

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Propuesta de aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para  
mejorar la productividad de una empresa fabricante de sillas**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**Kristhie Yelitsa Ramos Jaime**

**ASESOR**

**Santos Confesor Gabriel Blas**

<https://orcid.org/0000-0003-0306-108X>

**Chiclayo, 2023**

# Propuesta de aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de una empresa fabricante de sillas

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="https://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

## Índice

Resumen.....	4
Abstract.....	4
Introducción.....	5
Revisión de literatura.....	6
Materiales y métodos.....	11
Resultados y discusión.....	11
Conclusión y recomendaciones.....	24

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo principal proponer la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en una empresa dedicada a la fabricación de sillas de madera para incrementar la productividad. Se comenzó realizando el diagnóstico de la empresa, para ello guiándose del diagrama de análisis de procesos se realizó una simulación en el programa de ProModel con el fin de conocer indicadores como producción actual de la empresa que es de 6 sillas al día, una eficiencia de 17.65% y la productividad de mano de obra que fue de 0.86 sillas por operario al día; para ello se requirió de los tiempos de producción, tiempos de traslado entre áreas, entre otros, los cuales no fueron lo suficiente para atender la demanda. Por lo tanto, se planteó incrementar la productividad aplicando las herramientas Lean Manufacturing específicamente la herramienta Kanban, que consistió en incrementar la eficiencia, gestionar correctamente los tiempos y una mejora de las actividades que se realizan en la empresa. Los nuevos indicadores obtenidos fueron de 24 sillas/día, lo que evidencia una mejora destacable, una eficiencia del 39.06% y una productividad de mano de obra de 3.125 sillas por operario. Logrando obtener con la propuesta un beneficio/costo de 1.34.

**Palabras claves:** Simulación, Lean Manufacturing, Productividad, sillas

## Abstract

The main objective of this research is to propose the application of Lean Manufacturing tools in a company dedicated to the manufacture of wooden chairs to increase productivity. The diagnosis of the company began, for this, guided by the process analysis diagram, a simulation was carried out in the ProModel program in order to know indicators such as the current production of the company, which is 6 chairs per day, an efficiency of 17.65% and labor productivity that was 0.86 chairs per operator per day; For this, production times, transfer times between areas, among others, were required, which were not enough to meet the demand. Therefore, it was proposed to increase productivity by applying Lean Manufacturing tools, specifically the Kanban tool, which consisted of increasing efficiency, correctly managing time and improving the activities carried out in the company. The new indicators obtained were 25 chairs/day, which shows a remarkable improvement, an efficiency of 39.06% and a labor productivity of 3.125 chairs per operator. Managing to obtain with the proposal a benefit / cost of 1.34.

**Keywords:** Simulation, Lean Manufacturing, Productivity, chairs

## Introducción

A pesar de la llegada de la Covid 19, el sector de muebles sigue teniendo niveles de producción cercanos a su capacidad máxima. El 9 de marzo del 2023 en el Congreso Profesional de Conservación y Tratamiento de la Madera, Expocida Madera 2023, llevado a cabo en Bilbao, se indicó que este material es el idóneo para la construcción sostenible frente a la amenaza del cambio climático [1]. El consumo de madera en el mundo destaca principalmente en países como: Estados Unidos con un 19%, China con 12%, Rusia con 9%, Brasil un 7% y otros que suman un 53% [2]. Para poder abastecer la demanda de un mercado es importante que exista una relación entre los bienes y recursos. Y aumentar la productividad en una empresa dependerá de factores tales como: procesos de gestión y mejora continua; identificación de cuellos de botellas, interrupciones, malas prácticas; por último, de sistemas que facilite obtener datos objetivos y automatizados con el fin de representar como se distribuyen los tiempos en cada tarea.

En febrero del 2022, el sector manufacturero registró un crecimiento del 2,95%, destacando el subsector de bienes intermedios con un 6,66% gracias a las ramas de fabricación de productos metálicos, fabricación de papel y cartón, aserrado y acepilladura de madera con un 12,46% según lo señalado por el INEI [3]. Para marzo del 2023, el ministerio de producción detalla el desempeño que tuvo el sector manufacturero en el país, a rasgos generales el sector presentó una disminución del 0,3% con respecto al año 2022 que se encuentra relacionado a la menor actividad del subsector de manufactura no primaria y del incremento de la demanda interna. Sin embargo, los bienes intermedios perteneciente al subsector antes mencionado, registró que la producción de aserrado y acepilladura de madera tuvo un crecimiento del 21,5% que permitió atenuar parcialmente lo ocurrido [4].

En la región Lambayeque se cuenta con una variedad de empresas que se dedican a fabricar sillas de madera que presentan deficiencias en sus procesos que resultan en una baja productividad. En la presente investigación se realizará un estudio en una empresa dedicada a la fabricación de sillas. En dicha empresa se tiene una baja productividad debido al cuello de botella que resulta por la falta de estandarización de tiempos, actividades innecesarias por el desorden en las áreas de proceso, tiempo ocioso, asimismo, la empresa solo llega a producir al día 6 sillas con 7 operarios, es decir, se tiene una productividad de mano de obra de 0.83 sillas por operario. Además, del total de madera que ingresa al sistema, no toda logra procesarse por lo que se obtiene una producción baja de sillas, representando un 17,6% de eficiencia física. Para la fabricación de sillas de madera

se requiere de 5 áreas o etapas específicas: un almacén de materia prima, área de corte, área de ensamble, área de pulido, inspección y el área de barnizado.

Debido a lo expuesto anteriormente se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuál es el impacto en la productividad al aplicar las herramientas de Lean Manufacturing en una empresa dedicada a la fabricación de sillas de madera? Para ello se tiene como objetivo principal proponer la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en una empresa dedicada a la fabricación de sillas de madera para incrementar la productividad. Con lo que respecta a los objetivos específicos se tienen los siguientes: realizar un diagnóstico del sistema productivo de la empresa, elaborar la propuesta de aplicación de herramientas de Lean Manufacturing mediante la simulación de ProModel, y por último determinar el beneficio/costo de la propuesta.

Desde el punto de vista económico la investigación es importante porque se tiene como fin incrementar la productividad de la empresa y con ello incrementar la producción de sillas al día que se resume en mayor cantidad de ingresos económicos para la empresa, teniendo un buen manejo de los recursos a fin de reducir las mermas en el proceso productivo, donde el principal beneficiado es el dueño y los trabajadores, así como también los proveedores quienes pueden ofrecer mayor cantidad de materia prima a la empresa; los clientes también serían favorecidos porque se lograría cumplir con la demanda que tiene el mercado y así satisfacer al cliente. Por último, la investigación se realiza con el fin de aportar conocimiento del subsector de manufactura de intermedios en materia a las mejoras que se pueden implementar que beneficien progresivamente a la empresa.

### **Revisión de literatura**

#### **Antecedentes**

Aguilar Silva [5] en su investigación tuvo como objetivo principal aplicar la metodología Six Sigma con el fin de incrementar la productividad en el área de producción, se enfocó en abarcar las causas que afectan a la productividad. Para ello la metodología que empleó presentó un diseño experimental mediante la recolección de datos haciendo uso de técnicas e instrumentos que le permitió realizar un análisis con el uso de los programas Excel y ProModel V7. Luego, planteó el diseño propuesto y plantear mejoras en el proceso. Teniendo como resultado una comparación de los indicadores antes y después de haber implementado de la propuesta: productividad en un 95,59%, eficiencia en 96,15% y la eficacia en 99,41%. En conclusión, la metodología Six Sigma permitió incrementar la productividad y la disminución de defectos.

Asimismo, Iwaki Cárdenas [6] tuvo como objetivo desarrollar una propuesta de mejora de procesos productivos para incrementar la eficiencia de los procesos de la etapa de producción. El

método empleado consistió en la revisión de fuentes información, diagnóstico situacional de la empresa donde se analizó las causas de la baja eficiencia del proceso productivo, tomando en cuenta el cuello de botella y estudio de la capacidad del proceso, por último, la implementación y validación de la propuesta para el cual se empleó el software Arena. Teniendo como resultado una mejora sustancial de los desniveles de las capacidades en cada proceso, pasando de producir 224 unidades diarias a 925 unidades por día.

Santillán Diaz [7] en su investigación incrementó la eficiencia en un proceso de fabricación, teniendo como método el comenzar con el diagnóstico de la situación actual de la empresa, detallando cada uno de los procesos, haciendo hincapié en las causas mediante el uso de las herramientas 5S, árbol causa efecto, dimensiones, etc., para así finalmente poder poner en práctica la propuesta la cual fue validada con el Software de Arena que le facilitó realizar una comparación de antes y después de la propuesta. Como resultado se obtuvo que los productos conformes pasaron de 178 a 186, y con respecto al tiempo este disminuyó de 10,23 horas con reprocesos a 5,61 horas. En conclusión, las herramientas de Lean Manufacturing permitió mejorar el nivel de servicio a un 94,25%, teniendo viabilidad económica con una tasa de retorno del 20,49%.

Por otro lado, Cabrejo y Juárez [8] plantearon como objetivo realizar una propuesta de mejora en el sistema productivo para aumentar la productividad en una empresa de muebles de madera empleando las herramientas de Lean Manufacturing. Para ello su investigación comienza con el diagnóstico de la empresa que le permitió identificar el problema y analizar las causas, para así seguidamente considerar las herramientas a utilizar en el trabajo. Luego, se diseñó y planteó la propuesta, con ayuda del software de Arena se pudo evidenciar cada uno de los procesos importantes que permitió obtener resultados lo más cercanos a la realidad. Teniendo como resultados un incremento en la productividad, la cual pasó de 15% a 42% pasado un año de implementada las herramientas, asimismo, los tiempos en las áreas como: corte, pintado y armado se evidenció una disminución de tiempos gracias a la 5S. En conclusión, las diferentes herramientas de Lean Manufacturing permiten directamente aumentar la productividad mediante la eliminación de cuellos de botellas o tiempos ociosos.

Rojas y Gisbert [9] en su artículo tuvieron objetivo dar a conocer la relación e importancia que tiene las herramientas de Lean Manufacturing para incrementar la productividad en las empresas. Para ello detalla una lista de herramientas que pueden ser empleadas en Lean Manufacturing, haciendo mención también de los beneficios de cada una, para luego mostrar una tabla de resultados de un estudio que fue realizado entre 300 empresas norteamericanas. Mostrando

como resultado una mejora que oscila entre el 20% y 50% en diferentes ítems como: costes de producción, área utilizada costes de compra, etc. En conclusión, esta herramienta implica un cambio en la empresa con el fin de buscar mejores resultados, ofreciéndole a la empresa un incremento en su productividad.

Vargas, et al [10] analizaron el impacto de las herramientas de Lean Manufacturing con respecto a la mejora continua y optimización en el proceso productivo. La metodología de investigación utilizada fue mediante revisión literaria, análisis documental y por último recolectó datos con el fin de que pueda implementar las herramientas de Lean Manufacturing en las empresas. Como resultados disminuyó los costos de producción, tiempos de entrega y costos de compra del 20% al 50%. En conclusión, la investigación mencionada respalda que las herramientas de Lean Manufacturing permitieron conseguir datos confiables que faciliten mejorar el sistema de producción.

Palma [11] en su investigación en una empresa dedicada a la fabricación de muebles buscó mejorar la productividad mediante la aplicación de Lean Manufacturing. La investigación es explicativa puesto que se busca conocer las causas del problema, con un diseño cuasiexperimental y un enfoque cuantitativo, para ello planteó implementar la herramienta 5S en el área de almacén y de corte. Teniendo como resultado una disminución en el tiempo promedio que se utiliza para entregar la melamina en el almacén pasó a ser de 148,60seg a 65,88seg. Con respecto al área de corte, el tiempo promedio de entrega disminuyó de 1478,08seg a 871,84seg, donde la productividad incrementó en un 58,59%. En conclusión, logró incrementar la productividad debido a la disminución de los tiempos de entrega para ambas áreas, utilizando solo aquellos recursos indispensables.

Haro [12] en su trabajo planteó como objetivo mejorar la productividad en una fábrica de sillas mediante la aplicación de la teoría de restricciones. Hizo uso de la metodología de valor agregado, que le permitió diagnosticar la empresa, y observar que los tiempos de espera para el enfriamiento era la principal restricción del proceso. Para ello aplicó una estandarización de tiempos e implementó un diseño para un ventilador axial. Teniendo como resultado, una reducción del tiempo de espera en 32%, aumento en el índice de la producción a un 35,44%, ello a su vez les permitió tener una capacidad máxima de 215 sillas al mes. En conclusión, dicha investigación detalla como la teoría de restricción contribuye en incrementar la productividad de la empresa mediante una estandarización de los tiempos.

Chumbille [13] planteó como objetivo en su investigación determinar en qué medida la el uso de las herramientas de Lean Manufacturing permitirá incrementar la productividad. El trabajo es de tipo aplicado con un diseño no experimental, para ello solo se centrará en las áreas de corte, canto, perforado, armado y embalaje. Como resultado obtuvo que los índices de PMO incrementaron en un 52,4%, lo que significó que los costos de mano de obra se redujeran en un 35,8%, asimismo, el lead time disminuyó a menos de un día representado una reducción del 85%, pasando a tener una productividad mensual de 271 cajoneras a 780 cajoneras. En conclusión, las herramientas de Lean permiten incrementar la disponibilidad de los procesos, previo un análisis de cada uno.

Deza [14] mostró que en la agroindustria existía problemas de desorden y limpieza, demoras en el cambio de formatos, inventarios existentes en los procesos, los cuales conllevaron a la empresa a una baja productividad. Para ello planteó como objetivo, mejorar la productividad en la planta a través de la aplicación de herramientas Lean Manufacturing. La metodología empleada en la investigación se enfoca en primer lugar en realizar un análisis situacional de la empresa haciendo uso de herramientas tales como 6M's, diagrama de Pareto y análisis de Ishikawa, donde se pueda conocer la productividad actual de la empresa y otros indicadores. La investigación mostró como resultados un incremento del 13,04% en la productividad que se vio reflejado en la producción que llegó a ser de 170.149,00 kg en un año. En conclusión, la propuesta presenta un beneficio costo de 1,61 lo que significa que fue viable para la empresa.

### **Bases teóricas**

Se comprende por **Lean Manufacturing** como una filosofía de trabajo que se encuentra basada en las personas, permite definir la manera en cómo se mejora y optimiza un sistema enfocado en eliminar siempre los desperdicios, estos pueden hacer referencia a cualquier actividad o proceso donde utilizan más recursos de los necesarios. Estos pueden ser: exceso de procesos, sobreproducción, lead time, movimientos, entre otros. Dicho en otras palabras, esta herramienta ayuda a eliminar todo aquello que no agrega valor al proceso [15].

Dentro de las herramientas mayor utilizadas se tiene las 5S que se centra en 5 principios que se busca evitar dentro del proceso productivo, teniendo en cuenta la clasificación, el orden, la limpieza, la disciplina y la estandarización. Otra de las herramientas de Lean Manufacturing es la estandarización de trabajos que se emplean con el fin de mejorar continuamente el proceso de producción, consiste en elegir aquellas prácticas que dan buenos resultados y así todos puedan seguir, en otras palabras se busca que todos en la empresa trabajen de la misma manera, para ello se debe tener en cuenta el Task time que se refiere al ritmo en el que deben entregarse los productos,

la secuencia de tareas realizadas por el operario, y por último, el inventario estándar que son todas aquellas unidades que se requiere para que no existan las paradas en la producción [16].

El sistema Kanban es la herramienta que tiene dos enfoques, uno dirigido a la producción donde se señala cuanto y que hay que producir en la etapa posterior, para su aplicación se necesita seguir 5 pasos:

1. Visualizar el flujo de trabajo; plantear los pasos necesarios para fabricar el producto.
2. Establecer límites; tomar en cuenta los tiempos que se emplean para desarrollar cada actividad.
3. Gestión del flujo; evaluar cómo se puede seguir mejorando las actividades.
4. Establecer reglas; estas deben estar relacionadas con los tiempos de entrega y priorización de actividades.
5. Mejoras; por último, se debe examinar los resultados para realizar una mejora continua.

Con lo que respecta a **Productividad**, hace referencia a la mejora del proceso, donde se relaciona directamente con el número de bienes y/o servicios producidos y la cantidad de recursos empleados, en otras palabras, relación entre los inputs y outputs [17]. Contar con una productividad favorable le permite a la empresa posicionarse mejor en el mercado.

Un **Proceso de producción** involucra a un conjunto de actividades que contribuyen o generan valor agregado, donde la materia prima e insumos que ingresan son transformados para obtener un producto final que pueda ser ofrecido al mercado y permita satisfacer sus necesidades [18].

La **Simulación** tiene como objeto analizar, comprender y mejorar las condiciones de la producción mediante la toma de decisiones, asimismo, permitirá conocer cuál es el cambio que podría ocurrir al momento de implementar una mejora sin que exista una necesidad de realizarlo en la realidad, es utilizado también como un medio para capacitación hacia los operarios que les facilite comprender todo el proceso a detalle Dentro de los software de simulación el más conocido es el **ProModel** el cual trabaja con herramientas de análisis y diseño que permite conocer detalladamente el problema y lograr resultados más verídico. El programa cuenta con un editor gráfico, editor de turnos, resultados y el Stat::Fit que permite comparar los resultados entre diferentes distribuciones.

Por último, **Capacidad de producción** se refiere a que tanto puede la empresa responder a las necesidades y requerimientos del mercado en un periodo de tiempo. Para ello se debe tener en

cuenta los recursos disponibles con los que cuenta la empresa como: mano de obra, maquinaria y equipos, sistema de producción, capital de trabajo, entre otros [19].

## **Materiales y métodos**

La investigación tiene un enfoque cuantitativo orientada en la mejora que se tendrá para la empresa con la propuesta. Para la población se ha tomado a toda la empresa, la muestra es no probabilística y está formado por todo el proceso de producción de la empresa.

Para el diagnóstico se tomaron en cuenta los datos recolectados de la empresa en estudio, tomándose en cuenta los ítems que afectan a la productividad los cuales fueron señalados en los indicadores de productividad. Se tomaron en cuenta a su vez datos relacionados a tiempos, áreas, recursos y mano de obra. Se describió el proceso productivo de la ayuda del DAP. Asimismo, se elaboró el diagrama Ishikawa con el fin de identificar las causas raíces del problema presentado respaldado por [20]. Para ello, se realizó la simulación de proceso en el software ProModel y a partir de ello tomar decisiones de la mejor herramienta de Lean que se puede utilizar.

Para el segundo objetivo, tomando en cuenta la información de las diferentes herramientas de Lean Manufacturing, considerando la herramienta Kanban para incrementar la eficiencia, gestión correcta de tiempo, mejora continua, etc [21]. Para ello, se reorganizarán las tareas, delimitando las funciones de los operarios.

Con lo que respecta a la evaluación beneficio-costos de la propuesta, se realizó mediante una cotización de los principales costos de implementación referidos a maquinaria, operario y metodología del trabajo.

## **Resultados y discusión**

### **Resultados**

#### Realizar un diagnóstico del sistema productivo de la empresa

##### **- Datos generales de la empresa**

Cabe mencionar que la empresa labora de 8am a 17:30pm de lunes a sábado, tiene un horario de almuerzo de 12:15pm a 13pm, tal y como se detalla en el , se cuenta con 7 operarios quienes se encargan de realizar sus actividades de manera manual con la ayuda de algunos equipos. El almacén tiene una capacidad de 300 unidades diarias entre madera y tornillo, el ingreso de la materia prima e insumos es dos veces al día, por cada silla se necesita de 8 tornillos y 1 unidad de madera que será cortada posteriormente. Para ello, se toma en arribos 30 unidades de madera cada 5 horas en una

jornada laboral diaria, y 240 unidades de tornillos cada 5 horas, tal y como se muestra en la Figura 1, para que los resultados se puedan analizar con base a 60 maderas ingresante en total al día.

Figura 1. Arribos

Entidad...	Locación...	Cant. por Arribo...	Primera Vez...	Ocurrencias	Frecuencia
MADERA	ALMACÉN MATERIA PRIMA E INSU	30	0	Inf	E (300)min
TORNILLO	ALMACÉN MATERIA PRIMA E INSU	240	0	inf	E (300) min

Fuente: ProModel

### - Descripción de proceso

**Recepción de materia prima;** ingresa la madera al almacén donde 2 operarios son los encargados de seleccionarla para que pueda ser transportada a la siguiente etapa. En esta área se encuentran los tornillos que serán transportados al área de ensamble.

**Corte;** en esta etapa se realizan las medidas para así poder efectuar el corte de las piezas a utilizar de acuerdo al diseño con el que trabaja la empresa, seguidamente son transportadas a la siguiente etapa. Todas esas actividades son realizadas por un operario.

**Ensamble;** en esta parte del proceso ingresan los tornillos desde el área de almacén, y junto a la madera cortada se comienza a armar la silla. Cuando se termina, se llevan al área de pulido. Aquí se encuentra laborando 1 operario.

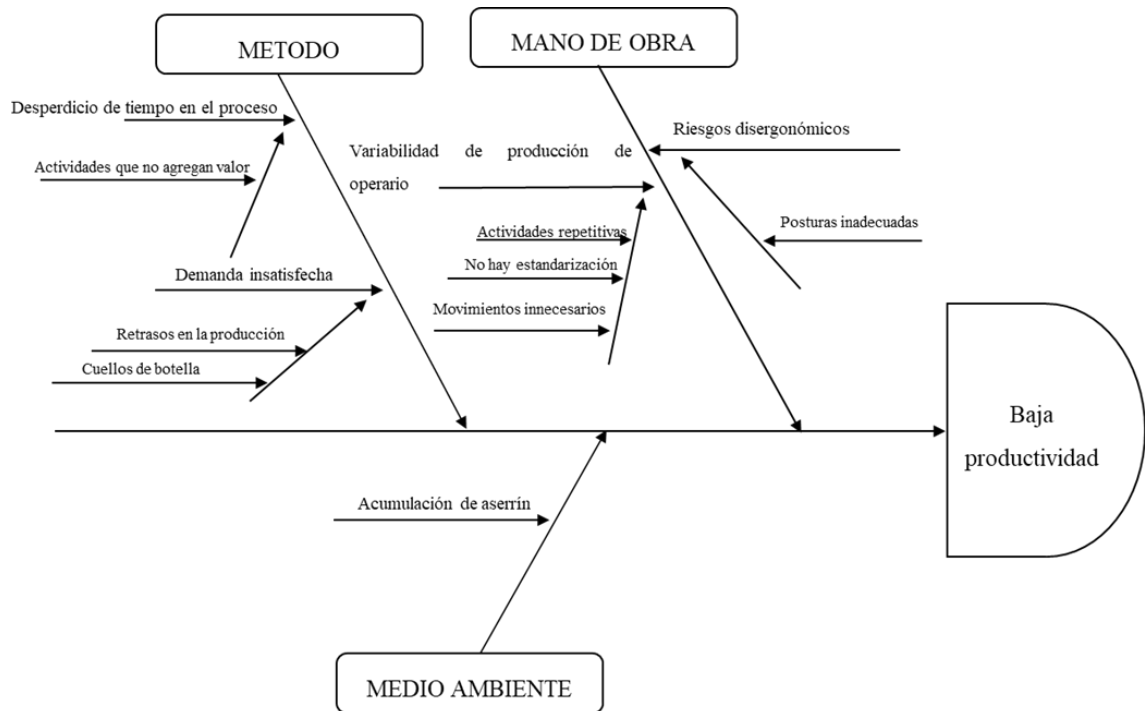
**Pulido;** se lijan los bordes de la silla para eliminar aquellos excesos, para luego ser transportados al área de inspección. Actividades realizadas por un operario.

**Inspección;** dicha actividad la realiza un operario verificando el correcto estado de las sillas, y así pueda pasar a los retoques finales. La actividad la realiza un operario.

**Barnizado;** en la última etapa se terminan de realizar los últimos diseños de la silla y se barniza, teniendo, así como producto final la silla que será transportada al almacén. Actividad realizada por un operario.

En la Figura 2 se muestra el diagrama de Ishikawa, haciendo un análisis de las posibles causas raíces de la baja productividad existente en el sistema. En las que se detalla la acumulación de trabajo, los traslados innecesarios ya que el operario una vez realizado su actividad tendrá que llevar la pieza a la siguiente estación para que el próximo operario realice su tarea. Asimismo, el cuello de botella del proceso refiriéndose a aquella actividad que más tiempo toma en realizarse y solo se encuentra un operario en esta.

Figura 2. Diagrama Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia

Se hizo uso de la herramienta Stat::Fit para la muestra de tiempos que se observa en el Anexo 2 para cada proceso y sean empleados en la simulación.

Tabla 1: Distribución de tiempos Stat::Fit

Proceso	Distribución (min)
Llegada de tornillos	E (2)
Llegada de madera	N (5.19, 0.367)
Recepción de materia prima	N (10.7, 0.0268)
Transporte de madera área de corte	E (1.2)
Transporte de tornillos al área de ensamblaje	N (2.24, 0.0344)
Corte de piezas	N (21.1, 0.0964)
Transporte de madera cortada al área de ensamble	N (1.18, 0.0193)
Ensamble de las piezas	N (28.9, 0.631)
Transporte al área de pulido	E (1.51)
Pulido de la silla	N (13.2, 0.979)
Transporte al área de inspección	N (1.45, 0.0458)
Inspección de la silla	E (4)
Transporte al área de barnizado	N (1.03, 0.0191)
Barnizado de las piezas	U (8.8, 9.3)
Transporte al almacén	N (2.16, 0.0318)

Fuente: Stat::Fit

Tabla 2. Diagrama de análisis de procesos

DESCRIPCIÓN	T (min)	SIMBOLO				
		○	◻	D	□	▽
Llegada de madera	2		●			
Llegada de tornillos	5.19		●			
Recepción de materia prima	10.7					●
Transporte de tornillos a ensamblaje	2.24		●			
Transporte de madera a cortadora	1.2		●			
Cortado de madera	21.1	●				
Transporte de madera cortada a ensamblaje	1.18		●			
Ensamblaje de piezas	28.9	●				
Transporte de sillas ensambladas a pulido	1.51		●			
Pulido de sillas	13.2	●				
Transporte a inspección	1.45		●			
Inspección de sillas	4					●
Transporte a barnizado	1.03		●			
Barnizado de sillas	8.8	●				
Transporte a almacén	2.16		●			●
Total	104.66	04	09	0	0	02

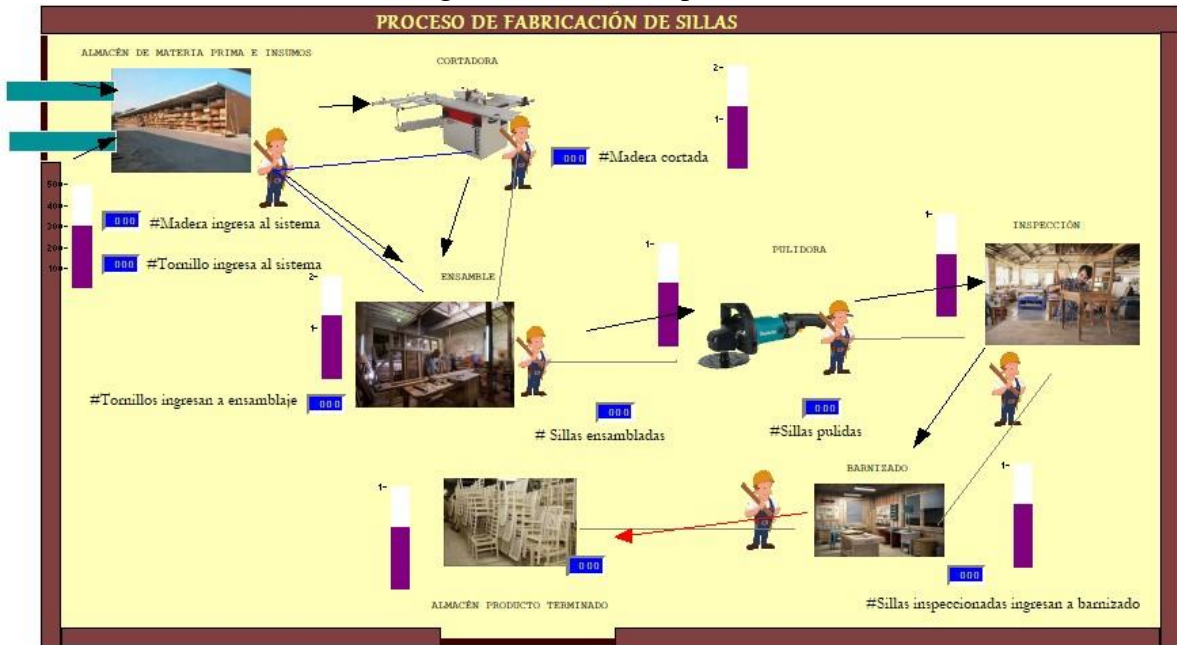
Fuente: Elaboración Propia

Como se observa, para fabricar una silla de madera se emplea un total de 104.66 minutos, siendo la etapa que más tarda en realizar su actividad la de ensamblaje con un total de 28.9 minutos; siendo así el cuello de botella del proceso, la empresa labora un total de 570 minutos al día. A continuación, se calcula la producción diaria:

$$\begin{aligned}
 \text{Producción diaria} &= \frac{\text{Jornada laboral}}{\text{tiempo empleado por silla}} \\
 \text{Producción diaria} &= \frac{10\text{h} * 60\text{min}}{104.66} \\
 \text{Producción diaria} &= 5.45 \text{ unidades al día}
 \end{aligned}$$

Seguidamente, se realizó la simulación del proceso en el Software ProModel para una mejor comprensión del proceso.

Figura 3. Diseño del proceso



Fuente: Elaboración propia

La simulación realizada nos da como resultado, que la empresa logra fabricar 6 sillas terminadas al finalizar la jornada laboral como se puede observar en la Figura 4

Figura 4. Producción diaria actual

Entidad Resumen					
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)
MADERA	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00
MADERA CORTADA	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
SILLA	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
SILLA PULIDA	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
SILLA BARNIZADA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TORNILLO	64.00	472.00	400.58	4.04	49.57
SILLA INSPECCIONADA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SILLA TERMINADA	6.00	0.00	418.46	76.20	30.64

Fuente: ProModel

Cabe mencionar que al sistema ingresaron 34 unidades de madera tal y como se indica en la Figura 5, de las cuales como se mencionó anteriormente 6 lograron terminar de procesarse para convertirse en sillas terminadas, las otras 25 unidades de madera se quedaron aún en el sistema, 1 de ellas salió de la etapa de cortado (madera cortada). 1 silla terminó de ser ensamblada y la otra logró terminar el proceso de pulido (silla pulida).

Figura 5. Variables Resumen

Variable Resumen						
Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Min)	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Actual	Valor Promedio
VR MADERA INGRESA	34.00	8.39	0.00	34.00	34.00	31.56
VR TORNILLO INGRESA	480.00	1.11	0.00	480.00	480.00	391.56
VR SILLAS ENSAMBLADA	8.00	71.10	0.00	8.00	8.00	2.30
VR SILLAS PULIDAS	7.00	81.50	0.00	7.00	7.00	1.98
VR SILLAS INSPECCIONADAS INGRESAN A BARNIZADO	6.00	91.00	0.00	6.00	6.00	1.90
VR SILLAS TERMINADAS	6.00	91.82	0.00	6.00	6.00	1.82
VR MADERA CORTADAS	8.00	66.51	0.00	8.00	8.00	2.71
VR TORNILLOS INGRESAN A ENSAMBLAJE	64.00	8.37	0.00	64.00	64.00	21.27

Fuente: ProModel

En la Figura 6 se detalla una tabla resumen de las locaciones, en donde se puede observar el porcentaje de utilización de cada una de ellas. Ninguna de las áreas se logra a usar en su totalidad, a excepción del almacén de materia prima, la etapa de ensamblaje que según los tiempos indicados es la actividad que más tarde en realizarse dentro del proceso productivo, y ello afecta directamente a las siguientes etapas quienes tienen que esperar hasta que el área de ensamblaje termine con la silla.

Figura 6. Resumen de locaciones

Locación Resumen									
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Min)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización	
ALMACÉN MATERIA PRIMA E INSUMOS	10.00	500.00	514.00	487.07	417.26	500.00	496.00	83.45	
CORTADORA	9.25	2.00	10.00	66.16	1.19	2.00	2.00	59.60	
ENSAMBLE	9.25	2.00	8.00	30.92	0.45	2.00	0.00	22.29	
INSPECCIÓN	9.25	1.00	7.00	6.86	0.09	1.00	1.00	8.65	
ALMACÉN PRODUCTO TERMINADO	8.75	1.00	6.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	
PULIDORA	9.25	1.00	8.00	22.48	0.32	1.00	1.00	32.40	
LLEGADA DE MADERA	8.75	999,999.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
LLEGADA DE TORNILLOS	8.75	999,999.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
BARNIZADO	10.00	1.00	6.00	7.88	0.08	1.00	0.00	7.88	

Fuente: ProModel

En la Figura 7 se analiza los tiempos que labora el operario en su área, debido a las demoras que se llega a tener en el área de ensamblaje, las etapas que siguen la mayor parte de su tiempo son ocioso, ya que esperan a que el área de ensamblaje tenga productos terminados. Figura 7. Resumen de recursos

Resource Resumen						
Nombre	Unidades	Tiempo Programado (Hr)	Tiempo de Ttrabajo (Min)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Min)	Tiempo Viaje Para Utilizar Promedio (Min)
CARPINTERO MADERA TORNILLOS.1	1.00	8.75	195.74	54.00	3.52	0.11
CARPINTERO MADERA TORNILLOS.2	1.00	8.75	195.99	54.00	3.51	0.12
CARPINTERO MADERA TORNILLOS	2.00	17.50	391.73	108.00	3.51	0.11
CARPINTERO MADERA CORTADA	1.00	8.82	213.09	18.00	11.79	0.05
CARPINTERO SILLAS ENSAMBLADAS	1.00	8.75	86.74	16.00	5.42	0.00
CARPINTERO SILLAS PULIDAS	1.00	8.76	112.92	14.00	7.81	0.26
CARPINTERO SILLAS INSPECCIONADAS	1.00	8.75	19.53	12.00	1.63	0.00
CARPINTERO SILLAS BARNIZADAS	1.00	8.75	48.47	12.00	4.04	0.00

Fuente: ProModel

## Resumen de indicadores

El cálculo realizado con el DAP se obtuvo la producción diaria de sillas es de 5.73, valor muy cercano al dato de 6 sillas obtenidas mediante el Software de ProModel, donde se evidencia una cercanía del 95.5%. La tabla de indicadores se realizó con los tiempos mencionados en la Tabla 1

Tabla 3 Indicadores de productividad

Tipo de indicador	Ítem	Formula	Valor
Indicador de productividad	Producción (hallada con los tiempos del DAP)	$P = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{Cuello de botella}}$	5.45 sillas al día
	Productividad del recurso humano	$P_{op} = \frac{\text{Producción}}{\text{N}^\circ \text{ operarios}}$	0.86 sillas por operario al día
Indicador de eficiencia	de Eficiencia física	$E_n = \frac{\text{Salida de materia (6 sillas)}}{\text{Entrada de materia prima (34 unidades de madera)}}$	17.65%

Fuente: Elaboración propia

### Elaborar la propuesta de aplicación de herramientas de Lean Manufacturing mediante la simulación de ProModel

En primer lugar, se conoció a detalle todo el proceso productivo que se realiza en la empresa fabricante de sillas de madera, para así, evaluar de qué manera se puede mejorar el proceso para lograr los objetivos planteados.

Las mejoras están relacionadas a la automatización de las áreas de cortado y pulido, ver Figura 8 y Figura 9, donde las funciones de los operarios de dichas áreas pasarán a ser solo de transportar el producto que se obtiene al finalizar dicho proceso. Asimismo, para el área de ensamblado se propone contratar a otro operario que permita realizar las actividades más rápido, y las maderas cortadas no se queden en cola, además, la otra mejora en el proceso tomando en cuenta la herramienta de Lean Manufacturing es de la actividad de inspección y barnizado se encuentre en la misma locación, para ello se necesitarán 2 operarios. A continuación, se detalla la lista de las nuevas locaciones, la cantidad de operarios por cada una de ellas y la delimitación de sus actividades tal y como recomienda la herramienta Kanban de Lean Manufacturing:

- Almacén: 2 operarios encargados de Recepcionar la madera y tornillos y transportarlos a la etapa de corte (la madera) y de ensamblado (los tornillos).

- Cortadora: 1 operario encargado solo de transportar la madera que se ha cortado en esta etapa gracias a una máquina cortadora automatizada.
- Ensamblaje: 2 operarios encargados de ensamblar las maderas junto a los tornillos, para así luego transportar la silla a la pulidora.
- Pulidora: 1 operario, en este proceso interviene una máquina que realizará toda la actividad, donde el operario solo se encargará de transportar la silla a la etapa de inspección y barnizado.
- Inspección y barnizado: 2 operarios encargados de verificar el buen estado de la silla, y darle los retoques finales al producto. A su vez, se encargan de transportar la silla terminada al área de almacén de productos terminados.

Figura 8. Cortadora - propuesta

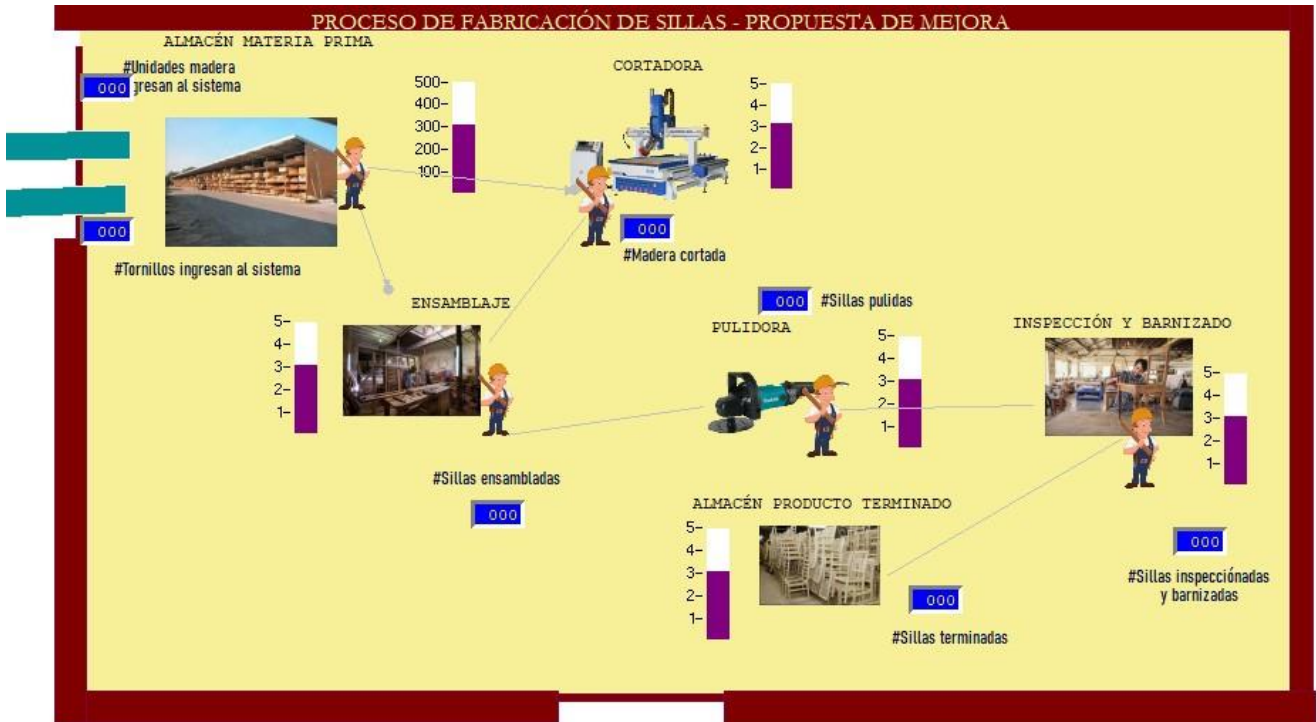
Parámetros técnicos del centro de mecanizado de madera CNC 5x10	
Modelo	STM1530D-R1
Área de trabajo	1500x3000x200mm
Precisión de posicionamiento de viaje	±0,03/300 mm
Precisión de reposición	±0,03 mm
Superficie de la mesa	Mesa de vacío con bomba de vacío
Marco	Estructura soldada
Estructura X, Y	Unidad de piñón y cremallera, rodamientos lineales de riel Hiwin
Estructura Z	Rodamientos lineales de riel Hiwin y husillo de bolas
Consumo máximo de energía	3,0KW (sin husillo)
Velocidad máxima de viaje rápido	33000 mm/min
Velocidad máxima de trabajo	25000 mm/min

Figura 9. Pulidora - propuesta



En la siguiente ilustración se observa la representación de la nueva propuesta del proceso productivo.

Figura 10. Diseño de la propuesta



Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la Figura 11, la producción diaria con la mejora propuesta pasó a ser de 25 sillas durante la jornada laboral, quedando aun por ser procesadas 5 maderas que ya han sido cortadas, 5 sillas que lograron ser ensambladas, 2 sillas que terminaron la etapa de pulido, 4 sillas que se quedaron en la etapa de inspección y barnizado, y un total de 23 unidades de madera que aún se encuentran en almacén de materia prima, sumando el total de 64 unidades que coincide con la Figura 12.

Figura 11. Producción diaria actual con la mejora

Entidad Resumen						
Nombre	Total Salidas	Cantidad actual En Sistema	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En lógica de movimiento Promedio (Min)	Tiempo Esperando Promedio (Min)	
MADERA	0.00	23.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MADERA CORTADA	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TORNILLO	312.00	454.00	363.04	9.24	44.23	
SILLA	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SILLA PULIDA	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SILLA INSPECCIONADA Y BARNIZADA	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SILLA TERMINADA	25.00	0.00	354.20	65.75	97.44	

Fuente: ProModel

Figura 12. Variables resumen con la mejora

Variable Resumen						
Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Min)	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Actual	Valor Promedio
VR MADERA INGRESA	64.00	7.59	0.00	64.00	64.00	37.09
VR TORNILLO INGRESA	479.00	0.60	0.00	479.00	479.00	364.32
VR MADERA CORTADA	41.00	14.31	0.00	41.00	41.00	16.05
VR SILLAS ENSAMBLADAS	36.00	16.29	0.00	36.00	36.00	13.66
VR SILLAS PULIDAS	31.00	18.61	0.00	31.00	31.00	12.40
VR SILLAS INSPEC Y BARNIZA	25.00	22.17	0.00	25.00	25.00	10.24
SILLAS TERMINADAS	25.00	22.17	0.00	25.00	25.00	10.24

Fuente: ProModel

Se observa también un incremento en la utilización de las áreas de trabajo. El área de ensamblaje pasó a utilizarse en un 47.50%, sin embargo, aun 3 de ellas se encuentran por debajo del 50% el área de cortado subió a un 38,12% de utilización.

Figura 13. Locación resumen con la mejora

Locación Resumen									
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Min)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización	
ALMACÉN MATERIA PRIMA	10.00	500.00	543.00	418.85	379.06	500.00	460.00	75.81	
CORTADORA	9.25	5.00	44.00	24.04	1.91	5.00	3.00	38.12	
ENSAMBLAJE	10.00	5.00	41.00	34.76	2.38	5.00	5.00	47.50	
PULIDORA	10.00	5.00	36.00	21.03	1.26	5.00	5.00	25.24	
LLEGADA DE MADERA	10.00	999,999.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
LLEGADA DE TORNILLO	10.00	999,999.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
INSPECCIÓN Y BARNIZADO	10.00	6.00	31.00	41.55	2.15	6.00	6.00	35.78	
ALMACÉN PRODUCTO TERMINADO	10.00	5.00	25.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	

Fuente: ProModel

En la Figura 14 se puede apreciar que ahora los operarios se encuentran la mayor parte del tiempo ocupados realizando sus actividades, sin embargo, los operarios encargados de transportar las piezas de las áreas de cortado y pulido solo emplean alrededor de 4 minutos cada uno.

Figura 14. Recursos resumen con la mejora

Resource Resumen						
Nombre	Unidades	Tiempo Programado (Hr)	Tiempo de Ttrabajo (Min)	Número de Veces Utilizado	Tiempo Por Uso Promedio (Min)	
OPERARIO TRANSPORTAR MADERA TORNILLOS.1	1.00	8.75	376.48	208.00	1.73	
OPERARIO TRANSPORTAR MADERA TORNILLOS.2	1.00	8.75	375.12	212.00	1.69	
OPERARIO TRANSPORTAR MADERA TORNILLOS	2.00	17.50	751.60	420.00	1.71	
CARPINTERO DE BARNIZADO E INSPECCIÓN.1	1.00	8.77	188.10	24.00	7.76	
CARPINTERO DE BARNIZADO E INSPECCIÓN.2	1.00	8.78	160.68	30.00	5.29	
CARPINTERO DE BARNIZADO E INSPECCIÓN	2.00	17.55	348.78	54.00	6.39	
CARPINTERO DE TRANS CORTA A ENSAM	1.00	10.00	4.62	41.00	0.11	
CARPINTERO DE TRANS ENSAM A PULL.1	1.00	10.00	208.18	38.00	5.41	
CARPINTERO DE TRANS ENSAM A PULL.2	1.00	10.00	218.41	37.00	5.84	
CARPINTERO DE TRANS ENSAM A PULI	2.00	20.00	426.59	75.00	5.63	
CARPINTERO DE TRANS PULI A INSPEBAR	1.00	10.00	4.42	31.00	0.13	

Fuente: ProModel

## Nuevos indicadores

En el diagnóstico de la empresa, se realizaban 6 sillas al día, además, se contaba con 7 operarios (2 en el área de almacén de materia prima, y un operario para las locaciones de cortado, ensamble, pulido, inspección y barnizado), con una eficiencia del 17.65%. Sin embargo, ahora se cuenta con 1 operario más con la propuesta planteada y una producción de 25 sillas de madera al día. Por lo tanto, se halló nuevamente los siguientes indicadores:

- Productividad de mano de obra

$$\text{Productividad mano de obra} = \frac{25 \text{ sillas / día}}{8 \text{ operarios}}$$

$$\text{Productividad mano de obra} = 3.125 \text{ sillas por operario al día}$$

- Eficiencia física

$$\text{Eficiencia física} = \frac{\text{Salida de materia}}{\text{Entrada de materia prima}}$$

$$\text{Eficiencia física} = \frac{25 \text{ sillas}}{64 \text{ unidades de madera}} * 100$$

$$\text{Eficiencia física} = 39.06\%$$

### Cuadro comparativo de indicadores

Tabla 4. Comparación de indicadores

Indicador	Situación en el diagnóstico	Situación con la propuesta	Variación	Variación %
Producción	6 sillas al día	25 sillas al día	19 sillas al día	316.66%
Productividad mano de obra	0.86 sillas por operario al día	3.125 sillas por operario al día	2.265 sillas por operario al día	263.37%
Eficiencia física	17.64%	39.06%	21.42%	

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar, de 64 unidades de madera que ingresan al sistema durante la jornada laboral con la propuesta se logra fabricar 25 sillas, mientras que en la situación del diagnóstico solo se lograban fabricar 6 sillas al día.

Por otro lado, en la situación actual de la empresa (diagnóstico) se obtuvo que la productividad de mano de obra es de 0.86 sillas por operario, mientras, con la propuesta se tiene una productividad de mano de obra de 3.125 sillas por operario.

Por último, con lo que respecta a la eficiencia física pasó a ser de 17.64% a 39.06%, utilizando la mayor cantidad de materia que ingresa al sistema.

### Determinar el beneficio/costo de la propuesta

Para el desarrollo del tercer objetivo, se observó que con la propuesta se espera fabricar 25 sillas al día, entonces, se establece que al mes se lograrán fabricar 650 sillas de madera (25 sillas/día \* 26 días laborables al mes). Asimismo, el precio de venta de cada silla es de S/85. Por otro lado, con lo

que respecta a los egresos, se toma en cuenta el costo de la máquina cortadora y de la máquina pulidora, así como también el costo de producción que tiene un monto de S/35,750.00 (650 sillas de madera/mes \* S/55 por silla), además, se estableció un 5% de imprevistos. Por último, se estableció una Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento, TMAR, del 14%. Con los datos mencionados anteriormente se halló el beneficio/costo de la propuesta en la Tabla 5 se detalla lo anteriormente mencionado

Tabla 5. Flujo de caja mensual e indicador B/C

Ítems	PERIODOS												
	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b><u>INGRESOS</u></b>													
Unidades (madera)		650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650
Precio unitario		S/ 85.0	S/ 85.0	S/ 85.0	S/ 85.0	S/ 85.0	S/ 85.0	S/ 85.0	S/ 85.0	S/ 85.0	S/ 85.0	S/ 85.0	S/ 85.0
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>S/ 55,250.0</b>	<b>S/ 55,250.0</b>	<b>S/ 55,250.0</b>	<b>S/ 55,250.0</b>	<b>S/ 55,250.0</b>	<b>S/ 55,250.0</b>	<b>S/ 55,250.0</b>	<b>S/ 55,250.0</b>	<b>S/ 55,250.0</b>	<b>S/ 55,250.0</b>	<b>S/ 55,250.0</b>	<b>S/ 55,250.0</b>
<b><u>EGRESOS</u></b>													
Máquina cortadora	S/ 15,000.00												
Máquina pulidora	S/ 7,000.00												
Operario		S/ 1,547.8	S/ 1,547.8	S/ 1,547.8	S/ 1,547.8	S/ 1,547.8	S/ 1,547.8	S/ 1,547.8	S/ 1,547.8	S/ 1,547.8	S/ 1,547.8	S/ 1,547.8	S/ 1,547.8
Costos de producción		S/ 35,750.0	S/ 35,750.0	S/ 35,750.0	S/ 35,750.0	S/ 35,750.0	S/ 35,750.0	S/ 35,750.0	S/ 35,750.0	S/ 35,750.0	S/ 35,750.0	S/ 35,750.0	S/ 35,750.0
Imprevistos (5%)	S/ 1,100.00												
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>S/ 23,100.00</b>	<b>S/ 37,297.8</b>	<b>S/ 37,297.8</b>	<b>S/ 37,297.8</b>	<b>S/ 37,297.8</b>	<b>S/ 37,297.8</b>	<b>S/ 37,297.8</b>	<b>S/ 37,297.8</b>	<b>S/ 37,297.8</b>	<b>S/ 37,297.8</b>	<b>S/ 37,297.8</b>	<b>S/ 37,297.8</b>	<b>S/ 37,297.8</b>
<b>FLUJO DE FONDOS</b>	<b>-S/ 23,100.00</b>	<b>S/ 17,952.3</b>	<b>S/ 17,952.3</b>	<b>S/ 17,952.3</b>	<b>S/ 17,952.3</b>	<b>S/ 17,952.3</b>	<b>S/ 17,952.3</b>	<b>S/ 17,952.3</b>	<b>S/ 17,952.3</b>	<b>S/ 17,952.3</b>	<b>S/ 17,952.3</b>	<b>S/ 17,952.3</b>	<b>S/ 17,952.3</b>

TMAR	14%
------	-----

Indicador	Resultado	Unidad	Análisis
B/C	1.34	-	Sí es viable, porque B/C > 1.05

Con base en este resultado, puedo concluir que la propuesta muestra un potencial positivo y una relación favorable entre los beneficios y los costos asociados. Esto respalda la viabilidad y el valor de inversión del proyecto. En resumen, el análisis de beneficio/costo revela un resultado positivo con un beneficio/costo de 1.34. Esto indica que los beneficios esperados superan los costos asociados, lo cual respalda la viabilidad de la propuesta.

## **Discusión**

Del estudio realizado en la empresa se observó un incremento en la producción, pasando de 6 unidades al día a 25 sillas al día representando una variación porcentual de 316.66% haciendo uso de la herramienta Kanban de Lean Manufacturing, mediante la mejora de proceso, delimitación de actividades para los operarios; mientras que [22] dicho valor fue de 30% haciendo uso de la herramienta 5S de Lean Manufacturing, asimismo, [11] en su investigación tuvo un incremento de la producción pasando de 113.5 a 180 unidades al mes, en ambas investigaciones se tiene incrementos en la producción; básicamente por las herramientas de Lean aplicadas en sus estudios.

Con respecto a la eficiencia física de la propuesta se obtuvo un incremento, pasando de 17.64% a 39.06%, de igual forma [6] tuvo un incremento de la eficiencia pasando de 10% a 27% de eficiencia en su proyecto. Por último, con lo que respecta a la productividad de mano de obra con la propuesta presentado en la investigación se pasó de 0.83 sillas por operario a 3.125 sillas por sillas por operario al día en un turno de 10 horas, de igual forma [23] quien tuvo un incremento en la productividad de mano de obra pasando de 18 a 26 unidades por operario al mes.

Por último, con respecto a la evaluación beneficio costo de la propuesta; en la empresa en estudio se obtuvo un b/c de 1,34; del mismo modo [14] obtuvo un b/c de 1.61 y [23] el b/c obtenido fue de 3.71, ambos datos demuestran que la propuesta es viable económicamente.

## **Conclusión y recomendaciones**

### **Conclusiones**

Se realizó el diagnóstico del proceso productivo de la empresa, donde se apreció que el cuello de botella es la etapa de ensamblaje donde el tiempo que se toma para esta actividad es de 28.9 minutos. Además, se puede observar que la producción al finalizar la jornada diaria es de 6 sillas, con una productividad de mano de obra de 0.83 sillas por operario. Cabe resaltar que con la información recolectada de la empresa se ingresó al software ProModel para analizar el diagnóstico.

Se propuso la aplicación de la herramienta Kanban de Lean Manufacturing con el apoyo de la simulación en el software de ProModel, donde, la propuesta está enfocada en realizar la compra de dos máquinas (cortadora y pulidora) que permitan que dichas actividades sean automatizadas, además, el área de inspección y barnizado se realizarán en una misma locación con el objetivo de evitar tiempos de transportes entre locaciones, por último, las funciones de 2 operarios pasaron a ser solo de transportar los productos que se obtenían de las áreas, y se agregó un operario al área de ensamblaje. Logrando así una producción de 25 sillas de madera al día, una eficiencia física del 39,06% y la productividad de mano de obra incrementó a 3,125 sillas por operario.

Se determinó el beneficio/costo de la propuesta, evidenciándose ser viable la propuesta ya que el dato obtenido es de 1.34, para ello se requirió de los datos de costo de producción, precio de venta del producto, costo de las maquinarias a implementar y el pago al operario del área de ensamblaje.

### **Recomendaciones**

Se sugiere para próximas investigaciones, considerar el uso de nuevas herramientas de Lean Manufacturing que permitan realizar una mejora continua en la empresa incrementando la productividad de mano de obra y la eficiencia física. La herramienta que se podría considerar para siguientes estudios son la de Heijunka que tiene como finalidad reducir los desniveles en el proceso productivo en relación a la carga de trabajo, con el fin de mejorar la eficiencia de la producción.

## Referencias

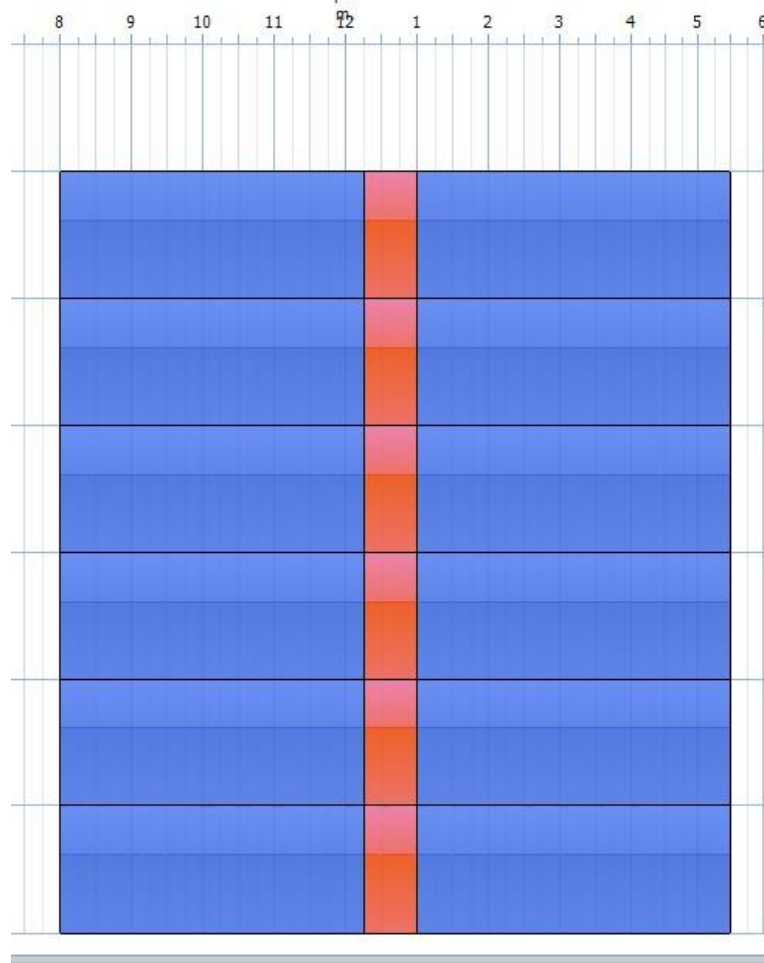
- [1] Expocida Madera 2023, «Interempresas,» 17 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Madera/Articulos/470104-Expocida-Madera-2023-construiren-madera-como-solucion-al-cambio-climatico.html>. [Último acceso: 17 Mayo 2023].
- [2] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura , «FAO,» 2019. [En línea]. Available: [https://www.fao.org/forestry/statistics/80938@180723/es/#:~:text=Principales%20consumidores%20de%20productos%20forestales&text=Madera%20en%20rollo%20industrial%3A%20Estados,3%25\)%3B%20Alemania%20\(3%25\)..](https://www.fao.org/forestry/statistics/80938@180723/es/#:~:text=Principales%20consumidores%20de%20productos%20forestales&text=Madera%20en%20rollo%20industrial%3A%20Estados,3%25)%3B%20Alemania%20(3%25)..) [Último acceso: 19 Mayo 2023].
- [3] La cámara de Comercio, «La Cámara,» 18 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://lacamara.pe/inei-economia-peruana-aumento-492-en-febrero-del-2022/>. [Último acceso: 18 Mayo 2023].
- [4] Ministerio de Producción, «Ministerio de Producción,» Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/estadistica-oe/estadisticasmanufactura>. [Último acceso: 19 Mayo 2023].
- [5] K. F. Aguilar Silva, «Universidad Peruana Los Andes,» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/1052/AGUILAR%20SILVIA%20KENEDY%20FABIAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 18 Mayo 2023].
- [6] A. R. Iwaki Cárdenas, «Propuesta de mejora en la producción de pasta de ajo en una Mype de industrias alimentarias, mediante la aplicación de metodología Lean Six Sigma,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2021.
- [7] J. A. Santillán Díaz, «Propuesta de mejora en el área de producción en una empresa que fabrica pallets de madera aplicando herramientas de Lean Manufacturing,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2020.
- [8] A. A. Cabrejo Velazco y L. Juárez Huiza, «Propuesta de mejora en el sistema productivo de una empresa fabricante de muebles de madera para el aumento de su productividad aplicando herramientas de Lean Manufacturing,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2022.

- [9] A. P. Rojas Jauregui y V. Gisbert Soler, «Lean Manufacturing: herramienta para mejorar la productividad en las empresas,» 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Perú, 2017.
- [10] J. Vargas Hernandez , G. Muratalla Bautista y M. Jiménez Castillo , «Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?,» Universidad Carabobo, Venezuela, 2016.
- [11] S. A. Palma Chauca, «Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad de la fabricación de muebles para oficina en melamina,» Universidad Ricardo Palma, Lima, 2021.
- [12] S. N. Haro Acosta, «Mejora de la productividad mediante la aplicación de la teoría de restricciones en la fabricación de sillas de la Empresa Muebles de acero Viteri.,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba , 2018.
- [13] L. V. Chumbile Garcia, «Propuesta de mejora mediante Lean Manufacturing para incrementar la productividad del área de carpintería de una empresa mobiliaria,» Universidad Mayor de San Marcos, Lima, 2020.
- [14] J. A. Deza Laquise, «Mejora de la productividad en una empresa agroindustrial mediante la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing,» Universidad Católica de Santa María, Arequipa, 2022.
- [15] J. C. Hernández Matias y A. Vizán Idoipe, Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación, Madrid: Fundación EOI, 2013.
- [16] J. Serrano, «LIGHT UP YOUR BUSINESS,» SixPHERE, 26 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://sixphere.com/blog/herramientas-lean-manufacturing/>. [Último acceso: 1 Junio 2023].
- [17] C. Álvarez Bernal, J. García Muela y E. Ramírez Cárdenas , Productividad y Desarrollo, México: ITSON, 2012.
- [18] J. Oswaldo Moreno, Fundamentos de la producción, Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina, 2017.
- [19] M. Cajigas, E. Ramirez y D. Ramirez , «Capacidad de producción y sostenibilidad en empresas nuevas,» Espacios, Venezuela, 2019.
- [20] Y. Ramos, El diagrama Ishikawa, Economía y empresa, 2021.
- [21] L. Castellano Lendinez , «Kanban para aumentar la eficiencia de los procesos,» Universidad Politécnica de Valencia, España, 2018.

- [22] J. L. Farroñan García, «Análisis y propuesta de mejora del sistema de producción de una empresa fabricante de muebles,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2019.
- [23] A. L. Távora Chupillón , «Propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de confecciones en la empresa Emperon SAC mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2018.
- [24] N. M. Lazala Rosario, «EOI,» Escuela de Organización Industrial, 18 Diciembre 2011. [En línea]. Available: [https://www.eoi.es/blogs/nayellymercedeslazala/2011/12/18/leanmanufacturing-y-susherramientas/#:~:text=Las%20herramientas%20%C2%ABlean%C2%BB%20\(en,fallos%C2%BB%20\(poka%20yoke\)..](https://www.eoi.es/blogs/nayellymercedeslazala/2011/12/18/leanmanufacturing-y-susherramientas/#:~:text=Las%20herramientas%20%C2%ABlean%C2%BB%20(en,fallos%C2%BB%20(poka%20yoke)..) [Último acceso: 1 junio 2023].
- [25] O. A. Rimachi Saldaña, «PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA REDUCIR LOS COSTOS DE ACCIDENTES LABORALES EN EL ÁREA DE ALMACÉN DE LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL LAREDO S.A.A.,» Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2016.
- [26] ESAN, «Conexión ESAN,» Portal de negocios de ESAN, 8 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/heijunka-las-herramientas-paraimplementar-esta-metodologia-en-una-empresa>. [Último acceso: 18 Junio 2023].

Anexo

Anexo 1. Horario laboral



Anexo 2 Muestra de tiempos

Tiempos del proceso de fabricación de una silla (minutos)												
Proceso	Muestra											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Llegada de tornillos	3	2	2.21	2	3	2.2	2.22	2.25	2.3	2.24	2.24	3.1
Llegada de madera	5.2	5	5.21	5.26	5.21	5.21	5.22	5.22	5.27	5.22	4.24	5.26
Recepción de materia prima	10.78	10.7	10.71	10.69	10.69	10.7	10.75	10.76	10.76	10.74	10.71	10.72
Transporte de madera al área de corte	1.2	1.23	1.21	1.26	1.21	1.21	1.22	1.22	1.27	1.22	1.24	1.26
Transporte de tornillos al área de ensamble	2.18	2.25	2.21	2.26	2.22	2.21	2.22	2.22	2.26	2.32	2.24	2.26
Corte de piezas	21.12	21.28	20.98	20.97	21.15	21.21	21.17	21.16	20.98	21.12	21.16	21.22
Transporte al área de ensamble	1.17	1.18	1.16	1.2	1.16	1.2	1.17	1.17	1.22	1.17	1.19	1.21

Ensamble de las piezas	28.21	29.15	29.65	30.1	29.5	28.7	28.29	29.3	28.35	28.2	28.21	29.1
Transporte a área de pulido	1.53	1.54	1.51	1.57	1.51	1.52	13.2	1.52	1.59	1.53	1.55	1.58
Pulido de la silla	14.2	13.1	12.5	12.29	13.2	12.12	14.25	15.4	12.12	13.5	12.3	13.2
Transporte al área de inspección	1.41	1.42	1.45	1.43	1.45	1.46	1.42	1.4	1.5	1.48	1.46	1.47
Inspección de la silla	5.2	4.21	4.35	4	5.1	4.12	4.3	5	4.15	4.17	4.3	4.38
Transporte a área de barnizado	1	1.01	1.05	1.03	1.05	1.04	1	1.03	1.03	1.05	1.06	1.03
Barnizado de las piezas	8.8	9.02	8.95	9.21	8.85	8.93	9.2	8.96	9.3	8.92	9.27	8.95
Transporte al almacén	2.14	2.16	2.12	2.2	2.24	2.17	2.18	2.16	2.13	2.16	2.14	2.14
TOTAL	98.94	98.25	97.85	98.21	99.33	96.59	97.17	101.3	96.66	97.58	96.83	98.52