

Lean Manufacturing and Productivity: Case of peruvian frozen avocado (*Persea americana*) agro export

Axel Alberto Caballero Chavez¹ , Diego Silva-Chuquipoma¹ 

¹ Universidad Privada del Norte, Peru, N00056171@upn.pe, diego.silva@upn.pe

Abstract— *The objective of the research was to determine the influence of Lean Manufacturing tools on the productivity of a frozen avocado (*Persea americana*) export company. The study was pre-experimental, and the sample consisted of productivity indicators before and after the implementation of Lean Manufacturing tools. The following tools were applied: 5S, Value Stream Mapping, and Total Productive Maintenance (TPM). The results showed that the influence of Lean tools was favorable, increasing productivity by 11.1% (185.8 MT), validated using the t-Student test ($p = 0.0001$).*

Keywords— *lean manufacturing, productivity, agro-exportation*

Lean Manufacturing y Productividad: Caso de agroexportación peruana de palta (*Persea americana*) congelada

Axel Alberto Caballero Chavez¹ , Diego Silva-Chuquipoma¹ 
¹ Universidad Privada del Norte, Peru, N00056171@upn.pe, diego.silva@upn.pe

Resumen– La investigación tuvo por objetivo determinar la influencia de las herramientas lean manufacturing en la productividad de una empresa agroexportadora de palta (*Persea americana*) congelada. La investigación fue preexperimental, la muestra estuvo compuesta de los indicadores de productividad inicial y final a la implementación de herramientas Lean. Se aplicaron las siguientes herramientas: 5S, Value Stream Mapping y Total Productive Maintenance (TPM). Los resultados permitieron concluir que la influencia de las herramientas Lean fueron favorables, incrementando la productividad en 11.1% (185.8 TM), así mismo, fueron validados utilizando la prueba t-Student ($p = 0.0001$).

Palabras clave – lean manufacturing, productividad, agroexportación

I. INTRODUCCIÓN

La exportación de paltas (*Persea americana*), especialmente de la variedad Hass, ha experimentado un notable crecimiento a nivel mundial, y América Latina no es la excepción. Perú, por ejemplo, se ha posicionado como el tercer exportador mundial de paltas Hass. Este crecimiento se ha visto impulsado por la implementación de tecnologías avanzadas en la clasificación y manejo de la fruta, como el uso de algoritmos de ResNet-18 para la clasificación en tiempo real, lo que ha permitido reducir los daños por manipulación y mejorar la eficiencia del proceso [1]. Sin embargo, la expansión de las plantaciones de palta también ha traído consigo desafíos ambientales. En Michoacán, México, se ha documentado que aproximadamente el 20% de la deforestación total entre 2001 y 2017 está asociada con la expansión de plantaciones de palta, afectando negativamente la biodiversidad, especialmente el hábitat de la mariposa monarca. Este impacto ha sido en parte debido a cadenas de suministro opacas que dificultan la trazabilidad del producto [2]. En cuanto a la calidad y manejo post-cosecha, se han desarrollado recubrimientos a base de almidón de papa y mucílago de nopal para mantener las propiedades fisicoquímicas de la palta durante el almacenamiento, extendiendo su vida útil y mejorando su calidad para la exportación [3]. En Colombia, se han identificado estrategias público-privadas que han contribuido al desarrollo sostenible de la cadena de valor de la palta, mejorando las prácticas agrícolas y fomentando políticas públicas que apoyen tanto a grandes agronegocios como a pequeños productores [4].

En el Perú, la agroindustria se moderniza y está en mejora constante, como señalan [5] se exportó 583,215 TM durante el

año 2023, ubicándose en segundo puesto a nivel mundial, siendo el mayor productor La Libertad, seguido de Lima e Ica. Las empresas agroexportadoras presentan muchas unidades de producción en diferentes áreas y regiones donde tienen muchos terrenos de explotación, además de tener alianzas con productores locales para tener mayor producción para procesar y exportar, todo ello quiere constantes actualizaciones del proceso productivo y la mejora continua [6]. La región La Libertad se ha convertido en un importante centro de producción y exportación de palta, posicionándose como líder nacional en este sector por su clima favorable, suelos fértiles, disponibilidad de agua debido a los grandes proyectos hidráulicos, ha logrado desarrollar colaboradores altamente especializados, y su territorio costero posee bases para el desarrollo y exportación, siendo la agroindustria el mejor de los motores de desarrollo social de la costa y sierra peruana [7].



Fig. 1. Producción de palta en Perú 2019 – 2024 [8]

Lean Manufacturing (LM) es una filosofía de gestión que busca mejorar la eficiencia y efectividad de los procesos productivos a través de la eliminación de desperdicios y la mejora continua. Este enfoque se fundamenta en varios principios clave: definir valor desde la perspectiva del cliente, mapear el flujo de valor para identificar actividades que no agregan valor, asegurar un flujo continuo sin interrupciones, implementar un sistema de producción pull basado en la demanda real y fomentar una cultura de mejora continua conocida como Kaizen. Herramientas como el Value Stream Mapping (VSM), 5S, Kanban y Poka-Yoke son esenciales para la implementación de estos principios [9], [10]. Además, la integración de Lean Manufacturing con tecnologías

de la Industria 4.0, como IoT y Big Data, ha dado lugar al concepto de Lean 4.0, que combina las ventajas de ambas filosofías para lograr una mayor eficiencia y sostenibilidad [11]. Este enfoque ha demostrado ser clave para maximizar el valor para el cliente, eliminar desperdicios y promover una cultura de mejora continua en diversos sectores de la manufactura [12], [13].

La implementación de herramientas de LM en el sector agroindustrial en América Latina ha mostrado ser efectiva en la mejora de la productividad y la reducción de desperdicios. Un estudio en el norte de Perú aplicó herramientas como Jidoka, 5S y la estandarización del trabajo, logrando reducir significativamente los desperdicios y aumentar la exportabilidad en un 3.85% [14]. De manera similar, en una empresa agroindustrial en Lima, Perú, se utilizaron herramientas como 5S, TPM y VSM, lo que resultó en una mejora significativa de la productividad total [15]. Además, la aplicación de herramientas y conceptos de LM en cultivos agro-pastorales ha permitido reducir pérdidas y desperdicios, así como aumentar la productividad, alineándose con modelos de sostenibilidad basados en el triple resultado [16]. Asimismo, se ha propuesto un algoritmo de negocio para la implementación de tecnologías LM en la actividad de empresas agroindustriales, lo cual ha permitido organizar los procesos productivos de manera eficiente, reduciendo tiempos y costos, y aumentando la competitividad empresarial [17].

[6] describieron el estado actual y las proyecciones de la producción peruana de palta frente al mercado internacional. Sobre esta base, se concluyó que la producción y sus exportaciones de palta peruana continúan florecientes y las perspectivas son positivas. Además, en el 2021, se cosecharon y exportaron 779,000 y 526,000 TM de palta respectivamente. Se espera que las exportaciones aumenten un 10% en 2024 en comparación con 2023, con 725.000 toneladas de paltas frescas exportadas. Pese a un contexto político adverso y a unas condiciones meteorológicas desfavorables en 2023, el sector logró cumplir sus estimaciones. [18] determinaron como la herramienta Takt Time, Poka Yoke acrecentarían la productividad, evidenciando un incremento en la productividad de 61.40% a 79.60%, también la efectividad de 86.11% a 93.22% y la capacidad de 71.40% a 85.33% en el procesamiento de empaque, se redujeron los gastos y el tiempo de procesamiento. [19] incrementaron la efectividad de la línea de procesamiento de palta a través de la puesta en práctica de herramientas de producción ajustada. La efectividad incrementó de 54% a 86% semanalmente, y la disposición de la maquinaria paso de 89.01% a 99.02%, y la calidad de 98.0% a 99.01%. Concluyendo que si se logró incrementar la eficacia. [20] propusieron herramienta de LM para aumentar la productividad en una empresa agroindustrial aplicando Poka Yoke y 5S; incrementando la productividad y la utilidad de la compañía. [20], aplicó el DAP y TPM, 5S, mejorando la producción en un 14.6%. [22] evaluó bajo rendimiento de la línea de producción de pimienta del piquillo. Se examinaron los orígenes del problema utilizando esquemas de Ishikawa y de Pareto, y se pudo detectar un equilibrio deficiente de la capacidad, la ausencia de controles de tiempo en las líneas, se empleó 3 herramientas de fabricación ajustada, la

normalización, Poka Yoke y SMED, y se logró aumentar la producción laboral en un 9% y reducir los costes laborales en un 8,6% en comparación con el primer semestre del año, lo que supuso un ahorro de 200.847 euros. [23] implementó las 5S, la gestión productiva total y la normalización de los procesos, impactando favorablemente en la productividad de la compañía.

Finalmente, el objetivo de la investigación consistió en determinar la influencia de las herramientas Lean en la productividad de una empresa exportadora de palta.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, de naturaleza cuantitativa y de diseño pre experimental.

$$M: O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2 \quad (1)$$

Donde M: muestra, O_1 : productividad inicial, X: implementación de herramientas Lean, O_2 : productividad final.

B. Población y muestra

La población consistió en indicadores de productividad de la línea procesadora de palta congelada de una empresa agroexportadora peruana, ubicada en la ciudad de Casma. Asimismo, la muestra estuvo conformado por los indicadores de productividad del año 2021 para el proceso productivo de palta congelada durante los meses de mayo a setiembre (periodo de campaña anual), para posteriormente ser comparados con los indicadores de productividad del año 2022 tras implementar las herramientas Lean.

C. Determinación de la productividad inicial y final

Con los datos de indicadores de proceso antes y después de la implementación de las herramientas Lean, se calculó la productividad:

$$Productividad = \frac{Producción}{MP + MOD + hora - hombre + capital} \quad (2)$$

Donde MP: materia prima, MOD: mano de obra.

D. Herramientas Lean Manufacturing

Para la aplicación de las herramientas Lean, primero se determinaron las limitantes más importantes que influyen en la productividad a través de un diagrama de Ishikawa y análisis de Pareto. Posteriormente, se aplicaron las siguientes herramientas: Value Stream Mapping (VSM), para determinar los principales cuellos de botella en las etapas del proceso; 5 S, para mejorar el orden e incrementar la productividad durante el proceso; y el Mantenimiento Productivo Total (TPM), para reducir el número de interrupciones no programadas.

E. Análisis estadístico

Se utilizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para corroborar la distribución de los datos. Para la validación empírica de la hipótesis se empleó la estadística inferencial, a través del estadístico de diferencia de grupos relacionados t-Student

($\alpha=0.05$) utilizando el software SPSS.

H_0 : No existe influencia entre la productividad antes y después de la implementación de las herramientas Lean.

H_a : Existe influencia entre la productividad antes y después de la implementación de las herramientas Lean.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La productividad inicial calculada fue de 60.50% la cual se evalúa en base a la materia prima, obteniéndose desmedros como semillas, cascara, entre otros que son partes no utilizables para el producto, luego el contenido de pulpa el cual es la parte utilizable para el producto. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por [18] quienes mencionan que las empresas donde el volumen de producción (con su respectiva eficacia y eficiencia) depende del factor humano, se tienen que desarrollar estrategias que tengan impacto en la labor humana, el método de trabajo humano, además de las adecuadas herramientas y automatismos (fajas transportadoras, etc.), todo esto recae en los supervisores y tener adecuados indicadores que se observen diariamente, cuando esto no existe no es raro ver bajos ratios de productividad.

Los limitantes de la productividad encontrados se muestran a continuación:

TABLA I

PROBLEMAS DETECTADOS DURANTE EL PROCESO DE PALTA CONGELADA

Etapas	Problemas detectados
Recepción de materia prima	Excedente de fuera de calibre. Tiempo de cosecha. Falta de experticia y rapidez de calificación.
Selección	No se encontró.
Clasificación	Errores en clasificación. Demora. Falta de experticia.
Lavado y desinfección	No se encontró.
Extracción de pulpa	Falta de mantenimiento de herramientas. Mal funcionamiento de fajas. Tasa de error en calidad de pulpa extraída.
Trozado	Falta de mantenimiento.
Inmersión y escurrido	No se encontró.
Congelado IQF	No se encontró.
Envasado	Falta de mantenimiento de máquina. Selección de proveedor.

Se convocó a un Focus Group a los supervisores a fin de determinar causas y efectos de dilemas que limitan la productividad en la zona de elaboración.

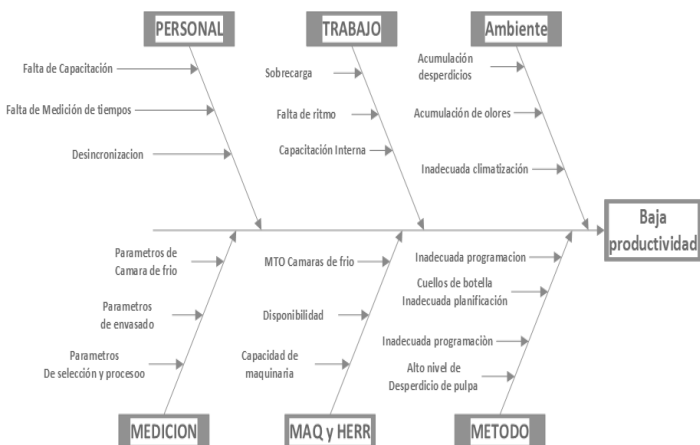


Fig. 2. Diagrama de Ishikawa para los limitantes encontrados

Con los datos de la tabla se creó el gráfico de Pareto:

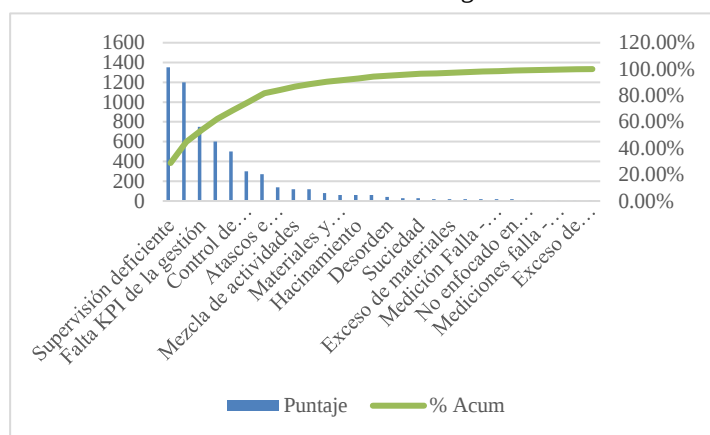


Fig. 3. Gráfico de Pareto para priorización de limitantes

Con este gráfico se separó las principales causas raíz que limitan la productividad:

TABLA II

PRINCIPALES LIMITANTES Y HERRAMIENTAS LEAN

Causas	Herramientas Lean	Descripción
Supervisión deficiente	5S	Estandarización, disciplina
Control de proceso inadecuado	5S	Estandarización
Falta KPI de la gestión	VSM	Desarrollo de KPI
Falta de Capacitación	Capacitación	Capacitación Lean y destrezas
Control de proveedores	5S	Clasificación, estandarización
Falta de tiempos estándar	5S	Estandarización de operaciones
Atascos e interrupciones	TPM	Participación en el mantenimiento

Se encontró falta de metodología y facilidades en el pelado, despepado áreas críticas que donde se extrae la pulpa de la palta que será cortada en cubos, por supervisión deficiente, control de proceso inadecuado, falta de indicadores entre otros. Estos

resultados concuerdan con lo encontrado por [20], quienes encontraron que las pérdidas a niveles industriales es muy significativas aun cuando por unidad sean pequeñas, señalando sobre a medida que el tiempo pasa las condiciones cambian, la producción se incrementa, los empleados rotan, las maquinas se envejecen, el trabajo se hace monótono, y la productividad va cayendo, por lo que es necesario determinar las causas que producen el decaimiento de la productividad, es un principio que los sistemas tienden al desorden y es necesario invertir energía (o recursos) a fin de determinar los factores por que disminuye y tomar las medidas correctivas.

Se calculó el Takt Time basado en la demanda mensual de producto de 700 TM, obteniendo 0.38 kg/min.

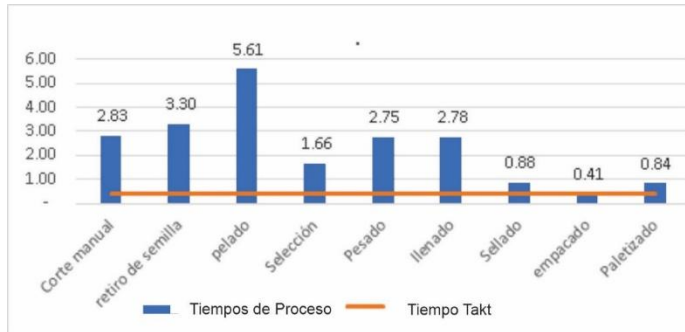


Fig. 4. Tiempos de ciclo de proceso (min) y takt time (min)

En el VSM se pudo apreciar problemas en el área de recepción, hubo desorden entre la llegada de material del depósito de materia prima y el lanzador de paltas a la cinta transportadora, se apreció mala gestión de las jabas, e inadecuado flujo de abastecimiento, así como desorden en el almacén de materia prima y en el alimentador, el mismo que muchas veces presentaron averías. En la etapa de selección se apreció que muchas veces al operario se le caía la palta al piso, así como el cuchillo y la herramienta despulpadora, pepas etc., lo que generaba suciedad. Otro aspecto fue el inadecuado movimiento de la faja transportadora, se apreció que los rodillos no giraban como deberían, lo que generaba atasques o que vaya muy rápido. En la etapa de cortado en cubos y selección se apreció pérdidas por irregularidades en el despulpado, así como cubos no simétricos producto de la falta de mantenimiento de las cuchillas de la cortadora, entre otros problemas.

La implementación de la herramienta 5S, que consta de seis salas (acopio y lavado, proceso, envasado, almacenamiento y reparto), se realizó con el objetivo de aumentar la productividad. En la fase de Clasificación (Seiri), se identificaron tres categorías de materiales: permanentes, de uso ocasional e innecesarios. Los elementos inútiles fueron marcados con tarjetas rojas y trasladados a una zona de almacenamiento temporal para su eliminación o reutilización. Por ejemplo, en la sala de acopio y lavado, las jabas fueron trasladadas a la sala de acopio de materia prima, los materiales de aseo al área de almacenaje, y los pallets de madera al área de recepción de palta. En la sala de procesos, las jabas se desplazaron a la zona de recepción de palta, y los guantes se eliminaron debido a su inutilidad.

TABLA III

TARJETA ROJA PARA APLICACIÓN DE SEIRI

TARJETA ROJA	
Datos del bien:	
Diversidad de bien	1. Dispositivo. 2. Instrumento. 3. Materia prima. 4. Bien finalizado. 5. Materiales para aseo.
Fecha:	Ubicación: Cantidad:
Motivo:	1. No es necesario. 2. Material descartado.. 3. Uso desconocido. 4. Contaminante.
Acciones a llevar a cabo:	1 Desplazar 2 Prohibir 3 Inspeccionar
Consulta de eliminación:	
Motivo de eliminación:	

En la fase de Organización (Seiton), se colocaron indicadores de posición y letreros en las diferentes áreas de producción para mantener cada herramienta en su lugar específico, facilitando el acceso y reduciendo el tiempo de búsqueda. Se pintaron marcas en el suelo para demarcar zonas de tránsito y de proceso, mejorando el flujo de personas y materiales. Además, se implementaron estantes ajustables y bien identificados para almacenar las materias en el área de procesamiento y envasado.

TABLA IV

NORMAS DE PINTURA PARA FASE SEITON

Zonas	Área de riesgo o donde no está permitido su uso.	Franjas A/N	0.30 m	
Líneas	Líneas divisoras de zonas de Fabricación	Amarillo	0.10 m	
	Rutas de entrada y salida a las áreas de trabajo	Amarillo	0.10 m	
	Línea con Señalización obligada	Amarillo	0.10 m	

La fase de Limpieza (Seiso) incluyó la rutina diaria de aseo y mantenimiento, donde los trabajadores limpiaban las áreas al inicio y al final de cada turno, utilizando NaOH para el lavado del suelo y agua para las estanterías. Se desarrollaron formatos de evaluación para verificar la limpieza y el mantenimiento de los equipos, asegurando un entorno de trabajo seguro y limpio. Durante la fase de Estandarización (Seiketsu), se analizaron y estandarizaron las operaciones con la opinión de los trabajadores para mejorar la eficiencia, considerando la distancia, los tiempos y la velocidad de las cintas. Se establecieron mapas 5S en las paredes visibles de las salas de producción para asignar funciones específicas a los trabajadores y realizar un repaso diario de los elementos de la herramienta 5S. Finalmente, la Disciplina (Shitsuke) se fomentó mediante brigadas 5S que realizaban supervisiones semanales y la promoción de la metodología a través de lemas, insignias y paneles informativos. Las brigadas supervisaban el grado de conservación de las 5S y realizaban

auditorías internas para asegurar el cumplimiento de las normas establecidas.

TABLA V

FOMENTO DE LAS 5S			
N°	Fomento	Detalle	Impacto
1	Lemas de las 5S	Los lemas de las 5S se pueden mostrar en paneles.	Brindan información acerca de las 5S.
2	Insignias 5S	Podrían llevarse en el pecho o en las mangas.	Ayuda a comprender su aplicación de las 5S.
3	Planos 5S	Señalan las áreas destinadas a los empleados encargados de mantener las condiciones 5S.	Promueve la adhesión a su implementación.

Comparando estos resultados, en una empresa manufacturera de válvulas, la implementación de 5S resultó en una mejor organización del lugar de trabajo, mayor visibilidad y orden de los objetos, y una reducción significativa del tiempo para buscar herramientas [24]. Asimismo, la aplicación estratégica de 5S mejoró la productividad al eliminar causas raíz de desperdicios y defectos, estableciendo un camino claro hacia la mejora continua [25]. En la industria de procesamiento de alimentos, la implementación de 5S en una empresa de alimentos en Indonesia mejoró el ambiente de trabajo y aumentó la productividad en un 20% tras la aplicación de las 5S [26]. En Perú, una empresa agroindustrial reportó un aumento en la productividad del 36.62%, una mejora del 18% en la eficiencia general del equipo y una reducción del 86% en tiempos improductivos tras la implementación de 5S y otras metodologías lean [27].

TABLA V

RESUMEN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
Máquina	Falla	Medida preventiva	Frecuencia	
Cortadora	Desgaste en hojas cortadoras	Cambio de cuchillas	Mensual	
	Suciedad	Cepillado	Semanal	
	Desgaste del eje	Arreglo de eje y cambio de rodamientos	Anual	
Fajas transportadoras	Desgaste de rodamientos	Lubricar y verificar suavidad	Inter diario	
	Obstrucción por restos de palta	Limpiar	Diario	
	Falla en sistema de transmisión	Ajustar pernos	Cada 3 meses	
Vaciador de bins	Obstrucción de ejes	Limpieza lubricado	y	Inter diario
	Obstrucción de ruedas y deslizantes	Limpieza lubricado	y	Inter diario
	Sensores sucios	Limpieza lubricado	y	Inter diario
Fajas de lavado	Carbonatación de grifos dispensadores	Limpieza con ácido acético	Inter diario	
	Suciedad de rodillos y fajas	Limpieza lubricado	y	Inter diario

La implementación del TPM se llevó a cabo en varias etapas. En la primera etapa, la preparación, se involucró a la gerencia y a toda la cadena de mando, asegurando la provisión de recursos y la capacitación necesaria. Se nombró un coordinador de TPM y dos miembros adicionales del personal para ayudar en la formación y evaluación del programa. En la segunda etapa, se desarrolló un protocolo detallado para el mantenimiento preventivo de las máquinas, estableciendo medidas preventivas específicas, herramientas necesarias y frecuencias de mantenimiento. Por ejemplo, se programó el cambio mensual de las cuchillas de la cortadora y la limpieza semanal de la matriz para mantener la calidad del corte. La tercera etapa involucró la capacitación del personal en mantenimiento preventivo, impartida por un ingeniero especializado, asegurando que todos los trabajadores estuvieran adecuadamente formados cada tres meses. La cuarta etapa se centró en el seguimiento y control, implementando inspecciones regulares para identificar y corregir puntos débiles, garantizando la continuidad de la producción sin paradas no programadas. Comparando estos resultados, [26] mejoró la productividad en un 20%, gracias a la reducción de tiempos de inactividad y una mejor gestión del mantenimiento. Asimismo, [27] resultó en un aumento del 36.62% en la productividad y una mejora del 18% en la eficiencia general del equipo (OEE). Por otro lado, mostró que la implementación de TPM condujo a una mejora en la eficiencia de la producción y una reducción significativa de las pérdidas de tiempo y materiales [28]. Por su parte, [29] indicó que la implementación de TPM mejoró la confiabilidad y disponibilidad del equipo, reduciendo los tiempos de inactividad y mejorando la productividad general.

Posterior a la implementación de las herramientas Lean, se volvió a realizar la medición de la productividad en el siguiente año, obteniéndose 71.6%.

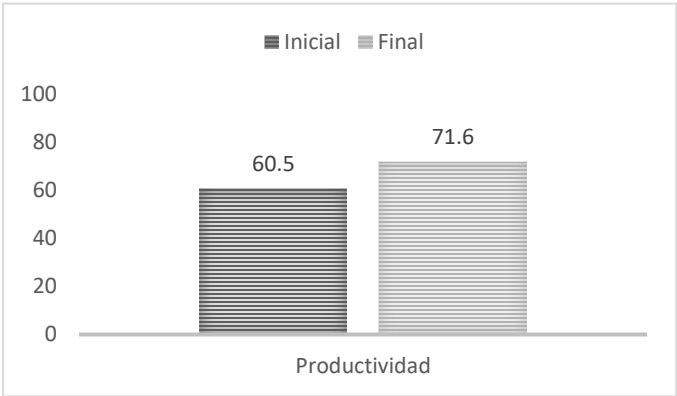


Fig. 6. Comparación de la productividad inicial y final a la implementación de las herramientas Lean.

La productividad se incrementó en 11.1%. Dichos hallazgos coinciden con los de [23], quien tras la aplicación de Lean acrecentó un 15% de productividad, datos concordantes con los de [22], indicando una mayor productividad de mano de obra (incremento de 9%), así como menor costo de producto, pues al producir más producto, los costos fijos se reducen así como se aprovecha al máximo, destacando que las herramientas lean permiten la mejora continua, sin mayor cambio ni disrupción en la empresa, dado que uno de los limitantes de mejora en una empresa en marcha es la pérdida de ritmo de la producción, o paralización total o parcial, en este sentido las herramientas lean

dan toda la facilidad y relativamente baja inversión. Así mismo, son respaldados por el sustento teórico de [30], quien señala que la productividad es el menor desperdicio, mayor uso del insumo, en el caso de la presente investigación fue mayor aprovechamiento de la pulpa de palta, la misma que mucha se quedaba en la cáscara o se perdía al sacar la piel de la semilla, lo que se logró perfeccionando la técnica de despepado manual. Así mismo, convergen con el sustento teórico de [31] quien señala que una industria se ha hecho para un determinado tamaño, acorde a su capacidad instalada, no se puede hacer más, pero si en la mejora de procesos, siempre aparecen nuevos métodos que se pueden mejorar en la capacidad instalada, por otro lado la capacidad instalada envejece, deprecia y presenta sus problemas, lo que requiere ajustes de los procesos productivos, las herramientas lean contienen un amplio abanico de soluciones metodológicas que conjuntamente con objetivos, metas e indicadores permiten mantener o mejorar la productividad, manteniendo a la empresa competitiva. Teniendo en cuenta que según datos de la empresa la utilidad neta por cada bolsa es USD 0.34, y que el incremento de 185.8 TM de producto significan 344,095 bolsas adicionales de 0.45 Kg de palta en cubos, incrementando las utilidades en USD 117,755.

Finalmente, los resultados de la prueba de hipótesis t-Student, mostraron que el p valor fue 0.001, por lo tanto, se aceptó la H_a , existiendo influencia entre la productividad inicial y final, demostrando la mejora aplicando las herramientas Lean.

IV. CONCLUSIONES

La influencia de las herramientas Lean en la productividad fue muy favorable, incrementando la producción en un 29.7% (185.8 TM) y la productividad en un 11.1%, resultados validados mediante la prueba t-Student ($p=0.0001$). Inicialmente, la productividad basada en la materia prima era del 60.5%, lo cual generaba insatisfacción en la gerencia. Las limitantes identificadas incluían una supervisión deficiente debido a la falta de indicadores, un control de proceso inadecuado, y una gestión inadecuada del personal y la maquinaria. En respuesta a esta situación y siguiendo una priorización de Pareto, se desarrolló una propuesta basada en las herramientas 5S, VSM, TPM y capacitaciones, con el objetivo de mantener los indicadores clave de producción (KPI), controlar el proceso eficazmente y gestionar de manera eficiente el personal y la maquinaria. Tras la implementación de estas herramientas Lean, la productividad aumentó a un 71.6%, lo cual representó una mejora satisfactoria. Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo, explorar la integración de tecnologías avanzadas como la Industria 4.0 para complementar las herramientas Lean, y realizar estudios comparativos entre diferentes sectores agroindustriales para identificar prácticas óptimas adaptables a diversas realidades productivas. Para las empresas agroexportadoras de palta en Perú y Latinoamérica, se recomienda la adopción de un enfoque integral de gestión de calidad que combine las herramientas Lean con prácticas de agricultura sostenible. Esto incluye la implementación de sistemas de riego eficientes, el uso de fertilizantes orgánicos, y la rotación de cultivos para mantener la salud del suelo. Además, es crucial invertir en tecnologías de

monitoreo y análisis de datos para optimizar el uso de recursos y predecir tendencias de mercado. También se sugiere establecer programas de formación continua para los trabajadores, enfocándose en las mejores prácticas agrícolas y en el mantenimiento de maquinaria. Por último, fomentar alianzas estratégicas con instituciones de investigación y desarrollo puede facilitar la innovación y la adopción de nuevas tecnologías, asegurando la competitividad en el mercado global.

REFERENCIAS

- [1] Ramirez, C., Cruz de la Cruz, J., & Mamani Machaca, D. (2021). Plant classification of Hass avocados using real-time ResNet-18. *Computers and Electronics in Agriculture*, 181, 105952. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105952>
- [2] Cho, D., Montoya, T., & Tang, R. (2020). Where do avocados come from? Detecting deforestation associated with avocado exports. *Environmental Research Letters*, 15(8), 084011. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7c56>
- [3] Choque-Quispe, D., Mamani, L., & Apaza, D. (2022). Application of coating based on native potato starch and nopal mucilage for avocado storage. *Journal of Food Science and Technology*, 59(1), 98-107. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05037-1>
- [4] Pérez, L. F., & Gómez, M. (2022). Public-private strategies to establish a successful avocado export cycle: Cases from Colombia. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 12(4), 620-640. <https://doi.org/10.1108/jadee-11-2021-0275>
- [5] Flores, M., & Espinoza, L. (2023). Situación actual y perspectivas de la producción de palta (*Persea americana*) peruana en el contexto del comercio internacional. *Ingeniería Industrial*, 45, 157-173. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n45.6316>
- [6] Escalante, D. A., Olivera, J. M., Miranda, M. R., & Venegas, P. B. (2023). *Peruvian Agro-Export Sector: A Competitiveness Study on Their Main Products in the Period 2010-2019* [Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13378>
- [7] Salas, H. J. (2020). Agroexportaciones no tradicionales y su contribución al desarrollo económico peruano. *Dominio de las Ciencias*, 6(1), 4-27.
- [8] Sedir. (2024). Perú bate récord de US\$ 1,000 millones en exportación de palta. *Noticias Económicas y de Exportación*. Recuperado de <https://www.sedir.org.pe/noticia/450/peru-bate-record-de-us-1000-millones-en-exportacion-de-palta>
- [9] Gupta, S., & Jain, S. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241-249. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>
- [10] Miller, G., Pawloski, J., & Standridge, C. (2010). A case study of lean, sustainable manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 3(1), 11-32. <https://doi.org/10.3926/JIEM.V3N1.P11-32>
- [11] Rosin, F., Forget, P., Lamouri, S., & Pellerin, R. (2020). Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles. *International Journal of Production Research*, 58(6), 1644-1661. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1672902>
- [12] Hodge, G. W., Ross, K. G., Joines, J., & Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning & Control*, 22(3), 237-247. <https://doi.org/10.1080/09537287.2010.498577>
- [13] Lopes, R., Freitas, F., & Sousa, I. (2015). Application of Lean Manufacturing Tools in the Food and Beverage Industries. *Journal of Technology Management & Innovation*, 10(3), 120-130. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242015000300013>
- [14] Paiva-Huapaya, M., Anjos, C., & Silva, F. (2022). Manufacturing production model to increase the export index of an agro-industrial company in Northern Peru. *International Journal of Productivity and Performance Management*. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2021-0272>
- [15] Zapater-Matos, J. (2023). Production model based on lean to improve total productivity in an agro-industrial company in Lima, Peru. *Journal of Business Research*, 11(4), 151-156. <https://doi.org/10.18178/joams.11.4.151-156>
- [16] Martins, J., Anjos, P., & Silva, R. (2023). Farm application of tools and concepts of lean manufacturing: A case study in agro-pastoral systems. *Journal of Agricultural Engineering*, 15(3), 2597. <https://doi.org/10.3390/su15032597>
- [17] Klochko, A., Novikov, D., Rybyantseva, M., & Kovalenko, P. (2019). Business algorithm for the implementation of lean manufacturing technologies in agro-industrial companies. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(4), 830-845. <https://doi.org/10.3926/jiem.3076>
- [18] Minaya, M. M., & Prada, L. I. (2019). *Aplicación de las herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de producción en*

- Agrileza S.A.C., Huaral, 2019 [Tesis Titulación, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/69871>
- [19] Balarezo, A. L., & Floríndez, M. (2019). *Aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia de la línea procesadora de palta de una empresa agroexportadora* [Tesis Titulación, Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14716>
- [20] Cruz, E. G., & Guarniz, R. D. (2022). *Propuesta de herramientas Lean Manufacturing en el área de almacén y producción para incrementar la productividad en la empresa agroindustrial de la ciudad de Trujillo, 2020* [Tesis Titulación, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29939>
- [21] Terrones, K. G. (2022). *Propuesta de mejora en base a la manufactura esbelta y su impacto en la productividad de una empresa agroindustrial de Trujillo—2021* [Tesis Titulación, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30836>
- [22] Váldez, O. E. (2021). *Implementación de las herramientas Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la línea de producción de tiras de pimienta piquillo de una agroindustria en Trujillo* [Tesis Titulación, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28733>
- [23] Palomino, A. K. (2020). *Aplicación de las herramientas Lean Manufacturing y su efecto en la productividad de la empresa Frigoinsa S.A.C, Chepén 2020* [Tesis Titulación, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59642>
- [24] Monnanyana, R., & Gupta, R. (2021). Case study on implementation of lean manufacturing in a plant to improve productivity. *Materials Today: Proceedings*, 44(6), 3571-3576. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.834>
- [25] Makwana, M. S., & Patange, G. (2019). Strategic implementation effect on productivity and machinery efficiency using lean techniques. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(6), 929-947. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0080>
- [26] Suwarni. (2019). Pengaruh implementasi program 5S untuk meningkatkan produktivitas. *Jurnal Kajian Manajemen Bisnis*, 6(2), 123-132. <https://doi.org/10.24036/jkmb.10885100>
- [27] Quiroz-Flores, C., & Collao-Díaz, J. (2023). Application of methodologies to increase productivity in an agro-industrial company. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 29(3), 123-138. <https://doi.org/10.1108/jqme-08-2019-0085>
- [28] Jusoh, M. S., Ahmad, S., Yusuf, D. H. M., & Salleh, S. (2021). Productivity improvement in food manufacturing company: Process innovation using total productive maintenance. *Proceedings of 8th International Conference on Advanced Materials Engineering & Technology (ICAMET 2020)*. <https://doi.org/10.1063/5.0055890>
- [29] Triana, N. E., & Lesmana, S. A. (2023). Total Productive Maintenance (TPM) Implementation to Improve Machine Efficiency. *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology*, 9(7), 1-12. <https://doi.org/10.31695/ijerat.2023.9.7.1>
- [30] Reklau, M. (2017). *La Revolucion de la Productividad*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- [31] Pažek, K. (2021). *Lean Manufacturing*. BoD – Books on Demand