresa para un periodo de 12 meses, determinando que la propuesta de implementación es rentable debido a que se obtuvo un VAN de S/12,786.22, un TIR de 50%, un B/C de 2.71 y un periodo de retorno de la inversión de 8 meses.

REFERENCIAS

- [1] R. Vaughn, *Introducción a la Ingeniería Industrial*, 2° ed. Barcelona: Editorial Reverté, S.A., 1990.
- [2] M. Castillo, "El estado de la manufactura avanzada. Competencia entre las plataformas de la Internet industrial". Santiago: Naciones Unidas, 2017.
- [3] F. González, "Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas", *Revista Panorama Administrativo*, vol. 1, no. 2, pp. 85–112, 2007.
- [4] H. Kniberg y M. Skarin, *Kanban y Scrum – obteniendo lo mejor de ambos*. Estados Unidos de América: Librería del Congreso, 2010, pp. 15-17.
- [5] R. Fernández, *La mejora de la productividad de la pequeña y mediana empresa*, Alicante: Editorial Club Universitario, 2013.
- [6] M. Tapia, L. Arroyo, A. Luna, J. Goytia, y J. García, "Implementación del método S.L.P. en una empresa de la región Bajío en México", *VII Congreso Internacional En Innovación y Desarrollo Tecnológico*, 2009, pp. 1–8.
- [7] H. Maguina, *Mejora en los procesos de una empresa fabricante de máquinas de automatización*. Pontificia Universidad Católica del Perú, 2013.
- [8] D. Martínez, *Diseño e implementación de un modelo de Manufactura Esbelta en una empresa manufacturera de alto volumen*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2011.
- [9] M. Cardenas, M. *Propuesta de mejora mediante las herramientas de Lean Manufacturing aplicadas a la línea de transformación de intercambiadores de calor de una empresa manufacturera*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019.
- [10] C. Hinojosa y R. López, *Mejoramiento de la productividad de las líneas de vestidura en una ensambladora automotriz evaluando el desempeño de la herramienta de mejora continua just in time (JIT) bajo la filosofía lean manufacturing en participación conjunta con el proveedor de au*, Escuela Politécnica Nacional, (2015).
- [11] K. López, *Aplicación del lean management para mejorar la productividad del taller de carrocería y pintura en la empresa Autonort Trujillo S.A.C*. Universidad Nacional de Trujillo, 2020.
- [12] J. Merlo y I. Ojeda, *Propuesta de implementación de las herramientas Lean Manufacturing en la producción de pastas gourmet en la empresa Maquila Agro Industrial Import & Export S.A.C para mejorar su productividad*. Universidad Privada del Norte, 2017.
- [13] M. Mau, R. Ramos, J. Llontop, J. and C. Raymundo, "Lean manufacturing production management model to increase the efficiency of the production process of a MSME company in the chemical sector", *17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, 24-26 July 2019, Jamaica, 2019, pp. 1-9.
- [14] J. Beltrán, *Evaluación y análisis de los indicadores de la productividad en la Empresa Ecuapar área metalistería línea de manija, propuesta de mejora*. Universidad de Guayaquil, 2015.