



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**Mejora del Proceso de Fabricación de
Roperos de Melamina Mediante Simulación
para Aumentar la Productividad en una
Empresa de Chiclayo-2024.**

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

Autora

Marin Altamirano Merly Melyssa

<https://orcid.org/0000-0003-1815-5564>

Línea de Investigación

**Gestión, Innovación, Emprendimiento Y Competitividad Que
Promueve El Crecimiento Económico Inclusivo Y Sostenido**

Sublínea De Investigación

**Institucionalidad Y Gestión De Las Organizaciones.
Pimentel – Perú**

2025

**MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ROPEROS DE MELAMINA
MEDIANTE SIMULACIÓN PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA
EMPRESA DE CHICLAYO-2024**

Declaración jurada


DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy egresada del Programa de Estudios de **la escuela de Ingeniería industrial** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autora del trabajo titulado:

Mejora del Proceso de Fabricación de Roperos de Melamina Mediante Simulación para Aumentar la Productividad en una Empresa de Chiclayo-2024.

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán , conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Merly Melyssa Marin Altamirano	DNI: 70811746	Firma 
--------------------------------	------------------	--

Pimentel, 11 de diciembre del 2024.

REPORTE DE SIMILITUD TURINITIN

MERLY MELYSSA MARIN ALTAMIRANO

Trabajo de bachiller para turnitin_Marin Merly - MERLY MELYSSA MARIN ALTAMIRANO.docx

 Universidad Señor de Sipan

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::26396:422976130

Fecha de entrega

23 ene 2025, 3:28 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

6 feb 2025, 3:48 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Trabajo de bachiller para turnitin_Marin Merly - MERLY MELYSSA MARIN ALTAMIRANO.docx

Tamaño de archivo

437.1 KB

24 Páginas

5,633 Palabras

30,345 Caracteres



Página 2 of 29 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid:::26396:422976130




15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 13%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

	ACTA DE SEGUNDO CONTROL DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN	Código:	F3.PP2-PR.02
		Versión:	02
		Fecha:	18/04/2024
		Hoja:	1 de 1

ACTA DE SEGUNDO CONTROL DE ORIGINALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, José Arturo Rodríguez Kong, Coordinador de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, he realizado el segundo control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos según la Directiva de similitud vigente en la USS, además certifico que la versión que hace entrega es la versión final del informe titulado **MEJORA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ROPEROS DE MELAMINA MEDIANTE SIMULACIÓN PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA DE CHICLAYO-2024**, elaborado por los egresados **MARIN ALTAMIRANO MERLY MELYSSA**.

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **15%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en las directivas vigentes sobre índice de similitud de los productos académicos de investigación vigente.

Pimentel, 06 de febrero 2025



Dr. José Arturo Rodríguez Kong

Coordinador de Investigación

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

DNI N° 46413560

Dedicatoria

Dedico esto a mis padres, pilares inquebrantables cuya sabiduría y sacrificio han trazado el sendero por el que hoy avanzo; a mi hermana, fiel compañera de vida y espejo de complicidad, quien ha sabido ser refugio en los momentos más difíciles. Que estas páginas constituyan un pequeño homenaje al amor, la fortaleza y el impulso que, con discreta grandeza, cada uno de ustedes ha sembrado en mi vida.

Agradecimiento

Expreso mi profundo agradecimiento a la Universidad Señor de Sipan y a sus docentes, quienes con su dedicación y enseñanza me guiaron a lo largo de mi formación profesional, brindándome las herramientas necesarias para alcanzar esta meta. A mi familia, por ser mi pilar fundamental con su amor y apoyo incondicional, y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron en la culminación de este trabajo. A todos ustedes, mi sincera gratitud.

Merly Melyssa Marin Altamirano

Índice	
Declaración jurada.....	3
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Resumen	10
Abstract.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.2 Formulación del problema.....	17
1.3 Hipótesis	17
1.4 Objetivos	17
1.5 Teorías relacionadas al tema.....	18
II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	19
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	33
V. REFERENCIAS.....	35
Anexos.....	38

Índice de tablas

Tabla 1. Registro de ventas del año 2023	20
Tabla 2. Total de ventas de los productos.....	21
Tabla 3. Mediciones para cada actividad de trabajo	24
Tabla 4. Demora promedio de cada estación.....	24
Tabla 5. Resumen de variables.....	28
Tabla 6. Operarios que laboran.....	29
Tabla 7. Nueva distribución de operarios	29
Tabla 8. Tiempo total de la demora de la estación.....	30
Tabla 9. Mejora la de propuesta	32
Tabla 10. Egresos de materiales.....	32
Tabla 11. Egresos del personal contratado.....	32
Tabla 12. Ingresos de ventas mensuales	33

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Ropero del botiquín chico.....	22
Ilustración 2. Diseño del proceso de fabricación de un ropero.....	27
Ilustración 3. Identificación de cuellos de botella.....	28
Ilustración 4. Simulación actual en Arena.....	31
Ilustración 5. Indicadores después de la simulación	31

Resumen

La investigación se enfoca en optimizar la producción de roperos de melamina en una empresa de Chiclayo mediante simulación con el software Arena. El problema identificado incluye cuellos de botella y baja productividad en la etapa de ensamblaje, lo que limita la capacidad de producción a un ropero diario, lejos de la demanda anual de 2500 unidades. El estudio aplicó herramientas de ingeniería industrial como balanceo de línea y redistribución de operadores, reduciendo significativamente el tiempo de ensamblaje de 476,16 minutos a 71,12 minutos por ropero. Esto incrementó la producción diaria a 9 roperos, alcanzando la meta anual.

Los resultados muestran una mejora en los indicadores de eficiencia de línea (de 27,01% a 49,11%) y productividad (de 0,12 a 1,09 roperos por hora). Además, el análisis de costo-beneficio evidencia un retorno de inversión de 1,31 soles por cada sol invertido, destacando la viabilidad económica de las propuestas. Este enfoque no solo mejora la competitividad y capacidad de la empresa para satisfacer la demanda, sino también reducir los tiempos muertos y optimizar el uso de recursos.

En conclusión, la simulación es una herramienta esencial para identificar y eliminar ineficiencias, optimizando procesos industriales y garantizando la sostenibilidad del negocio. Este modelo puede replicarse en otras empresas del sector mueblero para incrementar su productividad y rentabilidad.

Palabras claves: Simulación de procesos, balanceo, indicadores, eficiencia.

Abstract

The research focuses on optimizing the production of melamine wardrobes in a company in Chiclayo through simulation with the Arena software. The problem identified includes bottlenecks and low productivity in the assembly stage, which limits production capacity to one wardrobe per day, far from the annual demand of 2,500 units. The study applied industrial engineering tools such as line balancing and operator redistribution, significantly reducing assembly time from 476.16 minutes to 71.12 minutes per wardrobe. This increased daily production to 9 closets, reaching the annual goal.

The results show an improvement in the indicators of line efficiency (from 27.01% to 49.11%) and productivity (from 0.12 to 1.09 wardrobes per hour). Furthermore, the cost-benefit analysis shows a return on investment of 1.31 soles for each sole invested, highlighting the economic viability of the proposals. This approach not only improves the company's competitiveness and ability to meet demand, but also reduces downtime and optimizes the use of resources.

In conclusion, simulation is an essential tool to identify and eliminate inefficiencies, optimizing industrial processes and guaranteeing business sustainability. This model can be replicated in other companies in the furniture sector to increase their productivity and profitability.

Keywords: Process simulation, balancing, indicators, efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La industria de fabricación de muebles de melamina enfrenta serias limitaciones en sus procesos de producción, afectando su competitividad y capacidad para satisfacer las demandas del mercado. Entre los principales problemas destacan la ineficiencia en los layouts de producción, los largos tiempos de espera y la sobreproducción, derivados de una gestión inadecuada de recursos y flujos de trabajo.[1]

Uno de los principales obstáculos es la falta de implementación de herramientas modernas como simulaciones basadas en eventos discretos y manufactura esbelta. Estas técnicas han demostrado ser altamente efectivas para identificar cuellos de botella, optimizar el flujo de materiales y mejorar el uso del espacio disponible[2]. Sin embargo, muchas empresas de este sector aún dependen de sistemas tradicionales, lo que las hace menos ágiles y más propensas a incurrir en costos innecesarios [3].

La integración de herramientas como la simulación de eventos discretos (DES) ha permitido a las empresas mejorar su eficiencia operativa al analizar y optimizar el flujo de trabajo, la asignación de recursos y la gestión de inventarios[4]. Además el aumento de la demanda de productos personalizados y de alta calidad también está presionando a los fabricantes de muebles para adaptarse rápidamente a los cambios en los diseños o en los volúmenes de producción, lo que genera altos niveles de desperdicio y ciclos de producción más largos. Estos desafíos se agravan en un entorno donde las capacidades de adaptación de los sistemas de producción tradicionales no son suficientes [5].

Un factor adicional que limita el avance de la industria es la falta de capacitación del personal en el uso de tecnologías avanzadas como los gemelos digitales y el análisis de simulaciones. Estas herramientas tienen el potencial de optimizar el rendimiento operativo, mejorar la planificación estratégica y reducir el impacto ambiental al disminuir

el uso de materiales y energía [6]. A pesar de los avances tecnológicos, muchas empresas aún no han logrado optimizar sus procesos debido a la falta de herramientas adecuadas para visualizar y corregir ineficiencias operativas. La introducción de simulación, combinada con la adopción de nuevas tecnologías, representa una solución prometedora, pero no está exenta de retos. La falta de infraestructura digital y la escasa capacitación en estas herramientas avanzadas siguen siendo obstáculos significativos para muchas pequeñas y medianas empresas [7].

La ineficiencia en la producción debido a la falta de integración de herramientas modernas de simulación conduce a tiempos de inactividad prolongados, cuellos de botella en las líneas de producción y una utilización subóptima de los recursos.[8]. Estos problemas sumado a tiempos de espera largos y un uso ineficiente del espacio disponible afectan tanto a la productividad como la competitividad de las empresas del sector[9].

Según el "Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado" identificó un cuello de botella en el área de costura debido a la distribución desigual de tareas y la falta de estandarización en el proceso, así como la ausencia de un control continuo de calidad. Para abordar estos problemas, se utilizaron herramientas como el diagrama de Ishikawa, diagramas de proceso bimanual y la reasignación de tareas entre estaciones, logrando equilibrar las cargas de trabajo y mejorar la productividad. Los resultados incluyeron un incremento de la producción diaria de 91 a 96 pares de calzado (5,49% de mejora) y la estabilización de la capacidad de producción en un 96,78% en 18 días. Además, se destacó la importancia de continuar recopilando datos para mantener las mejoras y de implementar estrategias complementarias, como el uso de herramientas tecnológicas y un plan de marketing, para maximizar los beneficios del estudio en el contexto empresarial latinoamericano.[10]

El estudio "Estudio de Tiempos y su Relación con la Productividad" realizado en el sector de despacho de una fábrica de cemento en Bolivia identificó que la falta de mantenimiento preventivo y la ausencia de estandarización de procesos generan tiempos improductivos, lo que afecta negativamente la productividad. Los resultados mostraron que la productividad está correlacionada inversamente con los tiempos de operación y directamente con la implementación de mantenimiento preventivo, mientras que no se evidenció relación significativa con las condiciones de trabajo. Se propusieron dos acciones principales para optimizar la productividad: implementar un programa de mantenimiento preventivo, que incluye actividades diarias y revisiones periódicas para minimizar paradas imprevistas, y estandarizar los procesos en las modalidades de ensacado y big bag, logrando una reducción del 19,51% en tiempos de operación en la modalidad de ensacado. Estas medidas permitieron evidenciar mejoras en la eficiencia del área, resaltando la importancia de una gestión adecuada del tiempo y mantenimiento en el contexto industrial.[11]

El artículo "Importancia de un Estudio de Tiempos y Movimientos" destaca que la aplicación de esta técnica en diversos entornos laborales, como industrias, empresas y laboratorios, permite identificar y eliminar movimientos ineficientes, mejorar métodos de trabajo y establecer tiempos estándar para cada tarea, lo que se traduce en una mayor eficiencia en los procesos de producción, reducción de costos y optimización del uso de recursos. Además, facilita la creación de manuales para capacitar al personal, asegurando la correcta ejecución de las tareas bajo condiciones seguras. Sin embargo, su implementación requiere la estandarización de procesos, capacitación continua y disponibilidad de recursos en óptimas condiciones. El estudio de tiempos y movimientos es una herramienta esencial para incrementar la productividad y competitividad de las empresas en un mercado globalizado.[12]

El artículo "Simulación y evaluación de un proceso productivo de suelas termoplásticas en Colombia" identificó problemas críticos en la producción, como los cuellos de botella

en la etapa de pintura y los altos tiempos de ocio de los operarios, con una utilización promedio inferior al 70% en 7 de los 11 trabajadores. Mediante simulación de eventos discretos, se plantearon tres escenarios para optimizar el proceso. En el primer escenario, la redistribución de un operario desde la etapa de inyección hacia pintura redujo la cola de pintura en un 98,76%, aunque incrementó la acumulación en la inspección. En el segundo, se modificó la política de almacenamiento intermedio, pero su impacto fue marginal en la utilización de recursos. En el tercer escenario, se incorporó un nuevo operario para la inspección y se redistribuyó otro hacia pintura, logrando reducir las colas de pintura e inspección en un 98,76% y 93,94%, respectivamente, además de disminuir el tiempo de ocio en varias actividades manuales en más del 50%. Estos resultados evidencian cómo la combinación de herramientas de simulación y ajustes operativos puede optimizar significativamente la fluidez del proceso, la asignación de recursos y los tiempos de producción, proponiendo soluciones viables.[13]

El estudio "Diseño de un modelo de simulación del proceso productivo de la línea de gases que incrementa la producción de nitrógeno en la planta ASU Guayaquil de Linde Ecuador" evaluó, mediante simulaciones en FLEXSIM, un incremento de 30 TPD en la producción de nitrógeno líquido (LIN) utilizando una corriente desaprovechada de nitrógeno gaseoso (GAN). El modelo propuesto incluyó la instalación de un licuefactor y equipos complementarios, aumentando la capacidad total de líquidos de 75 a 105 TPD sin afectar la producción de oxígeno.[14]

El estudio "Tiempos estándar para balanceo de línea en el área de soldadura del automóvil modelo cuatro" se realizó en la empresa CIAUTO y evaluó el balanceo de línea en siete estaciones de trabajo del área de soldadura, utilizando métodos de medición y análisis de tiempos basados en las tablas de Westinghouse. Se determinaron tiempos estándar para cada estación, con un total de 18,191 segundos en todo el proceso. El tiempo de ciclo calculado (takt time) fue de 2730 segundos,

permitiendo una producción diaria de 10 automóviles. El balanceo de línea se logró mediante la distribución equitativa de cargas de trabajo entre las estaciones, identificando y reduciendo tiempos ociosos. Los resultados indicaron una eficiencia del 95,5% en la línea, con la necesidad de 10 operarios para ejecutar las tareas de manera sincronizada. Este enfoque permitió optimizar recursos y cumplir con la demanda sin exceder los tiempos establecidos.[15]

En la investigación, se han desarrollado diversas técnicas para abordar problemas de balanceo de líneas, destacando los enfoques exactos y heurísticos para problemas simples (SALBP) y generales (GALBP), así como la programación multiobjetivo por metas, que permite equilibrar tiempos de ciclo y minimizar costos operativos. Estudios recientes incluyen el uso de simulaciones para validar modelos y la incorporación de aspectos ergonómicos para optimizar el desempeño de las estaciones. En la industria farmacéutica, la aplicación de estos métodos ha permitido reducir el tiempo de ciclo de una línea en un 40 %, disminuir el inventario en proceso, incrementar la tasa de producción en un 43 % y reducir el tiempo ocioso del 30 % al 15 %, generando una mejora en la eficiencia cercana al 85 % y una reducción del costo total en un 33,22 %.[16]

En el artículo se implementaron herramientas de ingeniería industrial como el Plan de Mantenimiento Preventivo, Kardex, Mapeo de Flujo de Valor (VSM) y Balance de Línea para abordar problemas en una empresa molinera peruana. Estas soluciones lograron incrementar la eficiencia y reducir costos al mejorar indicadores clave: el OEE pasó de 61.64 % a 70.36 %, el exceso de materia prima en almacén se ajustó al estándar del 100 %, la trazabilidad de procesos productivos alcanzó el 100 % (desde un valor inicial de 0 %) y la disponibilidad de maquinaria también llegó al 100 % tras superar un valor inicial de 84.6 %. Como resultado, la empresa redujo sus pérdidas en un 92.59 %, con un ahorro total de S/3,976.78 y una mejora económica reflejada en un TIR de 23 %, un VAN de S/20,471.77 y una relación B/C de 1.90. Esto confirma la viabilidad de las

herramientas diseñadas y su impacto positivo en los costos operativos y la productividad de la empresa.[17]

El artículo realiza una revisión sistemática de 24 estudios científicos publicados entre 2007 y 2021, identificando factores internos y externos que influyen en la productividad empresarial. Entre los principales aspectos estudiados se encuentran la tecnología, la innovación, el desarrollo organizacional, el trabajo en equipo y la toma de decisiones. Se concluye que para incrementar la productividad y fortalecer la competitividad, las empresas deben gestionar eficientemente sus recursos, implementar estrategias basadas en investigación y desarrollo, y considerar el entorno organizacional. Los resultados destacan que, si estos aspectos son gestionados adecuadamente, se generan beneficios significativos como una mayor competitividad en los mercados internacionales y el logro de objetivos organizacionales clave.[18]

1.2 Formulación del problema

¿Cómo la simulación contribuir a la mejora del proceso de fabricación de roperos de melamina para incrementar la productividad en una empresa de Chiclayo en el año 2024?

1.3 Hipótesis

La aplicación de la simulación para mejorar el proceso de fabricación de roperos de melamina permitirá identificar y eliminar ineficiencias, lo que resultará en un incremento significativo de la productividad.

1.4 Objetivos

Objetivo general

Mejorar el proceso de fabricación de roperos de melamina mediante el uso de simulación para aumentar la productividad en una empresa de Chiclayo durante el año 2024.

Objetivos específicos

Analizar el proceso actual de fabricación de roperos de melamina para identificar cuellos de botella y áreas de mejora.

Diseñar y evaluar propuestas de mejora basadas en simulación que permitan optimizar los tiempos de producción y el uso de recursos.

Implementar las mejoras seleccionadas y medir su impacto en la productividad de la empresa.

Calcular beneficio costo de la propuesta.

1.5 Teorías relacionadas al tema

Simulación en Arena

La simulación en Arena es una herramienta utilizada ampliamente en la modelización de sistemas complejos, permitiendo la optimización de procesos industriales al predecir su comportamiento bajo diversas condiciones. Arena, una de las plataformas más avanzadas para la simulación de eventos discretos, permite representar sistemas de producción de forma detallada, lo que facilita la toma de decisiones basadas en datos simulados antes de realizar cambios en los procesos reales. La simulación en Arena se utiliza para analizar y optimizar flujos de trabajo, tiempos de procesamiento, inventarios, y otros parámetros clave dentro de un proceso productivo. La ventaja principal de usar Arena es su capacidad para modelar de manera flexible escenarios que reflejan la variabilidad en los tiempos y recursos disponibles, lo que ayuda a reducir ineficiencias y mejorar la planificación de la producción[19]

La simulación de procesos en Arena permite un enfoque detallado para la toma de decisiones en la mejora de procesos industriales. En el contexto de la fabricación de

muebles, esta herramienta es capaz de predecir cuellos de botella, optimizar la asignación de recursos y mejorar la programación de la producción.[20]

Productividad

La productividad en el contexto industrial se refiere a la eficiencia con la que se utilizan los recursos para producir bienes o servicios. Un aumento en la productividad implica maximizar el uso de los recursos disponibles sin incrementar los costos significativamente, lo cual se logra a través de la mejora continua y la optimización de procesos. La medición de la productividad puede realizarse a través de diversas métricas, como la productividad total de los factores (PTF) o la productividad parcial de factores (PPF). [21]

[22] La productividad puede verse afectada por varios factores, como el tiempo de ciclo, la utilización de maquinaria, la gestión de inventarios, y la calidad del trabajo. Implementar simulación como herramienta de optimización permite a las empresas identificar áreas de mejora y aplicar cambios que resulten en una mayor eficiencia operativa.[23] , las técnicas de simulación permiten identificar cuellos de botella y optimizar el uso de recursos, lo que contribuye a un aumento directo en la productividad.

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo cuantitativo, ya que se enfoca en describir y analizar las relaciones entre variables específicas. En este caso, la variable independiente corresponde a la simulación aplicada al proceso de fabricación de roperos de melamina, mientras que la variable dependiente es la productividad alcanzada en la empresa de Chiclayo.

El diseño de esta investigación es cuasi experimental, ya que se manipula únicamente una de las variables en estudio. Esto permitió evaluar los resultados antes y después de implementar las herramientas de simulación y balanceo de línea, proporcionando un

análisis detallado del impacto de dichas estrategias en la optimización del proceso productivo y el incremento de la productividad.

El diseño de esta investigación es cuasi experimental, dado que se manipula únicamente una de las variables en estudio. Esto permitió observar y comparar los resultados obtenidos antes y después de aplicar las herramientas de ingeniería industrial, asegurando un análisis estructurado y detallado del impacto de dichas herramientas en el sistema.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

Diagnóstico de la situación actual

Se evidencia el registro de ventas de la empresa dedicada a la fabricación de muebles mediante el uso de melanina.

Tabla 1. Registro de ventas del año 2023

Productos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
Centro de entretenimiento	2	4		4	1	1	1	2		3	2		20
cómoda	8	3	1	4			1	3	3	2	3	1	29
credenza	2	8	5	2	2	4		3	3	1	6		36
Escritorio	10	11	8	10	2	7		12	1	18	9	6	94
Estante		2	1	11	12	6	1	11	15	9	15	2	85
Repisa		1		2	3	3	4	1	2		2		18
Reposero	9	10	6	13	6	2	34	2		6			88
Ropero	16	9	7	14	14	9	62	11	7	11	22	8	190
Tocador	14	7	7	14	10	10	5	7	15	14	16	6	125
TOTAL	61	55	35	74	50	42	108	52	46	64	75	23	685

Así mismo se muestra las ganancias que otorga cada tipo de producto hecho a base de melanina.

Tabla 2. Total de ventas de los productos.

Productos	Total vendido	Precio de venta(s/)	total soles	representación %
Centro de entretenimiento	20	1100	22000	5%
cómoda	29	450	13050	3%
credenza	36	450	16200	4%
Escritorio	94	400	37600	9%
Estante	85	450	38250	9%
Repisa	18	450	8100	2%
Repostero	88	600	52800	13%
Ropero	190	800	152000	36%
Tocador	125	650	81250	19%
TOTAL	685		421250	100%

Se observa que el producto más vendido y el que genera más ingresos a la empresa es el ropero con un 36% del total. Cuya producción cuenta con 8 operarios y una demanda de 2500 unidades de ropero, es por ello que este producto será objeto de estudio.

Descripción del producto.

El producto más vendido por la empresa es el ropero, cuyo modelo de referencia será el botiquín chico. Este ropero incluye los siguientes componentes: 2 espejos, 2 canoplas, 7 jaladores, 6 deslizadores, 2 chapas cuadradas, 7 bisagras y 4 correderas telescópicas.

El diseño se compone de dos estructuras principales, la estructura izquierda cuenta con una barra superior para colgar prendas y un espacio inferior destinado a colocar zapatos y en la estructura derecha se encuentra un área específica para almacenar accesorios.

Los cortes y configuraciones del producto se adaptan según las indicaciones previas del cliente. Sus dimensiones son de 520 mm de ancho, 560 mm de profundidad y 1226 mm de altura.



Ilustración 1. Ropero del botiquín chico

Descripción del proceso de producción

- Corte de planchas de melamina

Para realizar el corte, se inicia determinando las dimensiones del ropero, lo cual permite calcular las medidas necesarias. Estos datos se ingresan en el software CutMaster, que maximiza el aprovechamiento de la plancha de melamina mediante la generación de un plano de corte optimizado.

- Enchapado o canteado

Cada pieza pasa por un proceso de recubrimiento utilizando una máquina enchapadora. Siguiendo las marcas señaladas previamente por el operario de corte, la máquina aplica los tapacantos con adhesivo termofusible a una temperatura de 120 °C. Luego, elimina el exceso de material, alisa, perfila y pule los bordes para garantizar un acabado uniforme.

Al finalizar este procedimiento, las piezas se colocan temporalmente en un área próxima a la enchapadora hasta que un operario disponible las traslade al área de ensamblaje del mueble.

- Ranurado

El operario realiza primero una inspección de las piezas y selecciona las necesarias para el proceso. Luego, las lleva a las escuadradoras, donde se realizan incisiones precisas de 5 mm de profundidad.

- Corte de Plancha MDF

Este procedimiento se emplea para elaborar las bases de los cajones y los paneles traseros del ropero. El operario selecciona una plancha de MDF del almacén y la corta conforme a las medidas necesarias, asegurándose de que cumpla con las especificaciones del diseño.

En esta estación trabajan dos operarios: uno realiza los cortes, mientras que el otro ajusta la distancia de corte utilizando las escuadradoras. Este método asegura precisión y optimiza el uso del material.

- Ensamble

En esta fase, tras el recubrimiento y ranurado de las piezas de melamina y el corte del MDF para los cajones, el operario procede a ensamblar las piezas y accesorios utilizando un atornillador, siguiendo estos pasos: instala las correderas en las piezas laterales, fija los zócalos a la pieza lateral derecha, une la base inferior a los zócalos, coloca las bases de apoyo, asegura el fondo derecho, y ensambla la pieza central con la base y las bases de apoyo; posteriormente, coloca el fondo izquierdo, ensambla los cajones, los integra a la estructura principal y realiza cortes curvos conforme al diseño. Una vez completado el ensamblaje, se eliminan las impurezas con aire comprimido, se utiliza thinner para retirar marcas de plumón, se adhiere el espejo previamente cortado, y se finaliza aplicando una capa de renovador para muebles. Este proceso garantiza un acabado de alta calidad, dejando el ropero listo para su entrega.

Estudio de tiempos

Este estudio es realizado con 5 mediciones, también el promedio en que demora realizar cada actividad.

Tabla 3. Mediciones para cada actividad de trabajo

Estación	Actividad	M1	M2	M3	M4	M5	promedio
	Trasporte de almacén a cortado	2.05	2.55	2.34	2.36	2.23	2.306
	cortado	42.33	40.15	38.55	44.78	43.24	41.81
Cortado	trasporte a enchapado	3.08	2.53	3.15	3.1	2.83	2.938
Enchapado	Enchapado	25.92	2.75	23.28	28.36	27.69	21.6
	Trasporte a estación de trabajo	1.74	1.65	2.03	1.88	2.08	1.876
	Inspección	4.43	5.58	5.23	4.75	4.34	4.866
	Trasporte a Ranurado	1.37	1.16	1.28	1.34	1.23	1.276
Ranurado	Ranurado	16.89	14.15	18.79	17.65	15.19	16.534
	Trasporte a armado	0.48	0.63	0.38	0.4	0.52	0.482
Cortado de MDF	Trasporte de almacén a cortado	5.57	5.37	5.95	5.6	5.72	5.642
	Cortado de MDF	7.57	6.67	7.8	6.38	7.38	7.16
	Trasporte a armado	0.5	0.33	0.47	0.45	0.73	0.496
Ensamble	cortado de espejos	12.78	13.27	11.85	12.45	12.88	12.646
	transporte a armado	0.55	0.43	0.4	0.75	0.33	0.492
	transporte a armado de otros insumos	8.5	6.25	5.35	8.37	8.3	7.354
	Armado de ropero	372.38	473.37	452.43	393.02	435.27	425.294
	Acabado de ropero	30.87	25.42	28.73	34.13	32.7	30.37
	Trasporte al almacén	3.23	2.75	3.03	2.27	3.05	2.866
TOTAL		540.24	605.01	611.04	568.04	605.71	586.008

En la tabla 3 se evidencia el tiempo total de demora en cada sesión de trabajo según las actividades que se realizan, la línea de producción está compuesta por 2 estaciones de trabajo en las cuales, la primera estación está compuesta por el cortado de melamina, mientras que la segunda está compuesta por el resto de actividades que integran la línea de producción. Los operarios que integran la línea son 8, de los cuales 2 se encuentran en la estación 1 y 6 en la estación 2 de trabajo.

Tabla 4. Demora promedio de cada estación

Estación	Actividad	Promedio
Cortado de melamina	cortado	41.81
	Total de la estación	41.81
Enchapado	Enchapado	21.6
	Trasporte a estación de trabajo	1.876
	Inspección	4.866
	Total de la estación	28.342
Ranura	Ranurado	16.534

Cortado de MDF	cortado	7.16
Ensamble	Cortado de espejo	12.646
	Transporte a Armado	0.492
	Transporte a Armado de otros insumos	7.3454
	Armado de ropero	425.294
	Acabado de ropero	30.37
	Total de estación	476.1474
Total	11	574,40

Indicadores actuales de la línea de producción

En primero lugar se identifica los cuellos de botella y las horas de trabajo diarias para obtener la producción teórica actual diaria.

Horas de trabajo diarias: 8.5 horas/minutos/día

Descanso de los trabajadores: 15 minutos

Minutos de trabajo diarios: 495 minutos/día

Tiempo ciclo o cuello de botella: 425, 29 minutos/ropero

Días de trabajo semanales: 6 días/ semana

Días de trabajo mensual: 26 días/mes

$$producción\ teórica\ diaria = \frac{tiempo\ de\ trabajo\ diario}{tiempo\ ciclo}$$

$$= \frac{495\ minutos/día}{425,29\ minutos/ropero}$$

Producción teórica diaria= 1,16 = 1 ropero/día

Posteriormente se busca obtener la productividad de cada operario, para esto se sabe que en la empresa laboran 8 operarios.

$$producción\ teórica\ de\ operarios = \frac{Producción\ teórica\ actual\ diaria}{Número\ de\ operarios}$$

$$\text{producción teórica de operarios} = \frac{1 \text{ ropero/día}}{8 \text{ operarios}} = 0,13 \text{ roperos/operario/día}$$

Para encontrar la eficiencia de la línea de producción:

$$\text{Eficiencia de línea} = \frac{\text{Tiempo total del proceso}}{\text{Número de estaciones} \times \text{ciclo}} = \frac{574,4 \frac{\text{minutos}}{\text{ropero}}}{5 \times 425,29 \text{ minutos/ropero}} = 27,01\%$$

La productividad dentro de la línea de producción es importante, por ello se hallará de la siguiente manera:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades teóricas producidas}}{\text{Horas de trabajo totales}} = \frac{1 \frac{\text{roperos}}{\text{día}}}{8,5 \frac{\text{horas}}{\text{día}} - 15 \frac{\text{minutos}}{60 \frac{\text{minutos}}{\text{hora}}}}$$

Productividad = 0,12 roperos/ hora

Lo que indica que se tardan 8,33 horas en producir un ropero.

Identificación de problemas

Se observa que la producción y la productividad de la empresa es baja, dicha entidad no logra satisfacer la demanda de 2500 roperos anuales, obteniendo así pérdidas que ascienden a:

$$\text{producción anual de roperos} = \frac{1 \text{ ropero}}{\text{día}} \times 26 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 312 \frac{\text{roperos}}{\text{anuales}}$$

Teniendo en cuenta que el precio de cada ropero asciende a 800 soles ver tabla 2, se observa que las pérdidas de venta en soles de la empresa son de:

$$\text{Perdidas} = (\text{R. demandados} \times \text{p. venta}) - (\text{R. producidos} \times \text{p. venta})$$

$$\text{Perdidas} = (2500 \times 800 \text{ soles}) - (312 \times 800 \text{ soles})$$

$$\text{Perdidas} = 1,750,400.00 \text{ soles/anuales}$$

Además de las pérdidas, se logra evidenciar los tiempos muertos en la línea de producción, el cual es de:

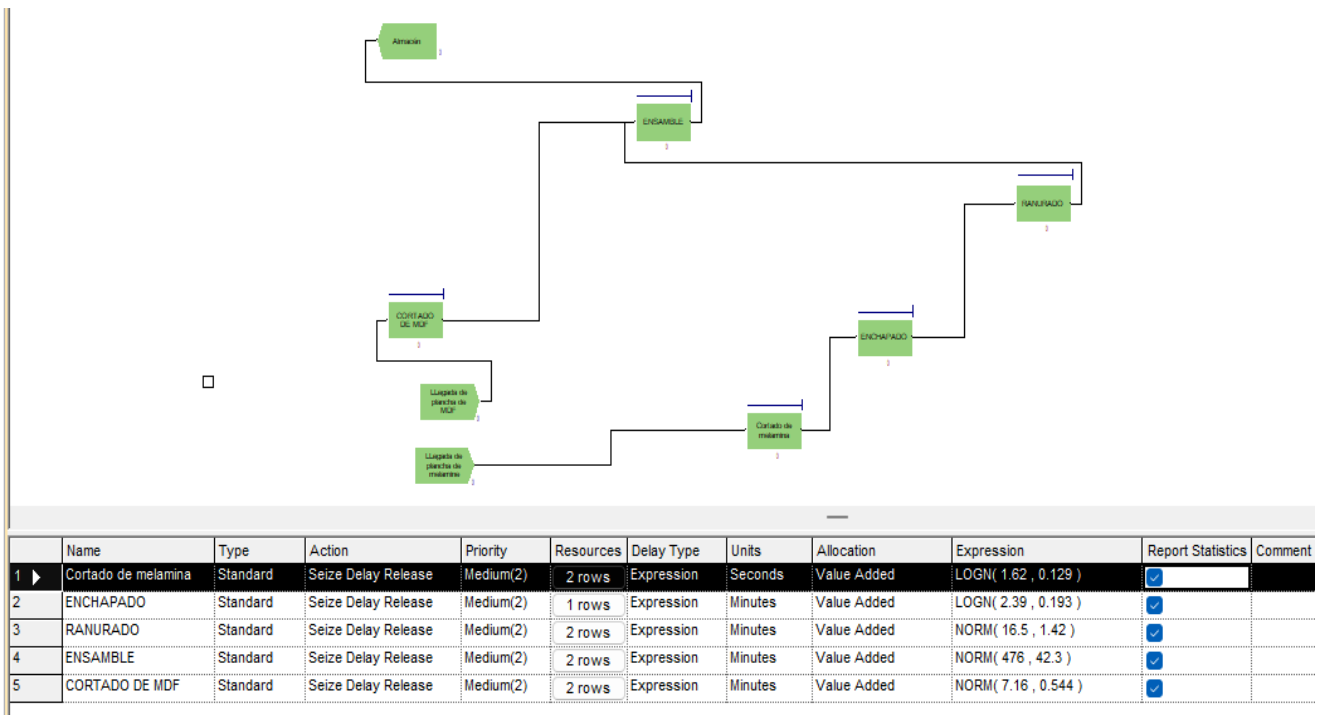
Tiempo muerto = (Número de estaciones x cuello de botella) – tiempo de operación

$$Tiempo\ muerto = \left(5 \times 425,29 \frac{minutos}{ropero} \right) - 574,4 \frac{minutos}{ropero} = 1552,05\ minutos$$

Simulación del proceso productivo actual

- Diseño del proceso de producción

Este diseño está basado en el diagrama de operaciones de procesos y en la forma en la que contribuyen los puestos de trabajo para fabricar un ropero, así mismo, las



distribuciones se obtuvieron a través del software Arena con las mediciones de tiempo de la tabla 3.

Ilustración 2. Diseño del proceso de fabricación de un ropero

fuente: Elaboración propia

La simulación fue realiza por una jornada de trabajo que es de 8,25 horas y se observa que en la jornada de trabajo se logra producir 1 ropero, lo cual concuerda con la producción teórica hallada, respecto a los cortes, se realizó 1 cortes de MDF y 4 melaminas, se enchaparon 3 melaminas , ranuraron 2 y solo se ensambló 1 ropero.

Tabla 5. Resumen de variables

Nombre	total cambios	tiempo promedio (min)	por cambio	valor mínimo	valor máximo	Valor actual	valor promedio
N° de MDF cortadas	2	24.14		0	2	2	1.89
N° de melamina cortada	4	12.8		0	4	4	3.8
N° de melamina enchapada	3	16.52		0	3	3	2.82
N° de melamina ranurada	2	24.38		0	2	2	1.85
N° de roperos ensamblados	1	48.09		0	1	1	0.9
N° de roperos almacenados	1	48.09		0	1	1	0.9

Se aprecia que existe cuellos de botella, donde el mayor tiempo se encuentra en el ensamble (94,33%), confirmando que es ahí donde se encuentra el cuello de botella



Ilustración 3. Identificación de cuellos de botella

Mejora del proceso de fabricación de roperos

La empresa desea producir 2500 roperos anuales, esto se calcula teniendo en cuenta que se trabaja 26 días al mes.

$$\text{Ropero a producir por día} = \frac{2500 \frac{\text{roperos}}{\text{año}}}{\frac{12 \text{ meses/año}}{26 \text{ días/mes}}} = 8,01 = 9 \text{ roperos/día}$$

Así mismo tenemos que obtener el nuevo tiempo de ciclo

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de ciclo} &= \frac{\text{tiempo total de trabajo diario}}{\text{producción diaria}} = \frac{495 \frac{\text{minutos}}{\text{día}}}{9 \text{ roperos/día}} \\ &= 55 \text{ minutos /ropero} \end{aligned}$$

- Balance de línea

Una vez obtenido el tiempo de ciclo, se procede a realizar el balance de línea para ello se va encontrar el índice de productividad:

$$IP = \frac{9 \text{ roperos/día}}{495 \text{ minutos/día}} = 0,018 \text{ minutos/ropero}$$

Una vez encontrado el índice de producción se podrá encontrar el número de operarios necesarios para cada estación, estableciendo una confianza de 95% puesto que se deben contratar trabajadores con experiencia en el campo.

Tabla 6. Operarios que laboran

Estaciones	Tiempo(min)	IP	#M.O Teórica	#M.O. Real	#M.O. Antes de la mejora
Cortado de melamina	41.81	0.018	0.8	1	2
Enchapado	32.74	0.018	0.63	1	1
Ranurado	16.53	0.018	0.32	1	1
Cortado de MDF	7.16	0.018	0.14	1	1
Ensamble	476.16	0.018	9.11	10	3
TOTAL	574.4		11	14	8

- Redistribuciones de operarios para las estaciones de trabajo

La distribución de los operarios se realizó teniendo en cuenta el cuello de botella a lograr para producir 2500 roperos/años

Tabla 7. Nueva distribución de operarios

Estación	# Operario	Actividad	Tiempo	Tiempo por # Operario	
Ensamble	1,00	Cortado de espejo	12,65	20,49	
	1,00	Transporte a Armado	0,49		
	1,00	Transporte a Armado de otros insumos	7,35		
	2-3-4-5-6-7-8-9-10		Armado del ropero	425,29	50,63
			Acabado del ropero	30,37	
Total	10,00	5,00	476,16	71,12	

A través de esta asignación de operarios, se reduce el tiempo total de ensamblado de 476,16 minutos/ropero a 71.12 minutos por ropero, así como el tiempo ciclo de 425.294 minutos/ropero a 50.63 minutos/ropero, siendo un tiempo ciclo aún menor que el necesarios para realizar 9 roperos por día. Se tomará el tiempo ciclo como el tiempo total de demora de la estación. Obteniendo la siguiente tabla.

Tabla 8. Tiempo total de la demora de la estación

Estaciones	Tiempo(min)
Cortado de melamina	41.81
Enchapado	32.74
Ranurado	16.53
Cortado de MDF	7.16
Ensamble	50.63
TOTAL	148.87

Se observa que se reduce el tiempo de elaboración de un ropero a 148.87 minutos/ropero, debido a que se reduce el tiempo de cuello de botella en el ensamblado a 50,63 minutos/ropero, sin embargo, las estaciones restantes mantienen sus tiempos de operación.

- Simulación de la mejora propuesta

Para realizar la simulación, se tomaron los mismos parámetros de la situación actual de la empresa excepto en la locación de ensamblado que es en donde cambia en el tiempo ciclo como se aprecia en la tabla N° 08. Se aprecia un aumento de la producción de 1 a 9 roperos/día.

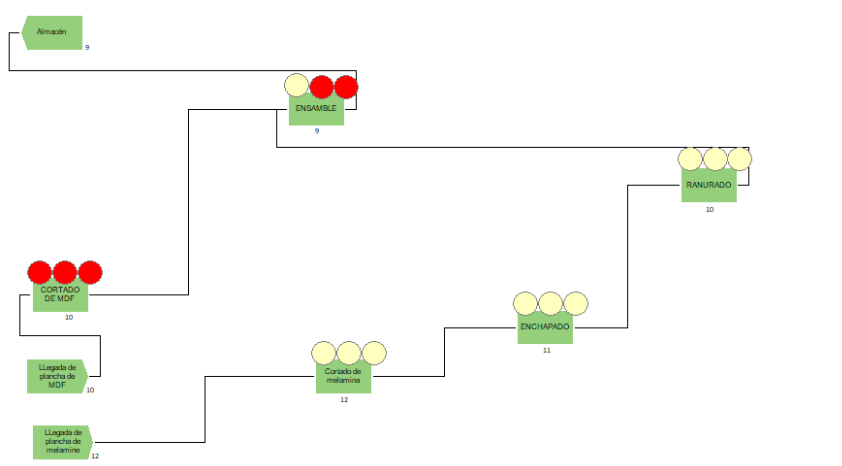


Ilustración 4. Simulación actual en Arena

En base a los nuevos tiempos de producción en el área de ensamble, se hicieron los cálculos respectivos para comprar con los brindados en el Arena.

- Indicadores teóricos

$$producción\ teórica\ diaria = \frac{495\ minutos/día}{50.63\ minutos/ropero} = 9,78 = 9\ roperos/día$$

Mediante este indicador se puede calcular los otros indicadores, teniendo como resultados:

$$Productividad\ de\ operarios = \frac{9\ roperos/día}{14\ operarios} = 0.64\ roperos/operario/día$$

$$Eficiencia\ de\ línea = \frac{148,87\ minutos}{5 \times 50,63\ minutos} = 49.11\%$$

$$Productividad = \frac{9\ roperos}{8,5\ horas - 15\ minutos} = 1.09\ roperos/hora$$

En 0.92 horas o 55.05 minutos harán un ropero.

- Indicadores después de la aplicación

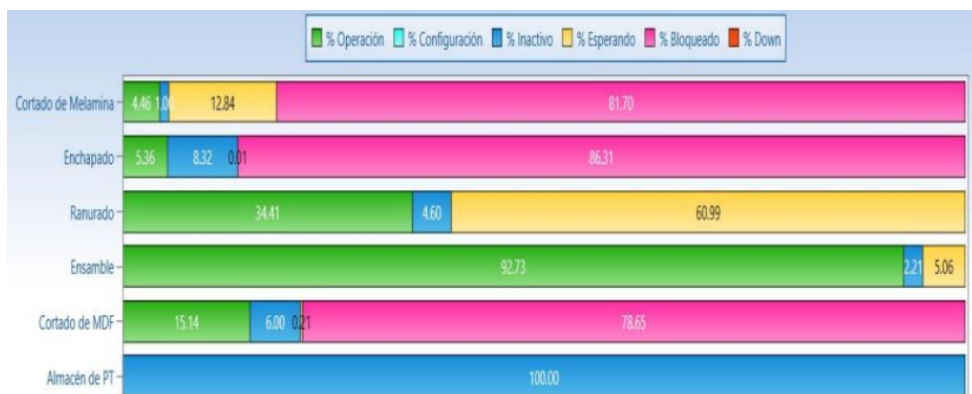


Ilustración 5. Indicadores después de la simulación

Se observa en la figura que el cuello de botella sigue persistiendo en el proceso de ensamblado ya que ocupa un mayor porcentaje en comparación a las demás operaciones.

- Comparación de la situación actual de la empresa y la mejora propuesta

Tabla 9. Mejora la de propuesta

Indicador	Antes de la mejora	Después de la mejora	%de mejora	Unidad
Eficiencia de línea	27.01%	49.11%	22.10%	%
Producción diaria	1	9	800%	roperos/día
Producción anual	312	2808	800%	roperos/año
Productividad de Operarios	0.13	0.64	392%	roperos/operario/día
Productividad de la producción	0.12	1.09	808%	roperos/hora
Tiempo muerto	1552.05	104.28	93%	minutos

Se observa que una mejora debido al balance de línea en cada uno de los indicadores de producción.

Calculo costo beneficio

Tabla 10. Egresos de materiales

Material a utilizar	Cantidad/ropero	Roperos a fabricar mensual	Cantidad de material total mensual	Precio por material	Egresos mensuales
Melamina	2	234	468	175	81900
Tapacamtos delgado	50	234	11700	0.1962	2295.54
MDE	0.5	234	117	134	15678
Deslizadores	6	234	1404	0.07	98.28
Correderas iclescópicas	4	234	936	4.9	4586.4
Juladores	7	234	1638	2	3276
Tornillos	360	234	84240	0.03	2527.2
Tapa tornillo	70	234	16380	0.011	180.18
Bisagras	7	234	1638	2	3276
Cerraduras	2	234	468	1.5	702
Otros materiales				20	4680
TOTAL	508.5	2340	118989	339.7072	119199.6

Egresos del personal contratado

Para esto se tomó en cuenta las horas trabajadas mensuales y lo que cada operario gana por hora y la cantidad de operarios por estación de trabajo.

Tabla 11. Egresos del personal contratado

Estaciones	# operarios	Horas trabajadas	Precio por hora (s/)	Horas trabajadas mensuales	Egresos mensuales(s/)
------------	-------------	------------------	----------------------	----------------------------	-----------------------

Cortado de melamina	1	8.5	9	221	1989
Enchapado	1	8.5	9	221	1989
Ranurado	1	8.5	9	221	1989
Cortado de MDF	1	8.5	9	221	1989
Ensamble	10	8.5	9	221	19890
TOTAL	14	42.5	45	1105	27846

Ingresos

En ingresos se tomó en cuenta un pronóstico de roperos que se venderán para el 2025.

Tabla 12. Ingresos de ventas mensuales

Meses del 2025	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
ventas mensuales	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
precio	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Venta en soles	192000	192000	192000	192000	192000	192000	192000	192000	192000	192000	192000	192000
TOTAL												2304000

$$B/C = \frac{s/11,520,000.00}{s/2,205.684.00}$$

B/C = 1.31soles

Lo que indica que por cada sol invertido se recibe un beneficio de 2.87 soles

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

El presente estudio confirma la importancia de la simulación y las herramientas tecnológicas en la optimización de procesos productivos, alineándose con trabajos previos que destacan su eficacia en la reducción de cuellos de botella y mejora de la productividad.

En investigaciones como "Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado", se demostró que el uso de herramientas como diagramas de Ishikawa y procesos de estandarización permitió un aumento del 5,49% en la producción diaria. De manera similar, el presente trabajo empleó simulación y balanceo de líneas, logrando incrementos aún más significativos en la capacidad productiva, con un aumento de 1 a 9 roperos diarios.

Por otro lado, estudios como "Simulación y evaluación de un proceso productivo de suelas termoplásticas en Colombia" resaltaron el impacto positivo de la redistribución de operarios en la eliminación de cuellos de botella, resultados que concuerdan con los hallazgos de este trabajo. La reducción del tiempo de ensamblado de 476,16 minutos/ropero a 71,12 minutos/ropero refuerza la relevancia de estas estrategias.

Asimismo, la presente investigación respalda los hallazgos del "Diseño de un modelo de simulación del proceso productivo de la línea de gases en Linde Ecuador", que demostró cómo las simulaciones pueden aumentar significativamente la producción sin comprometer otros indicadores clave. En nuestro caso, se logró satisfacer la demanda anual de 2500 unidades, superando ampliamente la capacidad inicial de la empresa.

Finalmente, el análisis de costo-beneficio realizado concuerda con la viabilidad económica destacada en estudios previos como el "Plan de Mantenimiento Preventivo en una empresa molinera peruana", donde se evidenció una mejora significativa en los indicadores financieros tras implementar estrategias de optimización. Con un retorno de inversión de 3,87 soles por cada sol invertido, el presente trabajo no solo valida la efectividad técnica, sino también la rentabilidad económica de las mejoras propuestas.

En conjunto, estos resultados consolidan la posición de la simulación como una herramienta esencial para el diseño de procesos industriales eficientes y competitivos, aportando un modelo que puede ser adaptado por otras empresas del sector para mejorar su productividad y sostenibilidad.

Conclusiones

El uso de simulación para mejorar el proceso de fabricación de roperos de melamina incrementó significativamente la productividad en la empresa de Chiclayo. La implementación de estas mejoras permitió alcanzar la meta de producir 2500 roperos anuales, reduciendo el tiempo de ciclo y optimizando el flujo de trabajo.

Se identificaron los cuellos de botella y áreas críticas de mejora en la etapa de ensamblado, que representaba el mayor tiempo de demora en la producción. Este diagnóstico inicial fue esencial para focalizar las estrategias de optimización.

A través de simulaciones realizadas con el software Arena, se diseñaron propuestas que optimizaron los tiempos de producción y el uso de recursos. Estas soluciones incluyeron la redistribución de operarios y la implementación de nuevos estándares de trabajo, lo que redujo el tiempo de ensamblado de 476,16 minutos/ropero a 71,12 minutos/ropero.

Las mejoras seleccionadas se implementaron con éxito, logrando aumentar la producción diaria de 1 a 9 roperos. Este cambio permitió satisfacer la demanda anual proyectada, eliminando las pérdidas económicas asociadas a la baja productividad.

El análisis mostró que, por cada sol invertido, la empresa obtiene un retorno de 1,31 soles. Este resultado valida la rentabilidad de las estrategias implementadas y refuerza la importancia de invertir en tecnologías y metodologías de optimización.

V. REFERENCIAS

[1] C. S. Murali y A. Prabukarthi, «Productivity improvement in furniture industry using lean tools and process simulation», *Int. J. Product. Qual. Manag.*, vol. 30, n.o 2, p. 214, 2020, doi: 10.1504/IJPQM.2020.107812.

[2] «Utilización de simulación por ordenador para optimizar el sistema de producción de muebles :: BioResources». Accedido: 11 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/>

[3] F. Abu, H. Gholami, M. Z. Mat Saman, N. Zakuan, y D. Streimikiene, «The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications», *J. Clean. Prod.*, vol. 234, pp. 660-680, oct. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.06.279.

[4] «(PDF) Optimization via Computer Simulation of a Mixed Assembly Line of Wooden Furniture - A Case Study», *ResearchGate*, oct. 2024, doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.393.

[5] «Selection of machining condition on surface integrity of additive and conventional Inconel 718 - ScienceDirect». Accedido: 11 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827120302183?via%3Dihub>

- [6] «Coordinating a dual-channel supply chain with conditional value-at-risk under uncertainties of yield and demand - ScienceDirect». Accedido: 11 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835219306503?via%3Dihub>
- [7] S. Pawanr, G. K. Garg, y S. Routroy, «Modelling of Variable Energy Consumption for CNC Machine Tools», *Procedia CIRP*, vol. 98, pp. 247-251, ene. 2021, doi: 10.1016/j.procir.2021.01.038.
- [8] M. Savsar y A. Aldehaim, «Analysis and Improvement of Facility Layout in a Furniture Factory: A Case Application», 2020.
- [9] J. P. E. Sison, P. I. D. Jalac, J. M. N. Dinglasan, M. M. Navarro, A. A. Palisoc, y M. B. A. Torres, «Process Value Analysis for Wood-Based Furniture Company in the Philippines using VAVE Approach», 2018.
- [10] A. M. Andrade, C. A. Del Río, D. L. Alvear, A. M. Andrade, C. A. Del Río, y D. L. Alvear, «Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado», *Inf. Tecnológica*, vol. 30, n.º 3, pp. 83-94, jun. 2019, doi: 10.4067/S0718-07642019000300083.
- [11] A. M. M. Choque, «Estudio de tiempos y su relación con la productividad», *Rev. Enfoques*, vol. 5, n.º 17, Art. n.º 17, ene. 2021, doi: 10.33996/revistaenfoques.v5i17.104.
- [12] «Importancia de un estudio de tiempos y movimientos | Inventio». Accedido: 13 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/28>
- [13] A. P. Correa *et al.*, «Simulación y evaluación de un proceso productivo de suelas termoplásticas en Colombia», *Entre Cienc. E Ing.*, vol. 14, n.º 28, pp. 10-15, dic. 2020, doi: 10.31908/19098367.1850.
- [14] «Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: Diseño de un modelo de simulación del proceso productivo de la línea de gases que incremente la producción de nitrógeno en la planta ASU Guayaquil de linde Ecuador.» Accedido: 13 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23875>
- [15] G. Miño Cascante, J. Moyano Alulema, C. Santillán Mariño, G. Miño Cascante, J. Moyano Alulema, y C. Santillán Mariño, «Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro», *Ing. Ind.*, vol. 40, n.º 2, pp. 110-122, ago. 2019.
- [16] J. P. Orejuela Cabrera y A. Flórez González, «Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante Programación por metas», *INGE CUC*, vol. 15, n.º 1, pp. 109-122, may 2019, doi: 10.17981/ingecuc.15.1.2019.10.
- [17] «DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, KARDEX, VSM Y BALANCE DE LÍNEA PARA REDUCIR COSTOS | INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación». Accedido: 15 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1498>
- [18] «Productividad, aspectos que benefician a la organización. Revisión sistemática de la producción científica». Accedido: 15 de diciembre de 2024. [En

línea]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-63882022000200189&script=sci_arttext

[19] *Simulation with Arena*. Accedido: 17 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mheducation.com/highered/product/Simulation-with-Arena-Kelton.html>

[20] K. D. M. Ortega, J. P. E. García, R. M. N. Gómez, R. D. M. Meza, y A. F. Z. Montiel, «Optimización de Procesos Productivos en la Fabricación de Muebles: Un Enfoque Basado en Simulación de Procesos y Redistribución Estratégica de Recursos», *Arandu UTIC*, vol. 11, n.º 2, Art. n.º 2, oct. 2024, doi: 10.69639/arandu.v11i2.306.

[21] Z. Yin y P. A. Durbin, «Detached Eddy Simulation of Transition in Turbomachinery: Linear Compressor Cascade», *J. Turbomach.*, vol. 144, n.º 031002, sep. 2021, doi: 10.1115/1.4052309.

[22] «Estudio de tiempos y su relación con la productividad | Revista Enfoques». Accedido: 17 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://revistaenfoques.org/index.php/revistaenfoques/article/view/104>

[23] «A simulation-based optimization approach to size manufacturing systems | Request PDF». Accedido: 17 de diciembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/233168986_A_simulation-based_optimization_approach_to_size_manufacturing_systems

Anexos

Instrumento de recolección de datos

Recursos asignados

	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics	Comment
1	Cortador de MDF	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Enchapador	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Ranurador	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Ensamblador	Fixed Capacity	10	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	cortador de melamina	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	cortadora de melamina	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	maquina de ranurado	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	maquina ensambladora	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>	

Calculo de beneficio costo

Flujo de Fondos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversion	1,764,547.20					
Capital	882,273.6					
Prestamo	882,273.6					
Ingresos	\$/0.00	\$/2,304,000.00	\$/2,304,000.00	\$/2,304,000.00	\$/2,304,000.00	\$/2,304,000.00
Ventas anuales		\$/2,304,000.00	\$/2,304,000.00	\$/2,304,000.00	\$/2,304,000.00	\$/2,304,000.00
Venta de inventario inmovilizado						
Egresos		\$/1,764,547.20	\$/1,764,547.20	\$/1,764,547.20	\$/1,764,547.20	\$/1,764,547.20
Materiales		\$/1,430,395.20	\$/1,430,395.20	\$/1,430,395.20	\$/1,430,395.20	\$/1,430,395.20
pago al personal		\$/334,152.00	\$/334,152.00	\$/334,152.00	\$/334,152.00	\$/334,152.00
Saldo bruto antes de impuestos		\$/539,452.80	\$/539,452.80	\$/539,452.80	\$/539,452.80	\$/539,452.80
Impuesto a la renta (30%)		\$/161,835.84	\$/161,835.84	\$/161,835.84	\$/161,835.84	\$/161,835.84
Saldo despues de impuestos		\$/377,616.96	\$/377,616.96	\$/377,616.96	\$/377,616.96	\$/377,616.96
Depreciación						
Flujo Neto de Efectivo (FNE)	-\$/882,273.60	\$/377,616.96	\$/377,616.96	\$/377,616.96	\$/377,616.96	\$/377,616.96
Utilidad Acumulada	-\$/882,273.60	-\$/504,656.64	-\$/127,039.68	\$/250,577.28	\$/628,194.24	\$/1,005,811.20
Corriente de liquidez neta	-\$/882,273.60	\$/377,616.96	\$/377,616.96	\$/377,616.96	\$/377,616.96	377616.96
VAN	\$/409,146.35	\$/1,291,419.95				
TIR	99%					
B/C	\$/1.31					
PRI	10.8					
TMAR	14.16%					