

Model based on lean manufacturing to increase productivity in the production area of an SME, Lima, 2024.

Piero Esteban Mariscal-Carbajal, estudiante de Ingeniería Empresarial¹, Jean Carlos Escurre-Lagos, Maestro en Educación¹,
¹Universidad Privada del Norte, Perú, n00166307@upn.pe, jean.escurre@upn.pe

This study used a pre-experimental design and a quantitative applied technique. The objective is to implement a model based on lean manufacturing to increase productivity in the production area of an SME. A non-probabilistic convenience sampling was used, and the population comprised the entire production process, serving as a sample the production process of the file cabinets. The data collection technique was observation, and the tools used were the observation sheet and check list. On the other hand, an inferential test of the data was carried out using the Shapiro Wilk and Wilcoxon tests by means of SPSS software. It was concluded that the implementation of a model based on lean manufacturing increases productivity in an SME, since it was demonstrated that its productivity increased from 41% to 61%.

Key words: *Productivity, production, lean manufacturing, 5s, poka yoke, tpm.*

Modelo basado en manufactura esbelta para el incremento de la productividad en el área de producción de una PYME, Lima, 2024

Piero Esteban Mariscal-Carbajal, estudiante de Ingeniería Empresarial¹, Jean Carlos Ecurra-Lagos, Maestro en Educación¹,
¹Universidad Privada del Norte, Perú, n00166307@upn.pe, jean.escurra@upn.pe

Este estudio utilizó un diseño preexperimental y una técnica cuantitativa aplicada. El objetivo es implementar un modelo basado en manufactura esbelta para el incremento de la productividad en el área de producción de una PYME. Se empleó un muestreo de conveniencia no probabilístico, y la población comprendía de todo el proceso de producción, sirviendo de muestra el proceso de producción de los archivadores. La técnica de recogida de datos fue la observación, y las herramientas empleadas fueron la ficha de observación y check list. Por otro lado, se realizó una prueba inferencial de los datos utilizando las pruebas de Shapiro Wilk y Wilcoxon mediante del software SPSS. Se concluyó, que la implementación de un modelo basado en manufactura esbelta incrementa la productividad en una PYME, ya que se demostró que su productividad incrementó de un 41% a un 61%.

Palabras claves: Productividad, producción, manufactura esbelta, 5s, poka yoke, tpm

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las empresas y el sector industrial deben dar prioridad a la optimización de los procesos y a la mejora continua. La puesta en práctica de planes de mejora que den lugar al cumplimiento de requisitos de alta calidad de servicio permite a una empresa mantener su operatividad y fiabilidad [1].

Las empresas cada vez más responden con rapidez a las demandas más exigentes del mercado, tanto a la cantidad como a la calidad de los bienes o servicios que producen [2]. Por tal razón, la aplicación de un plan de mejora continua genera impactos positivos en la calidad, la eficiencia y la rentabilidad de las empresas [3][4].

En el Perú, en el registro del Instituto Nacional de Estadística e Informática en el mes de diciembre del año 2023, la fabricación de muebles tuvo un crecimiento del 13,89% [5]. Por otro lado, a nivel local, según el Instituto Peruano de Economía Lima es la región más competitiva del país con un puntaje de 7.6 de una escala de 0 a 10[6]. Sin embargo, en el año 2023 se registró una variación anual del -0,55% con más influencia de baja en el sector manufacturero donde está incluido la fabricación de muebles [5]. Además, en ese mismo año, la producción nacional del sector manufacturero registró una disminución de 6,65% [5]. Por lo tanto, es necesario crear continuamente tácticas operativas que contribuyan a la reducción de costos y la eliminación de desperdicios para lograr la calidad del producto final, y esto se logra mediante la implementación de la manufactura esbelta [7].

En el presente trabajo, se plantea un método basado en la manufactura esbelta utilizando metodologías como las 5s, Poka Yoke y TPM [8][9][10]. Se sostiene que las técnicas de la manufactura esbelta se están utilizando en la optimización de las operaciones de forma que se puedan obtener tiempos de reacción más cortos, mejor calidad, costos más bajos, eliminación de cualquier actividad que no agregue valor al producto eliminando cualquier tipo de desperdicio [11].

Debido a que existen muchas deficiencias en el área de producción en la fábrica de muebles, Además, no existe un adecuado mantenimiento, ni limpieza de los subprocesos que intervienen en dicha área. Por tales razones, la presente investigación se focalizará en fusionar las metodologías mencionadas líneas arriba, para la mejora del área productiva y de esta forma cerrar la brecha existente en las deficiencias en el área de producción de las PYMES [12][13].

En este contexto, el presente artículo pretende proporcionar un marco integral y práctico que permita a las pequeñas y medianas empresas implementar la manufactura esbelta de manera efectiva en todos sus procesos operativos. Este enfoque no solo busca optimizar la eficiencia y reducir desperdicios, sino también desmitificar la percepción de que la implementación de manufactura esbelta es costosa y requiere una gran cantidad de recursos. Al contrario, se pretende mostrar cómo la adopción de principios esbeltos puede ser rentable y viable, ofreciendo herramientas y estrategias específicas que ayuden a las PYMES a mejorar sus procesos de manera continua, incrementando su productividad, fortaleciendo así su competitividad en el mercado y mejorando la satisfacción del cliente [14][15][16][17][18][19].

Definiendo la productividad, son los resultados que se obtienen de un sistema o proceso y se calcula como el cociente entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos [20].

Eficiencia: se define que es la proporción de recursos dedicados al resultado deseado [21].

Eficacia: se define como la medida en que se ejecutan las acciones preestablecidas y se obtienen los resultados previstos [21].

TABLA I
CALCULO

Descripción	Formula
Eficiencia	Insumos programados / Insumos utilizado
Eficacia	Productos logrados / Productos establecidos

Productividad	Eficiencia x Eficacia
---------------	-----------------------

Esta investigación tiene como finalidad aportar un método para la mejora del proceso de producción basado en manufactura esbelta en una empresa fabricante de muebles de melamina, tomando en cuenta los obstáculos [22]. Para que así se propongan soluciones renovadoras [23]. En ese marco, el problema principal de esta investigación se centra en hacer un modelo de mejora del proceso de producción basado en manufactura esbelta, buscando responder la siguiente interrogante: ¿En qué medida un modelo basado en manufactura esbelta contribuye en el incremento de la productividad en el área de producción de una PYME, Lima, 2024?

En tal sentido, la investigación considera como objetivo principal es implementar un modelo basado en manufactura esbelta para el incremento de la productividad en el área de producción de una PYME, Lima, 2024.

II. Método

El tipo de estudio según el propósito de esta investigación fue aplicada, ya que se enfoca en resolver problemas de producción que tienen deficiencias, mostrando un gran valor agregado por el uso de los conocimientos que derivan de la investigación y generando riqueza por la varianza y evolución en el sector productivo [24].

El nivel del presente estudio es explicativo, los estudios explicativos tratan de explicar las razones y circunstancias en las que se encuentran los acontecimientos y fenómenos que ocurren en el mundo físico o social [25].

Diseño de Investigación M: MB 1 Y MB 2 M: Empresa fabricante de mobiliarios de melamina. MB1: Productividad antes de la utilización del estímulo Y. Y: Estímulo – Modelo basado en ME MB2: Productividad luego de la utilización del estímulo Y.

La población es el conjunto de unidades de estudio, ya sean personas, objetos, grupos, entre otros, que presentan detalles relevantes para la investigación [25]. Como resultado, la población de este estudio es todo el proceso de producción de la PYME en Lima Metropolitana, 2024.

La muestra es una fracción representativa de la población objetivo, la cual encapsula características esenciales de dicho grupo, permitiendo la obtención de datos confiables [25]. En relación con la muestra de este estudio, es el proceso de producción de archivadores, siendo el tipo de muestra no probabilístico por conveniencia y la cual estará formada por todos los datos recogidos en los 25 días anteriores y posteriores a la implantación del proceso de fabricación.

Técnicas Observación directa: La observación directa implica la inmersión del investigador en el seno de un grupo social, la cual permite observar y registrar de manera detallada las dinámicas, comportamientos y características de un grupo, mientras recopila datos de diversos aspectos [25]. Para la presente investigación se usará esta modalidad en los procesos

para encontrar la estandarización, analizar posibles errores o secuencias repetitivas e innecesarias

TABLA II
TECNICAS E INSTRUMENTOS

Técnica	Instrumento	Objetivo
Observación	Ficha de observación	Medir la productividad antes y después
Observación	Ficha Check list	Diseñar y aplicar el modelo de manufactura esbelta

Análisis de Datos En la presente investigación se aplicará el análisis inferencial y descriptivo:

Descriptivo: Ambas variables son cuantificables en función de los factores investigados. Para permitir una mejor visualización y comprensión de los resultados del estudio, se utilizará Microsoft Excel para tabular los datos de la lista de control que se representarán gráficamente.

Inferencial: Se utilizó el programa SPSS para evaluar si los datos del estudio eran paramétricos, haciendo hincapié en la importancia de la normalidad de los datos mediante modelos matemáticos de la prueba Shapiro Wilk, para luego utilizar la prueba de Wilcoxon y evaluar la hipótesis con el fin de verificarla.

Capítulo 3. Resultados

3.1. Resultado objetivo 1: Diagnosticar la situación actual del proceso de producción de la empresa para la recolección del número de productos fabricados.

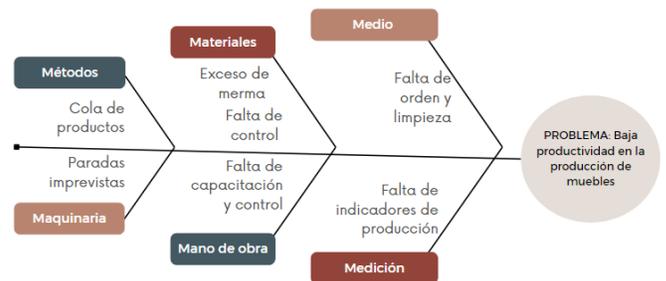


Fig 1: Diagrama ishikawa.

Nota: Elaboración propia

Tal como nos muestra la Figura 1 existen varios problemas en la baja productividad de la empresa los cuales se detallan continuación:

- **Método:** Durante el proceso de fabricación de muebles, se vio que la empresa carecía de procesos de trabajo y de conocimientos sobre los periodos de producción adecuados para una cantidad determinada. Además, el tiempo de ciclo era

elevado, ya que el trabajo se realizaba únicamente con experiencia.

- **Materiales:** Al momento de producir los muebles, generan en muchas ocasiones cortes mal hechos, generando un exceso de mermas, errores de procesamiento, pérdidas de tiempo y referente a temas monetarios, ocurren pérdidas económicas.

- **Medio:** Los trabajadores deben volver al mismo lugar para completar dos trabajos, lo que genera más tiempo de transporte y producción, las zonas de trabajo no están bien organizadas. También se ha identificado que los espacios de trabajo están desordenados e invadidos de equipos.

- **Mano de obra:** La producción no alcanza el nivel exigido debido a la falta de formación, el bajo rendimiento de la persona encargada de supervisar la producción y el incumplimiento de las directrices de producción.

- **Maquinaria:** las máquinas presentan fallas repentinas, debido a que no se tiene un control ni un plan de mantenimiento, esto genera una para en la producción y horas muertas en los operarios.

TABLA III
FRECUENCIA DE INCIDENCIAS

Incidencia Ordenada	Frecuencia	Participación Porcentua	Participación Porcentual Acumulada
Cola de productos	17	18%	17.7%
Paradas imprevistas	16	17%	34.4%
Falta de orden y limpieza	15	16%	50%
Exceso de merma	14	15%	64.6%
Errores de producción	14	15%	79.2%
Falta de control	11	11%	90.6%
Falta de Indicadores de Producción	9	9%	100%
Total # de Frecuencia	96		

De esta forma, en la figura 2 se muestran los problemas principales y más críticos, siendo 5 los cuales afectan su eficiencia y productividad: cola de productos, paradas imprevistas, falta de orden y limpieza, exceso de merma y errores de producción. Estos problemas generan retrasos, pérdidas y errores, se deben a causas como la planificación deficiente (cola de productos), el mantenimiento inadecuado (paradas imprevistas), la falta de cultura de orden (falta de orden y limpieza), errores humanos (errores de producción y exceso de merma). Abordar estos problemas de manera priorizada, tendrá un impacto positivo en la rentabilidad y el

crecimiento de la empresa.

DIAGRAMA DE PARETO



Fig 2: Diagrama de Pareto.

Nota: Elaboración propia

3.2. Resultado objetivo 2: Medir la productividad antes de la implementación del modelo.

Los datos fueron recogidos en 10 días distribuidos entre febrero y mayo del año 2024, donde solo se tomaron los días hábiles (lunes a viernes) ya que el sábado realizaban otras actividades como pulido de melamina o revisión del material que utilizaran en su producción. En el proceso de producción están involucrados 4 operarios donde en conjunto realizan una producción de 30 muebles al día, es cifra no es suficiente ya que la empresa realiza contracciones con el estado, es decir tienen solo un tiempo de máximo de 4 meses para entregar lo requerido, realizando el cálculo la empresa estima que se debe producir 45 muebles al día para cumplir en el tiempo solicitado.

TABLA IV
RECOLECCIÓN DE DATOS PRE-TEST

PERIODO PRE	% Eficiencia	% Eficacia	% Productividad
DÍA 1	67%	67%	45%
DÍA 2	67%	67%	45%
DÍA 3	45%	18%	8%
DÍA 4	66%	67%	44%
DÍA 5	66%	67%	44%
DÍA 6	66%	67%	44%
DÍA 7	66%	67%	44%
DÍA 8	65%	44%	29%
DÍA 9	66%	67%	44%
DÍA 10	66%	67%	44%
DÍA 11	67%	67%	45%
DÍA 12	67%	67%	45%
DÍA 13	67%	27%	18%

DÍA 14	66%	67%	44%
DÍA 15	66%	67%	44%
DÍA 16	66%	67%	44%
DÍA 17	66%	67%	44%
DÍA 18	66%	67%	44%
DÍA 19	66%	67%	44%
DÍA 20	66%	67%	44%
DÍA 21	66%	67%	44%
DÍA 22	66%	67%	44%
DÍA 23	66%	67%	44%
DÍA 24	66%	67%	44%
DÍA 25	66%	67%	44%
TOTAL	63%	60%	37%

En la tabla IV se observa a las personas involucradas que son los cuatro operarios, las unidades que producen durante un día. Asimismo, se visualiza que en los días 3, 8 y 13 de las 30 unidades que producen normalmente solo realizaron 8, 20 y 12 unidades respectivamente, debido a que durante el día la máquina cortadora tuvo problemas por la falta de mantenimiento. En cuestión a lo antes mencionado podemos observar que existe una eficiencia en los 25 días de evaluación del 63%, una eficacia del 60% y una productividad de solo el 37%.

3.3. Resultado objetivo 3: Diseñar un modelo basado en las metodologías Poka Yoke, 5s y TPM para el incremento de la productividad en el proceso de producción de una PYME [9]

Se entiende que las metodologías 5s, TPM y Poka Yoke muestran un grado de complejidad, al tener varios subprocesos y pasos a seguir para poder desarrollarla, sin embargo, en el presente trabajo se pretende mostrar a las empresas de cualquier rubro que, para utilizar la metodología, no se necesita grandes cantidades de tiempo, dinero, logística, derivados para su desarrollo o conocerlas a profundidad, basta con enfocarnos en la idea y filosofía que muestran los autores de cada metodología. Por ello, este trabajo se centrará en demostrar que sea fácil y sencillo poder utilizar estas metodologías en conjunto para lograr el objetivo de incrementar la productividad de un negocio; ya que los que manejan las pequeñas y medianas empresas suelen ser los mismos dueños; puesto que no contratan personal especializado para este tipo de problemas que presenta la empresa. Es por ello, que al momento de que se le propone la idea de mejorar sus procesos de producción, ellos lo

relacionan con una gran inversión y tiempo para que eso suceda. Por tales razones, este modelo se enfocará en usar las tres primeras S de la herramienta 5s, el TPM y Poka yoke tomando la filosofía que nos dan a conocer los autores para que se pueda implantar una idea al personal de la empresa, sin la necesidad de seguir todo el proceso engorroso, facilitando una correcta toma de decisiones y teniendo una capacidad resolutoria. Además de ello, la ejecución de estas herramientas de manufactura esbelta traerá consigo la reducción de la cadena de desperdicios, un sistema de producción más robusto y efectivo, el cual es detallado en la figura 3

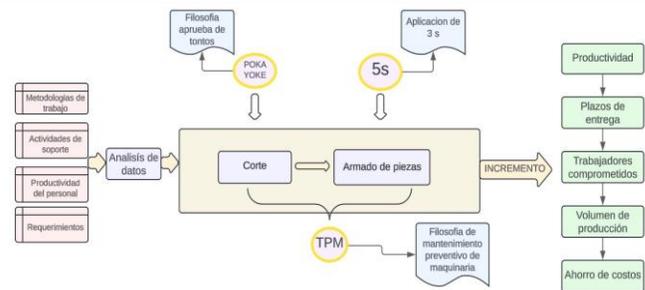


Fig 3: Diseño de modelo de Manufactura Esbelta. Nota: Elaboración propia

En la siguiente tabla V se presenta la distribución de herramientas de manufactura esbelta y las áreas en las cuales se aplicará

TABLA V
DISTRIBUCIÓN DE HERRAMIENTAS

Metodologías	Uso	Área
5 S	Se utilizará tres pilares para la clasificación, orden y limpieza	Todas las áreas
Poka Yoke	Se utiliza en el enfoque de alertas para la protección temprana de errores	Corte
TPM	Se utiliza para el desarrollo de una política de mantenimiento de maquinaria	Armado y corte

TABLA VI
PLAN DE DESARROLLO 3S

planificación de las actividades			
Paso	Actividad	Responsable	Horas
Clasificar (SEIRI)			

1	Clasificar los objetos que se necesitan y los que no	Todo el equipo	4
	Encontrar objetos superfluos en las regiones que necesitan mejoras.	Encargado de producción	2
	Llevar los objetos innecesarios a otro lugar para su recojo.	Operarios	2
	Examinar los resultados	Dueños	1
Ordenar (SEITON)			
2	Clasificar áreas	Todo el equipo	3
	Examinar los resultados	Dueños	1
Limpieza (SEISO)			
3	Determinar los lugares que necesitan limpieza.	Todo el equipo	2
	Generar una directriz detalladas de limpieza		1
	Ejecutar limpieza	Operarios	4
	Examinar los resultados	Dueños	1

Estas tarjetas tienen como objetivo determinar los materiales que se conservan, siendo categorizados por tipo de material, nombre, fecha de registro y donde fue ubicado, área a la que corresponde y su responsable.

N°		NECESARIO			
TARJETA VERDE					
NOMBRE DEL MATERIAL					
MATERIAL	Materia Prima	Prodc. En proceso			
	Accesorios	Prodc. Terminado			
	Equipos	Otros			
	Útiles				
ÁREA					
RESPONSABLE					
UBICACIÓN					
FECHA DE REGISTRO					

Fig 4: Tarjeta Verde.

Nota: Elaboración propia

N°		INNECESARIO			
TARJETA ROJA					
NOMBRE DEL MATERIAL					
MATERIAL	Materia Prima	Prodc. En proceso			
	Accesorios	Prodc. Terminado			
	Equipos	Otros			
	Útiles				
ÁREA					
RESPONSABLE					
UBICACIÓN					
FECHA DE REGISTRO					

Fig 5: Tarjeta Roja.

Nota: Elaboración propia

Iniciando la implementación, se aplicó la primera “S” que es Seiri, la cual significa “clasificar” con el fin de organizar la mercadería que se necesita y la que está para desechar.

Iniciando con esta implementación, en el área de corte se encontraron retazos de melamina de anteriores órdenes de compra, los cuales ya no son usados por el tema de que eran sobrantes y eran de medidas pequeñas, esto provoca el acúmulo de material innecesario dificultando tener el lugar ordenado.

Tarjeta roja y verde para la cual se iniciará implementando 2 tarjetas de color verde y rojo como se muestran en la Figura 4 y 5 respectivamente, de las cuales cumplirán la función de clasificar los materiales necesarios e innecesarios. En la tarjeta verde llenará información del material encontrado que sí sea necesario y esté en buenas condiciones, del mismo modo la tarjeta roja tendrá los datos de material que es innecesario, ya sea por estar en malas condiciones, piezas muy pequeñas, etc.

Después de ello, se elaboró un consolidado de todas las tarjetas rellenas como se puede observar en la Figura 6, en cual es categorizado por material nombre, código y tipo de clasificación.

CONSOLIDADO DE TARJETAS							
N°	MATERIAL			NOMBRE	COD	CLASIFICACIÓN	MARCAR
1	Materia prima	Equipo				NECESARIO	
	Accesorios	Otros (a)				INNECESARIO	
2	Materia prima	Equipo				NECESARIO	
	Accesorios	Otros (a)				INNECESARIO	
3	Materia prima	Equipo				NECESARIO	
	Accesorios	Otros (a)				INNECESARIO	
4	Materia prima	Equipo				NECESARIO	
	Accesorios	Otros (a)				INNECESARIO	
5	Materia prima	Equipo				NECESARIO	
	Accesorios	Otros (a)				INNECESARIO	
6	Materia prima	Equipo				NECESARIO	
	Accesorios	Otros (a)				INNECESARIO	
N° TOTAL DE PRODUCTOS NECESARIOS							
N° TOTAL DE PRODUCTOS INNECESARIOS							

Fig 6: Consolidado de tarjetas.

Nota: Elaboración propia

Después de la identificación de materiales según las tarjetas, se procede llevar la información al consolidado. Esta data ayuda a analizar en conjunto las causas del desecho de material innecesario y prever a futuro, logrando así depurar el 67% de objetos innecesarios.

La otra S por emplear es la Seiton la cual significa orden lo cual se resume como “un lugar para cada actividad”. Utilizando señales como etiquetas, letreros, o utilizando muebles modulares, estantes, etc. El ordenar de esta manera otorga beneficios tanto para el trabajador como para la empresa. Por ello, la figura 7 muestra la planta inicial antes de la implementación de Seiton



Fig 7: Planta inicial de la empresa.
Nota: Elaboración propia

En este caso, la empresa presenta dificultad en cuanto al orden de sus áreas. Los trabajadores arman los escritorios en la misma área de corte de planchas de melamina, poniendo en riesgo cualquier tipo de accidente o impidiendo al resto de personal avanzar con los demás cortes, ya que las planchas de melamina tienen un formato de 2.44m x 2.15m, por lo que es necesario que sea cargada entre dos personas provocando un retraso al no tener un espacio adecuado y suficiente para que los colaboradores puedan desempeñar su función.

Tras la implementación de esta S, se logró el nuevo diseño de la planta, buscando como resultado aumentar la eficacia y optimizar los procedimientos, la cual se aprecia en la figura 8. Para reducir los desplazamientos, fomentar el trabajo en equipo y eliminar los cuellos de botella, se han trasladado cuidadosamente las zonas de trabajo. Para mejorar la accesibilidad y aprovechar al máximo el espacio disponible, se ha ajustado la distribución del espacio. Por último, se ha impartido formación a los funcionarios sobre cómo utilizar las nuevas tecnologías y adaptarse a los nuevos procedimientos



Fig 8: Planta actual de la empresa.
Nota: Elaboración propia

La última “S” a aplicar en el proceso de producción de muebles es la Seiso la cual significa limpiar el área de trabajo, incluyendo máquinas y herramientas, lo mismo que pisos, paredes y otras áreas de trabajo. También se le considera como una actividad fundamental a los efectos de verificar. Los operarios hallarán muchos errores y deficiencias operativas al limpiar las máquinas, por lo que el mantenimiento es esencial para el incremento de la vida útil de la maquinaria y los equipos de trabajo. Para la implementación de Seiso se incluyeron a los operarios de todas las áreas, iniciando con la identificación de problemas de limpieza como la máquinas que están cubiertas totalmente de polvo así como los pisos, donde los accesorios pequeños como tornillos, tapa tornillo, chapas de seguridad ya que al no ser visibles se pierden, por más minúsculos que sean estos accesorios, son pérdidas monetarias para la empresa; ya que si se prepara un pedido por volumen es allí donde se refleja este detrimento.

Por esta razón, se dispone de un resguardo regulable para el disco de corte y el incisor para garantizar la protección en la parte de la disco situada por encima de la mesa, el cual tiene las siguientes características:

- Para las sierras circulares con un diámetro de disco de 250 a 350 mm, se utiliza un protector para cubrir la hoja.
- Consiste en una cuchilla de 2,8 mm de grosor que se coloca entre los cortes realizados para impedir que la sierra se cierre.
- Para evitar que la sierra entre en contacto accidentalmente con el tablero de protección, la cubierta de la sierra está fabricada con tablero de 2 mm y que tiene listones de madera en su interior.
- Para evitar acercarse demasiado la mano a la hoja de sierra circular, el protector tiene un asa para empujar los listones y una salida de aspiración de 60 mm de diámetro.

En la figura 29 se podrá observar la maquinaria ya con los accesorios para evitar

3.3.2. Implementación del Poka Yoke

La implementación de esta herramienta inicia identificando que las 2 máquinas escuadradoras tal como muestra no tiene el seguro en el disco incisor y de corte, el cual viene a ser la cuchilla que gira en sentido opuesto, siendo el que marca el

material antes de ser cortado sirviendo como guía para el corte principal
 Todas estas verificaciones son plasmadas en el flujograma representado por la figura 9, para que el personal lo realice de manera continua.

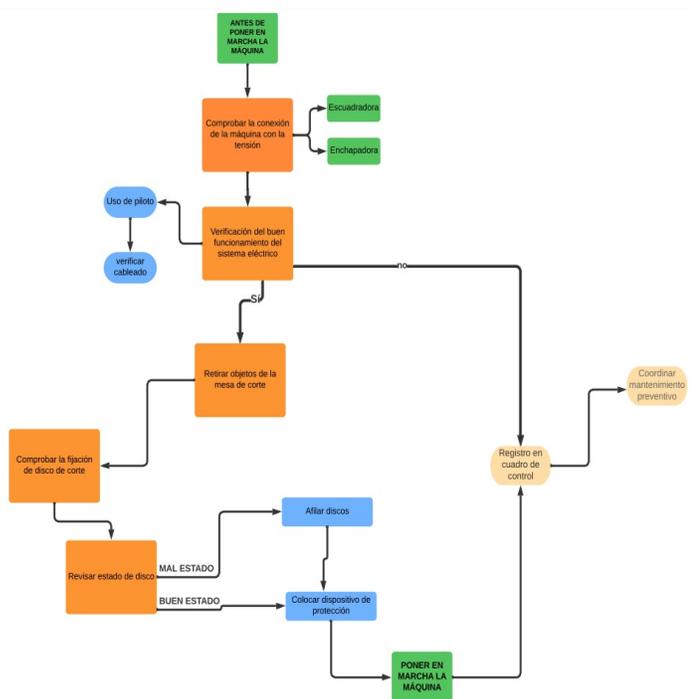


Fig 9: Flujograma para verificación.
 Nota: Elaboración propia

3.3.3. Desarrollo de la herramienta TPM

La implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total) en la empresa, se enfocará en el mantenimiento y funcionamiento óptimo de las máquinas industriales como lo son la enchapadora y escuadradora, con el fin de reducir pérdidas en las averías, tiempos y materia prima.

La máquina canteadora es un cortador resistente que se utiliza en combinación con cabezales industriales para aplicar el tapacanto a los bordes del tablero de melamina dando un acabado limpio y estético al mueble.

La máquina escuadradora es la principal herramienta, sirve para cortar melamina y optimizar las piezas que se usarán para el ensamblaje del mueble, cumpliendo una función importante junto a la enchapadora. Realiza cortes rectos, cuadrados y sin astillas en las planchas de melamina, proporcionan ahorro de costos y se reutilizan piezas de proyectos anteriores, reduciendo los costos de producción siempre en cuando la máquina se encuentre en buenas condiciones.

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) fue aplicado por fases:

ase 1: Limpieza inicial En esta fase se limpian las máquinas del polvo y suciedad, con el fin de dejar sus partes visibles. Además, se ajustaron todos los componentes y reparando los defectos conocidos.

Fase 2: Medidas para hallar las causas de fallas y suciedad Tras la aplicación del cronograma de limpieza, evitando así la

acumulación de residuos que puedan ingresar a la máquina provocando su deterioro.
 Fase 3: Flujograma para Mantenimiento Preventivo En esta fase se establece un flujograma de mantenimiento preventivo periódico de las máquinas realizado por el personal, representado en la figura 10.

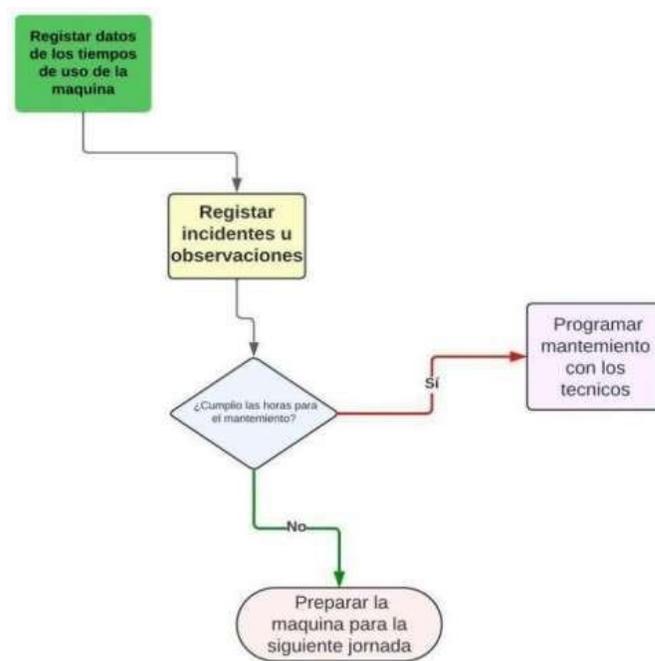


Fig 10: Flujograma de mantenimiento.
 Nota: Elaboración propia

Dando fin a la implementación del TPM, se añade una Guía de incidentes como control mensual de la máquina. Aquí se pudo aplicar una política de prevención de las maquinarias, ya que las máquinas necesitan un mantenimiento (engrasado, aceites y eléctrico) cada 200 horas de uso para que lleven un funcionamiento continuo, debido a esto se creó un cuadro de control para el registro del tiempo que se usó la maquinaria, así mismo realizar un pequeño check list para saber si hubo un correcto uso y esto no perjudique en las horas de control. En la figura 12 se podrá observar dicho cuadro

3.4. Resultado del objetivo 4: Medir la productividad después de la implementación del modelo.

Finalmente, después de haber analizado el problema de la empresa e implementado el modelo de manufacturas, se procedió a evaluar los resultados durante un periodo de 10 días, que se ejecutó desde el 29 de abril hasta el día 10 de mayo. En la figura 13, se presenta los datos recogidos post - test:

TABLA VII
RECOLECCIÓN DE DATOS - POST TEST

PERIODO POST	% % Eficiencia	% % Eficacia	% % Productividad
DÍA 1	78%	78%	60%
DÍA 2	78%	78%	61%
DÍA 3	78%	78%	60%
DÍA 4	78%	78%	61%
DÍA 5	78%	78%	61%
DÍA 6	78%	78%	61%
DÍA 7	78%	78%	61%
DÍA 8	78%	78%	61%
DÍA 9	80%	80%	64%
DÍA 10	80%	80%	64%
DÍA 11	80%	80%	64%
DÍA 12	80%	80%	64%
DÍA 13	80%	80%	64%
DÍA 14	80%	80%	64%
DÍA 15	80%	80%	64%
DÍA 16	80%	80%	64%
DÍA 17	80%	80%	64%
DÍA 18	80%	80%	64%
DÍA 19	80%	80%	64%
DÍA 20	80%	80%	64%
DÍA 21	80%	80%	64%
DÍA 22	80%	80%	64%
DÍA 23	80%	80%	64%
DÍA 24	80%	80%	64%
DÍA 25	80%	80%	64%
TOTAL	78%	78%	61%

Se observa que después de la implementación la producción diaria pasó de 30 und al día a 35 und por día, incluso posterior al día 9 los operarios realizaron 36 und en la misma jornada, es decir el mismo tiempo, esto nos muestra que tuvieron una eficiencia de total de 78 %, una eficacia de 78% y finalmente una productividad de 61% [11].

3.5. Resultado objetivo general: Implementar el modelo de manufactura esbelta. Prueba de Normalidad para la hipótesis general

Prueba de hipótesis para la implementación de un modelo basado en manufactura esbelta obtendrá un incremento de la productividad en el proceso de producción de una PYME. Debido a que hay menos de 50 datos en la muestra, se empleó la prueba de ShapiroWilk. Se trabajó con un error del 5% ($\alpha=0,05$), por lo que el error del trabajo no debe ser superior a la cantidad sugerida, y debe tener un nivel de confianza del 95% ($1- \alpha=0,0095$). Planteamiento de la hipótesis hipótesis alterna (H_0): La muestra sigue una distribución normal. $X = N(\mu, \sigma^2)$ hipótesis nula (H_1): La muestra no sigue una distribución normal. $X \neq N(\mu, \sigma^2)$ Reglas de la decisión para la prueba debemos tener en consideración lo siguiente: 1. Si el «valor P» es $< 0,05$; se acepta la hipótesis alternativa propuesta por el investigador y se rechaza la hipótesis nula. 2. Se rechaza la hipótesis alternativa del investigador y se acepta la hipótesis nula si el «valor P» es superior a 0,05. Se refuta la teoría alternativa del investigador.

En vista que el P-valor obtenido ($P=0.001 \leq \alpha = 0.05$), podemos afirmar que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa. El resultado confirma que los datos no siguen una distribución normal. Contratación de la hipótesis general debido a que los datos no siguen una distribución normal, se empleó la prueba de Wilcoxon. Se trabajó con un error del 5% ($\alpha=0,05$), por lo que el error del trabajo no debe ser

TABLA VIII
RESUMEN DE PROCESAMIENTO DE CASOS

Casos						
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
ANTES	25	100.0%	0	0.0%	25	100.0%
DESPUES	25	100.0%	0	0.0%	25	100.0%

TABLA IX
PRUEBAS DE NORMALIDAD

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Antes	.427	25	<.001
Después	.640	25	<.001

Interpretación En vista que el P-valor obtenido ($P=0.001 \leq \alpha = 0.05$), podemos afirmar que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa. El resultado confirma que los datos no siguen una distribución normal. Contrastación de la hipótesis general debido a que los datos no siguen una distribución normal, se empleó la prueba de Wilcoxon. Se trabajó con un error del 5% ($\alpha=0,05$), por lo que el error del trabajo no debe ser superior a la cantidad sugerida, y debe tener un nivel de confianza del 95% ($1-\alpha=0,0095$). Planteamiento de hipótesis hipótesis alterna (H_a): La implementación de un modelo basado en manufactura esbelta obtendrá un incremento de la productividad en el proceso de producción de una PYME. Hipótesis nula (H_0): La implementación de un modelo basado en manufactura esbelta no obtendrá un incremento de la productividad en el proceso de producción de una PYME. Reglas de la decisión Para la prueba debemos tener en consideración lo siguiente: 3. Si el «valor P» es $< 0,05$; se acepta la hipótesis alternativa propuesta por el investigador y se rechaza la hipótesis nula. 4. Se rechaza la hipótesis alternativa del investigador y se acepta la hipótesis nula si el «valor P» es superior a $0,05$. Se refuta la teoría alternativa del investigador.

TABLA X
PRUEBA DE RANGOS CON SIGNO DE WILCOXON

		N	Rango promedio	Suma de rangos
		Después – Antes	Rangos negativos	0 ^a
Rangos positivos	25 ^b		13.00	325.00
Empates	0 ^c			
Total			25	

TABLA XI
ESTADÍSTICOS DE PRUEBA^A

	Después – Antes
Z	-4.373 ^b
Sig. asin (bilateral)	<.001

Interpretación En vista que el P-valor obtenido ($P=0.004 \leq \alpha = 0.05$), podemos afirmar que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa. El resultado confirma que la implementación de un modelo basado en manufactura esbelta obtendrá un incremento de la productividad en el proceso de producción de una PYME.

IV Conclusión

En conclusión, el análisis de la situación antes de la implementación de una PYME contribuye en todo aspecto de esta ya que permite evaluar cómo se está desarrollando, qué problemas se tiene en torno al objeto de estudio y a nivel general, es decir se encontraron problemas en producción y en las otras áreas de la empresa.

También, con la medición de la productividad pudimos detectar que tan productiva era la empresa, teniendo como resultado inicial una eficiencia del 66%, una eficacia del 63% y una efectividad del 41%, mostrándonos un bajo nivel de productividad.

Asimismo, el diseño de un modelo de manufactura esbelta, detallando la facilidad del uso de este, los pasos que se desdén efectuar y la poca complejidad para su implementación contribuye enormemente a la organización y optimización de los procesos de producción.

Adicionalmente, la medición de la productividad después de la implementación del modelo nos muestra un panorama general sobre el incremento que se tuvo a nivel de eficiencia, eficacia y efectividad.

Finalmente, que la implementación de un modelo basado en manufactura esbelta incrementa la productividad en una PYME, ya que se demostró que su eficacia pase de 66% a 78%, su eficacia pase de 63% a 78% y finalmente su productividad pase de un 41% a un 61%. Estos resultados tangibles muestran el impacto positivo y cuantificable que la implementación de manufactura esbelta tiene en la productividad de las pequeñas y medianas empresas.

REFERENCIAS

- [1] Soñett, J. y Díaz, C. (2023). Sistema productivo industrial utilizando modelos de manufactura esbelta. *Revista Venezolana De Gerencia*, 28(9), 718-730. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.e9.44>.
- [2] Tamayo, A. y Urquiola, I. (2014). Concepción de un procedimiento para la planificación y control de la producción haciendo uso de herramientas matemáticas. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 18, 130-145. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4908520>

- [3] Lay, R., Acevedo, A. y Acevedo, J. (2022). Guía para la aplicación de una estrategia de mejora continua. *Ingeniería Industrial*, 43(3), 1–16. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9472277>.
- [4] Sajan, M., Shalij, P., Ramesh, A., & Augustine, B. (2017). Lean manufacturing practices in Indian manufacturing SMEs and their effect on sustainability performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(6), 772–793. <https://doi.org/10.1108/jmtm-12-2016-0188>
- [5] Instituto Nacional de Estadística e Informática (2024, febrero). Producción Nacional diciembre 2023 (Informe técnico N°4). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5863501/5196026-informe-tecnico-produccion-nacional-n-2-febrero-2024.pdf?v=1708010210>
- [6] Instituto Peruano de Economía (2023, julio). Índice de Competitividad Regional 2023. https://incoreperu.pe/portal/images/financepress/ediciones/INCORE_2023.pdf
- [7] Vilana, J. (2015) Fundamentos del Lean Manufacturing. https://www.eoi.es/sites/default/files/savia/documents/eoi_mbapt_lean_manufacturing.pdf
- [8] Kumar, R., Chauhan, P., Kumar Dwivedi, R., Pratap, A. & Prasad, J. (2022). Design and development of ball dispenser Machine through lean manufacturing tool Poka-Yoke technique in automobile industries. *Materials Today: Proceedings*, 62(12), 6530–6533. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.335>
- [9] Tapia, J., Escobedo, T., Barrón, E., Martínez, G., y Estebané, V. (2017). Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria. *Ciencia & Trabajo*, 19(60), 171–178. <https://doi.org/10.4067/s0718-24492017000300171>
- [10] Vinodh, S. & Joy, D. (2012). Structural equation modelling of lean manufacturing practices. *International Journal of Production Research*, 50(6), 1598–1607. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.560203>
- [11] Arrieta, J., Muñoz, J., Salcedo, A., y Sossa, S. (2011). Aplicación Lean Manufacturing En La Industria Colombiana. Revisión de literatura en tesis y proyectos de grado. *Revista Virtual Pro*, 1–11. <http://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/aplicacion-lean-manufacturing-en-la-industria-colombiana-revision-de-la-literatura-en-tesis-y-proyectos-de-grado>.
- [12] Ludeña, B., Paulino, G. & Altamirano, E. (2024) Design of a Lean Manufacturing model to reduce order delivery in a Textile Mype. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*. 1-10. <http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.93>
- [13] Caldera, H., Desha, C., & Dawes, L. (2019). Evaluating the enablers and barriers for successful implementation of sustainable business practice in ‘lean’ SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 218, 575–590. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.239>.
- [14] Shah, R. & Ward, P.(2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129–149. [https://doi.org/10.1016/s0272-6963\(02\)00108-0](https://doi.org/10.1016/s0272-6963(02)00108-0)
- [15] Burdo, G. B., & Bolotov, A. N. (2024). Lean manufacturing and quality management: Ways to improve efficiency. *BIO web of conferences*, 116, 07016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411607016>
Modelo de gestión de la producción basado en herramientas Lean Manufacturing y BPM para aumentar la rentabilidad en las pymes del Sector del Plástico | Publicación de la Conferencia IEEE | IEEE Xplore
- [16] Zanin, A., Kamimura, E., Pinto, A., Hermosilla, J., & Junior, F.(2023). Diretrizes para a implantação da produção enxuta em micro e pequenas empresas: um estudo no segmento industrial têxtil da região de barretos-SP. *Revista brasileira de gestão e desenvolvimento regional*, 19(2) 99–119. <https://doi.org/10.54399/rbgdr.v19i2.6439>
- [17] Realyvásquez, A., Arredondo, K., Carrillo, T., & Ravelo, G. (2018). Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle to reduce the defects in the manufacturing industry. A case study. *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*, 8(11), 2181. <https://doi.org/10.3390/app8112181>
- [18] Sánchez, M., Hernández, J., Molina, H. y María, G. (2020). Colaboradores satisfechos - productividad empresarial. *Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula*, 7(14), 4-9. <https://doi.org/10.29057/esat.v7i14.6034>
- [19] Mayorga, C., Ruiz, M. y Mantilla, L. (2015). Procesos de producción y productividad en la industria de calzado ecuatoriana. *ECA Sinergia*, 6(2), 88-100. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6197632>
- [20] Gutiérrez, A. (2010). Calidad total y productividad. (3a. edición). McGraw Hill. <https://iestpcabana.edu.pe/wp-content/uploads/2021/11/CALIDAD-YPRODUCTIVIDAD.pdf>
- [21] Salonitis, K., & Tsinopoulos, C. (2016). Drivers and barriers of lean implementation in the Greek manufacturing sector. *Procedia CIRP*, 57, 189–194. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.033>
- [22] Zainal Abidin, M. H., Leman, Z., Mohd Yusof, Z. A., & Ismail, M. Y. (2022). Scrutinizing the impact of essential lean methods on Sustainable Performance in Malaysian manufacturing firms. *Jurnal teknologi*, 84(5), 11–25. <https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v84.18413>
- [23] Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica*, 3(1), 47-50. <https://cienciameerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/30>
- [24] Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, L. (2010). Metodología de la Investigación. (5a. ed.). McGraw Hill. <https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-investigaci%C3%83%C2%B3n-Sampieri.pdf>
- [25] Naupas, H., Valdivia, M., Palacios, J. y Romero, H. (2018). Metodología de la investigación: cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis (5a. ed.). Ediciones de la U. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf