

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Rediseño del proceso productivo de la empresa Representaciones Calvay
E.I.R.L. mediante la simulación para mejorar la productividad**

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

AUTOR

Yuri Sujey Calvay Cabanillas

ASESOR

Marcos Gregorio Baca Lopez

<https://orcid.org/0000-0003-4741-0122>

Chiclayo, 2021

Índice

Resumen.....	3
Abstract.....	4
Introducción	5
Marco teórico	6
Materiales y métodos.....	8
Resultados y discusión.....	8
Conclusiones	18
Referencias.....	19

Resumen

Empresa Representaciones Calvay E.I.R.L. produce muebles de melamina; sin embargo, el producto ropero con tocador que representa el 50% de sus utilidades y demanda, evidencia una baja productividad, causado por un inexistente tiempo estandarizado, la cual genera un cuello de botella (141,17 min/ropero) y por consiguiente requerir de horas extras, además presenta una productividad de 1,13 ropero/operario, causado por una inadecuada distribución de planta y la falta de equipos para transporte de materiales, desarrollando tiempos muertos de 185,88 min, una baja eficiencia de línea y económica del 56,11% y 1,27 respectivamente. El objetivo es mejorar la productividad al rediseñar el proceso productivo de la empresa, mediante la simulación, para ello se realizó la metodología SLP, la estandarización de tiempos y el balance de línea. Posteriormente, los resultados obtenidos de las herramientas, fueron registrados para la simulación con la mejora. Consecuentemente, se obtuvo que la productividad incrementó en 107,06%, a través de la disminución del tiempo de transporte en 85,29%, aumento en la eficiencia de la producción en 59,44%, la reducción del cuello de botella y tiempos muertos en 51,70% y 89,78% respectivamente, el crecimiento de la productividad (mano de obra) en 54,87%, el desarrollo de la eficiencia económica en 2,36% y el descenso de horas extras en 100%. Finalmente, la evaluación económica resultó viable con un beneficio de S/ 1,98 por cada S/ 1,00 invertido.

Palabras clave: Metodología SLP, Balance de línea, Productividad, Simulación.

Abstract

Representations Calvay E.I.R.L. produces melamine furniture; however, the product closet with dressing table that represents 50% of its profits and demand, shows a low productivity, caused by a non-existent standardized time, which generates a bottleneck (141.17 min / closet) and therefore require overtime, also presents a productivity of 1.13 closet / operator, caused by an inadequate plant layout and lack of equipment for transporting materials, developing dead times of 185.88 min, a low line and economic efficiency of 56.11% and 1.27 respectively. The objective is to improve productivity by redesigning the company's production process through simulation, for which the SLP methodology, time standardization and line balancing were carried out. Subsequently, the results obtained from the tools were recorded for the simulation with the improvement. Consequently, it was obtained that productivity increased by 107.06%, through the decrease in transport time by 85.29%, increase in production efficiency by 59.44%, reduction of bottleneck and idle time by 51.70% and 89.78% respectively, growth in productivity (labor) by 54.87%, development of economic efficiency by 2.36% and decrease in overtime by 100%. Finally, the economic evaluation was viable with a profit of S/. 1.98 for each S/. 1.00 invested.

Keywords: SLP methodology, Line balance, Productivity, Simulation.

Introducción

En 2021, Mansinghka y Mohan [1] revelaron que la baja productividad en las empresas de América Latina les cuesta a los empleadores alrededor de 1 800 millones de dólares al año, debido a un incorrecto diseño de su proceso productivo y la ausente implementación de técnicas de mejora, que permitan utilizar sus recursos de manera eficiente.

En 2019, Mongilardi [2] señala que la productividad laboral en el Perú, avanzó el 0,5%, generando caídas en comercio (-3,7), manufactura (-0,9%) y servicios (-0,2%), provocado por la alta informalidad de las empresas y la falta de capacitación del trabajador, la cual conlleva a que las actividades de una empresa no sean realizadas de manera óptima, asimismo el carente conocimiento sobre el uso de maquinarias y la falta de implementación tecnológica, originan que los procesos productivos sean más largo.

El estudio realizado fue en base al producto ropero con tocador, ya que representa el 50% de la demanda y de las utilidades; sin embargo, presenta una baja productividad, ocasionando horas extras de 1 207 h anuales y significando un costo adicional de S/10 863,03, causado por una inadecuada distribución de planta y la falta de maquinaria, que consecuentemente incita a elevados tiempos de transporte de 19,71 min, asimismo se incorpora la ausente estandarización de tiempos, la cual conlleva a elevados tiempos muertos en las estaciones que no representan el cuello de botella de 185,88 min, generando la baja eficiencia en la producción del 56,11%.

Por otro lado, en la operación de armado, el operario se encuentra sobresaturado, desarrollando un cuello de botella de 141,17 min. Además, la empresa al desconocer la producción presenta tiempos de espera en materiales de 5,32 min. Lo descrito, ha provocado la baja productividad de mano de obra y económica (unid/sol) de 1,13 y 0,00215 respectivamente.

Frente a esta situación, surge la interrogante: ¿Cuál es el efecto en la productividad al rediseñar el proceso productivo de la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L. mediante la simulación? Por lo cual se busca comprobar que al rediseñar el proceso productivo de la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L. mediante la simulación mejora la productividad. Para ello, en el presente estudio se plantea como objetivo general mejorar la productividad al rediseñar el proceso productivo de la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L. mediante la simulación, teniéndose como objetivos específicos diagnosticar la situación actual del proceso productivo de la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L., rediseñar el proceso productivo de la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L. mediante la simulación y realizar una evaluación económica de la mejora.

Marco teórico

Ramos [3], en su investigación: “Implementación del estudio de métodos para mejorar la productividad en la línea de cortado, canteado y armado de la empresa mueblería sara E.I.R.L. Villa el Salvador- 2017”, de la Universidad César Vallejo. Tuvieron como objetivo mejorar la productividad. Para ello se usó como metodología el estudio de métodos y tiempos; los resultados obtenidos fueron el incremento de la productividad en 30%, la eficiencia sobre los materiales en 18% y la eficacia acrecentó en 13%.

Loaysa y Quispe [4] en su investigación: “Aplicación de las metodologías 5S y VSM para mejorar la productividad de la empresa de muebles Cabrera Gestión Empresarial y Productiva CORP, SJL, 2020”, de la Universidad César Vallejo. Tuvieron como objetivo aumentar la productividad. Para ello se usó como metodología la aplicación de 5S’y VSM; los resultados obtenidos fueron el incremento de la productividad en 15,81%, de energía para la producción en 14,63%, creció la capacidad efectiva en 14,94% y por último el tiempo de ciclo se redujo en 15,81%.

Villanueva [5] en su investigación: “Propuesta de Optimización en el Proceso de Fabricación de Muebles en PYMES, Caso: Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.”, de la Universidad Tecnológica del Perú. Tuvieron como objetivo reducir las distancias y tiempos innecesarios en el flujo de producción para aumentar la productividad. Para ello se usó como metodología las 5S’ y Systematic Layout Planning (SLP); los resultados obtenidos fueron la disminución de desplazamientos y tiempo de producción en 25,27% y 6,61% con respecto a puertas contra placadas, en 7,59% y 8,94% respectivamente para closets en melamina. Asimismo, se incrementó la productividad en 15% para puertas contra placadas y en 24,5% para closets.

Farroñan [6] en su investigación: “Análisis y propuesta de mejora del sistema de producción de una empresa fabricante de muebles”, de la Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo. Tuvieron como objetivo la mejora del proceso productivo de la empresa fabricante de muebles para acrecentar la baja productividad. Para ello se usó como metodología el estudio de tiempos y la 5S’s; los resultados obtenidos fueron el ascenso en 30% para la producción de sofás, una reducción en 38,9% del cuello de botella, una disminución en 21,4% del tiempo de ciclo del proceso, y un incremento de la productividad en mano de obra del 94%.

Izarra [7] en su investigación: “Aplicación del estudio de trabajo para mejorar la productividad en el área de carpintería de la empresa mueblería y transporte J.V.M S.A.C., Lima 2018”, de la Universidad César Vallejo. Tuvieron como objetivo determinar en qué medida la aplicación del estudio de trabajo mejorará la productividad de una mueblería. Para

ello se usó como metodología el estudio de trabajo; los resultados obtenidos fueron el incremento de la productividad en 15%, la eficiencia sobre la utilización de madera creció en 11%, asimismo la eficacia acrecentó en 6%.

Gutiérrez et al. [8] en su investigación: “6TOC Model for Small Wood Furniture Companies to Increase Machining Productivity in Villa El Salvador Industrial Cluster”, de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Tuvieron como objetivo implementar la metodología 6TOC centrándose en la mejora del cuello de botella para incrementar la productividad. Para ello se usó como metodología el modelo 6 TOC basada en la filosofía LEAN, SixTeoría de sigma y restricciones; los resultados obtenidos fueron el aumento de la productividad en 22% de 13 pymes de muebles del Perú, asimismo la reducción al 18% de los costos de producción y por último la reducción de los sobrecostos en 11,93%.

Kishore et al. [9] en su investigación: “Productivity Improvement in Furniture Manufacturing Industry by Using Kaizen”, Nagpur. Tuvieron como objetivo comprender y mejorar la productividad. Para ello usó como metodología las técnicas de Kaizen (Takt Time); los resultados obtenidos fueron la reducción del tiempo de producción y la distancia del flujo productivo en 13,19% y en 66,32% correspondientemente y por último incrementó la productividad en 15%.

Murali y Prabucarthi[10] en su investigación: “Productivity improvement in furniture industry using lean tools and process simulation”, PSG College of Tecnología, India. Tuvieron como objetivo mejorar la productividad de una mueblería. Para ello se usó como metodologías técnicas de pronósticos, estudio de tiempos y mapeo de flujo de valor (VSM); los resultados obtenidos fueron el aumento de la utilización del operador al 54%, aumento de la producción en 60,7%, disminuyó el tiempo de inactividad de un operador al 46%.

Suhardi et al. [11] en su investigación: “Implementation of standardization work to improve Productivity in Indonesian Furniture Industry”, Universitas Sebelas Maret, Indonesia. Tuvieron como objetivo mejorar la eficiencia del trabajo en la línea de producción mediante la implementación del método de trabajo y la optimización de la carga de trabajo del operador. Para ello se usó como metodología el estudio de métodos y takt time; los resultados obtenidos fue la reducción del tiempo de producción en 72,80%, aumento de la eficiencia a 85% y tuvo un ahorro de costos de producción en \$ 456.

Rocha y Gazoli [12] en su investigación: “Productivity improvement through the implementation of lean manufacturing in a medium-sized furniture industry: a case study”, Pontifical Catholic University of Parana, Brazil. Tuvieron como objetivo la implementación parcial de la manufactura esbelta (LM) en una industria del mueble con el objetivo de

incrementar la productividad. Para ello se usó como metodología las herramientas de lean manufacturing; los resultados obtenidos fue el incremento de la productividad en 25,93%; se disminuyó los movimientos en 66,67%, se redujo los costos de producción en \$ 1 322,29 lo que resultó en un ahorro anual de aproximadamente \$ 15 800,00.

Materiales y métodos

Para diagnosticar la situación actual del proceso productivo de la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L., se consideró las actividades realizadas durante la producción del ropero con tocador descrito en el diagrama de operaciones, los costos de producción y la demanda real. Los datos recopilados fueron procesados mediante indicadores de producción. Asimismo, se presentó un diagrama de Ishikawa evidenciando las causas que generan la baja productividad en la empresa. Posteriormente, se simuló el proceso productivo en diagnóstico, en la cual se registró los tiempos de producción, el número de máquinas y operarios, luego se procedió analizar los resultados obtenidos.

Para la simulación con la mejora, se tomó en cuenta la propuesta, constituida por la redistribución del proceso productivo utilizando la herramienta Systematic Layout Planning (SLP), estandarización de tiempos y balance de línea, los resultados fueron analizados y se discutieron en contraste con lo diagnosticado.

Para realizar la evaluación económica, se tuvo presente el criterio costo de oportunidad y el costo-beneficio de la mejora para evaluar si resulta económicamente viable.

Resultados y discusión

Situación actual del proceso productivo de la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L.

En la Figura N° 1, se muestra las actividades que forman parte del proceso productivo del ropero con tocador, asimismo los tiempos, materiales y materias primas entrantes.

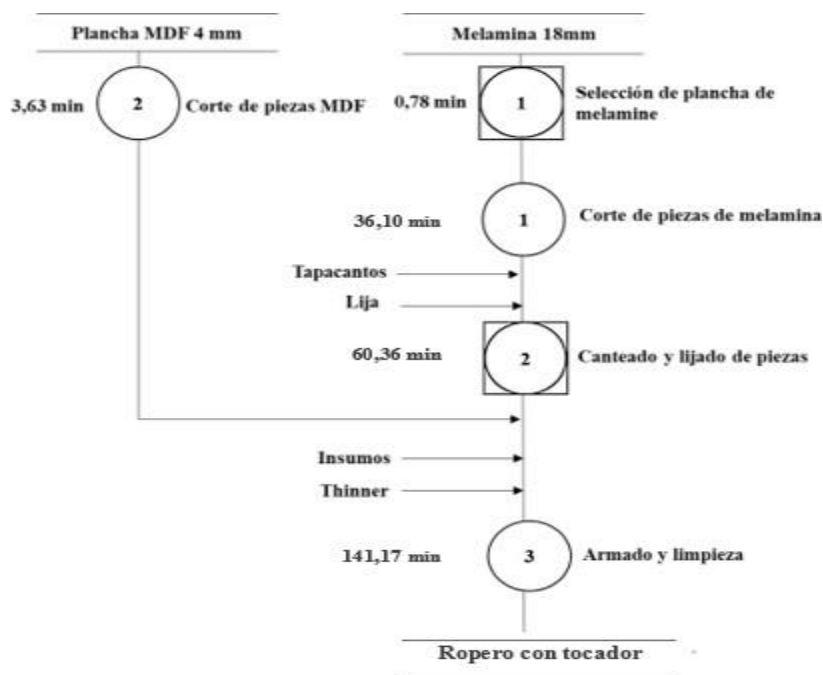


Figura N° 1 Diagrama de operaciones del Ropero con tocador

Fuente: Representaciones Calvay E.I.R.L.

En la Tabla 1 se evidencia la demanda mensual en 2018 del ropero con tocador, la cual muestra una demanda de 712 muebles de los cuales se abasteció 541, incurriendo horas extras (1 207 h) en mano de obra, significando para la empresa un costo adicional de S/ 10 860,03. Se resalta que el costo por hora extra es de S/ 9 por operario.

Tabla 1 Demanda del mueble ropero con tocador en el año 2018

Demanda mensual	Demanda	Producción	N° roperos en jornada laboral	N° roperos fuera de jornada laboral	Horas extras /operario	Total, de horas extras	Costo total por horas extras
Ene-18	60	15	45	15	35	106	S/952.90
Feb-18	59	15	45	14	33	99	S/889.37
Mar-18	62	15	45	17	40	120	S/1,079.95
Abr-18	60	16	48	12	28	85	S/762.32
May-18	52	12	36	16	38	113	S/1,016.42
Jun-18	58	14	42	16	38	113	S/1,016.42
Jul-18	54	16	40	14	33	99	S/889.37
Ago-18	58	15	45	13	31	92	S/825.84
Set-18	65	18	54	11	26	78	S/698.79
Oct-18	55	15	45	10	24	71	S/635.27
Nov-18	69	17	51	18	42	127	S/1,143.48
Dic-18	60	15	45	15	35	106	S/952.90
TOTAL	712	183	541	171	402	1207	S/10,863.03

Fuente: Representaciones Calvay E.I.R.L.

En la Tabla 2 se observa los resultados del tratamiento de la información cuantitativa adquirida por la empresa, a través de los indicadores de producción los cuales permitirán identificar los potenciales problemas y anomalías que se están ocasionando en las actividades productivas del ropero con tocador y por ende conllevando a que la jornada laboral no sea suficiente para abastecer a la demanda.

Tabla 2 Indicadores de producción del mueble ropero con tocador

Indicadores	Resultados
Producción = $\frac{\text{Tiempo base}}{\text{Ciclo}} = \frac{480 \text{ min}}{141,17 \text{ min}}$	3,4 unid/día
Productividad(P) MO = $\frac{\text{P. Teórica diaria}}{\text{N° operarios}} = \frac{3,4 \text{ unid/día}}{3}$	1,13 unid/día
Productividad(P) eco = $\frac{\text{Producción}}{\text{Costo Producción}} = \frac{1 \text{ unid}}{\text{S/ } 464,43}$	0,0022 unid/sol
Eficiencia económica = $\frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}} = \frac{\text{S/ } 590}{\text{S/ } 464,43}$	1,27
Eficiencia de línea = $\frac{\sum \text{Tmp. operación total}}{\text{N° estaciones por ciclo}} \times 100$	56,11%
Eficiencia de línea = $\frac{36,10 + 60,36 + 141,17}{3 \times 141,17} \times 100$	
Tmp. muerto = (N° estaciones × Cuello de botella) – Tmp ciclo	185,88 min
Tmp. muerto = (3 × 141,17) – 237,63	

Fuente: Representaciones Calvay E.I.R.L.

En la siguiente Figura N° 2 se presenta el diagrama de Ishikawa donde se observa las causas y sub causas que conjuntamente ocasionan la baja productividad en la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L.

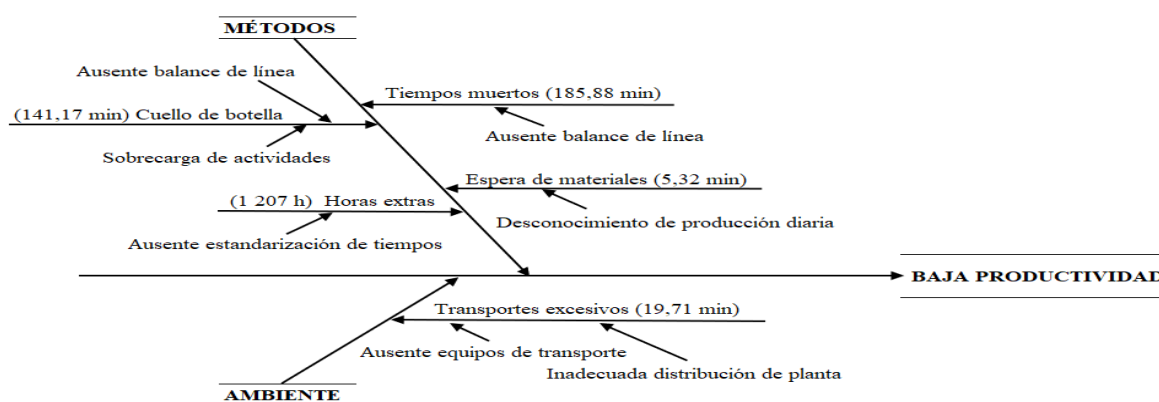


Figura N° 2 Diagrama de Ishikawa de la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L.

Fuente: Representaciones Calvay E.I.R.L.

Simulación del proceso productivo de la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L. antes de la mejora.

Para la simulación del proceso actual del ropero con tocador, se consideró los tiempos de cada actividad; en locaciones, se registró las áreas que forman partes del proceso; en entidades, materia prima y materiales; en redes y recursos, se trazó los desplazamientos y se registró el número de operarios (1) por cada ruta que forman parte del proceso.

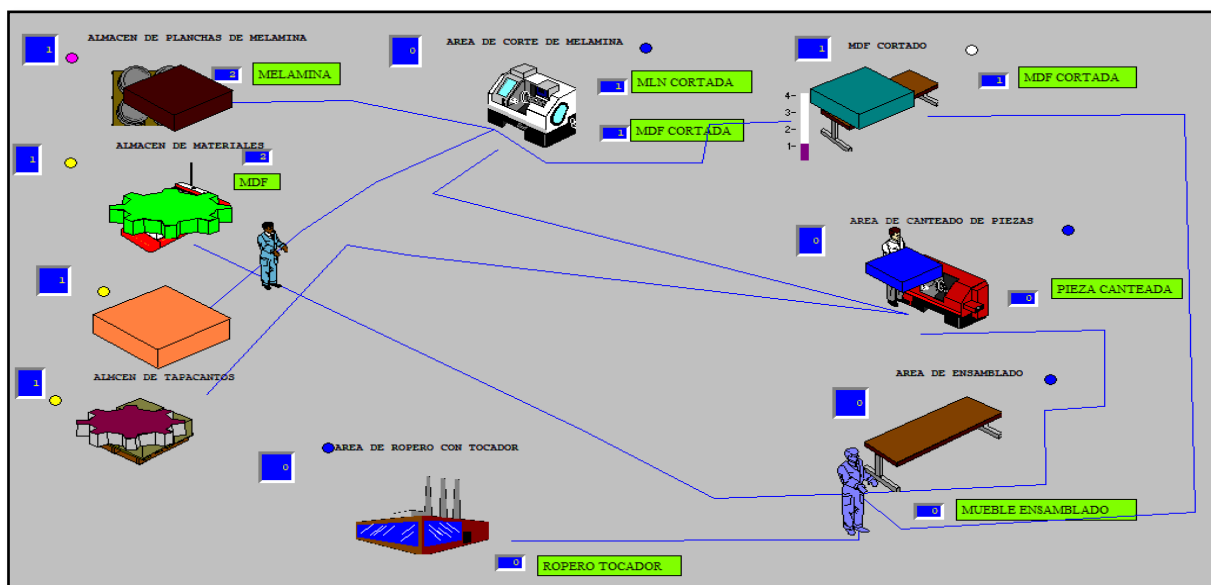


Figura N° 3 Simulación del proceso productivo de ropero con tocador

Fuente: Representaciones Calvay E.I.R.L.

Tabla 3 Resultados de la situación actual de las locaciones, entidades y desplazamientos

<p>Se constata que la producción de la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L. está definido por el área de ensamblado, debido a que actualmente opera en 75,74%; sin embargo, muestra una sobrecarga de actividades, reflejando un cuello de botella de 141,17 min, ya que en el área de corte y canteado se está operando en 30,94% y 34,10% respectivamente, además presenta un bloqueo del 62,18% y 51,88%, justificando los tiempos muertos que se producen en ambas áreas de 185,88 min.</p>	<p>Por Ciento</p>												
<p>Con respecto a la entidad mueble de melamina que representa el ropero con tocador se observa que actualmente se produce 3 unidades por día.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Total Salidas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Plancha de melamina</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Plancha de MDF</td> <td>4.00</td> </tr> <tr> <td>Materiales</td> <td>4.00</td> </tr> <tr> <td>Mueble de melamina</td> <td>3.00</td> </tr> <tr> <td>Tapacanto</td> <td>5.00</td> </tr> </tbody> </table>	Nombre	Total Salidas	Plancha de melamina	0.00	Plancha de MDF	4.00	Materiales	4.00	Mueble de melamina	3.00	Tapacanto	5.00
Nombre	Total Salidas												
Plancha de melamina	0.00												
Plancha de MDF	4.00												
Materiales	4.00												
Mueble de melamina	3.00												
Tapacanto	5.00												
<p>Los tiempos en lógica de movimiento de las entidades que están relacionadas a la materia prima y materiales presentan un tiempo de desplazamiento de 19,7 min.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tiempo En lógica de movimiento Pr...</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>342.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>144.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>588.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>132.00</td> </tr> </tbody> </table>	Tiempo En lógica de movimiento Pr...			0.00		342.00		144.00		588.00		132.00
Tiempo En lógica de movimiento Pr...													
	0.00												
	342.00												
	144.00												
	588.00												
	132.00												

Fuente: Representaciones Calvay E.I.R.L.

Para la realización de la simulación con la propuesta se considera la redistribución de la planta mediante la metodología SLP, representándose gráficamente en la Figura N° 4.

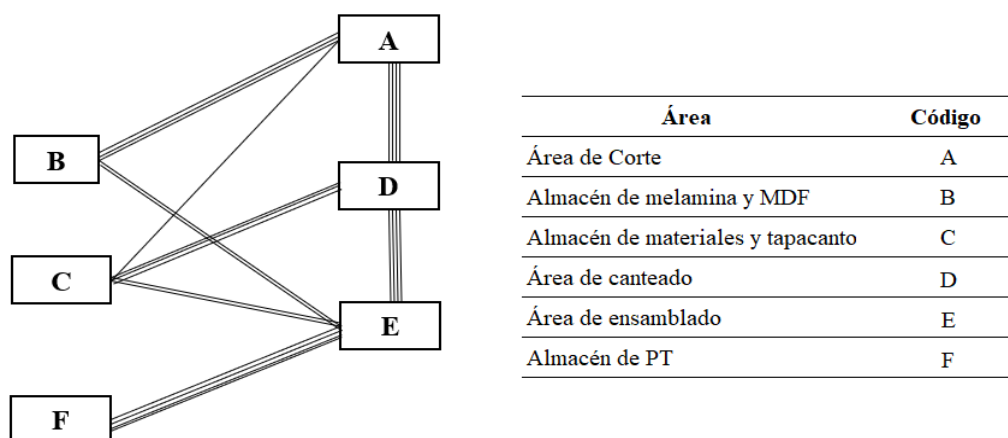


Figura N° 4 Diagrama de relación de actividades de la propuesta de mejora

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente Tabla 4 se muestra los tiempos de transporte de la propuesta con las nuevas distancias que implicaría la redistribución de las áreas del proceso productivo.

Tabla 4 Tiempos de desplazamientos de la propuesta

Transporte	Distancia(m)	Tiempo (sg)	Tiempo(min)
Planchas de melamina y MDF	0,13	15	0,25
Piezas cortadas a canteado	0,4	6	0,1
Almacén de materiales	0,11	23	0,38
Piezas a ensamblaje	0,8	10	0,17
Almacén de producto terminado	0,9	120	2
TOTAL	2,34	174	2,9

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 5 se evidencia los tiempos estándar para la producción de un mueble ropero y que para su desarrollo se consideró el tiempo normal y los suplementos, que son aquellas tolerancias las cuales deben considerarse en la realización de las actividades de un operario.

Tabla 5 Tiempos estándar para el mueble ropero con tocador

Actividades	Tiempo normal (min)	Suplementos								Tiempo estándar(min)
		Constantes			Variables					
		NP	F	TP	EM	CI	TM	M		
Selección de plancha de melamina y MDF	0,81	4	4	2	0	0	0	0	10	0,90
Desplazamiento de plancha de melamina y MDF	0,26	4	4	2	0	0	0	0	10	0,29
Corte de piezas de melamina	38,26	4	4	2	3	2	1	1	17	46,09
Corte de piezas MDF	3,66	4	4	2	3	2	1	1	17	4,40
Desplazamiento de piezas a cantear	0,10	4	4	2	0	0	0	0	10	0,11
Desplazamiento a almacén de Tapacantos	0,39	4	4	2	0	0	0	0	10	0,43
Canteado y lijado de piezas	61,37	4	4	2	0	0	0	0	10	68,18
Desplazamiento de piezas a mesa de ensamble	0,17	4	4	2	0	0	0	0	10	0,20
I (Armado de cajonera)	59,04	4	4	2	0	2	0	1	13	67,86
II Armado laterales	30,23	4	4	0	0	0	0	0	8	32,85
III Armado	25,14	4	4	0	0	0	0	0	8	27,32
Limpieza	2,09	4	4	0	0	0	0	0	8	2,27
Desplazamiento a almacén	2,12	4	4	0	0	0	0	0	8	2,30
TOTAL	223,64				TOTAL					253,2

Fuente: Elaboración Propia

En segundo lugar, para realizar el balance de línea se considera calcular el Tack time, se resalta que, para la producción mensual, se estimó el promedio de la demanda y días que invierte por mes en la fabricación del mueble estudiado.

Tabla 6 Cálculos para el balance de línea de ropero con tocador

Datos	Resultado
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda de ropero con tocador: 60 unid/mes • Tiempo disponible: 8 horas x 15 días x 60 min 	$\text{Tack time} = \text{Tiempo disponible} / \text{Demanda}$ $\text{Tack time} = (8 \text{ horas} \times 15 \text{ días} \times 60 \text{ min}) / 60 \text{ unid/mes}$
<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de ciclo ($\sum TE$) = 253,2 min 	$\text{N}^\circ \text{ estaciones} = (\sum TE) / \text{Tack time}$ $\text{N}^\circ \text{ estaciones} = (253,2 \text{ min} / 120 \text{ min})$ $\text{N}^\circ \text{ estaciones} = 2,11 = 3 \text{ estaciones}$

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente Tabla 7 se muestra la asignación de operarios por cada actividad considerando el Tack time con el objetivo de cumplir con la demanda.

Tabla 7 N° de operarios por cada operación en la producción del ropero con tocador

ACTIVIDADES	Operación (min)	Personal
Selección y corte de MDF y plancha de melamina	46,09	1
Canteado y lijado de piezas	68,18	1
Armado I (Armado de cajones)	67,86	1
Armado II (Laterales)	38,19	
Armado III	31,19	1
Limpieza y almacenamiento	2,32	

Fuente: Elaboración Propia

Simulación del proceso productivo de la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L. después de la mejora.

En la Figura N° 5 se observa el rediseño del proceso productivo del ropero con tocador, la cual antes de haber sido simulada se consideró la redistribución de la planta, estandarización de tiempos y balance de la línea, por lo cual se obtuvo nuevos tiempos de desplazamientos y el requerimiento de un operario adicional en el área de ensamblado para nivelar la producción.

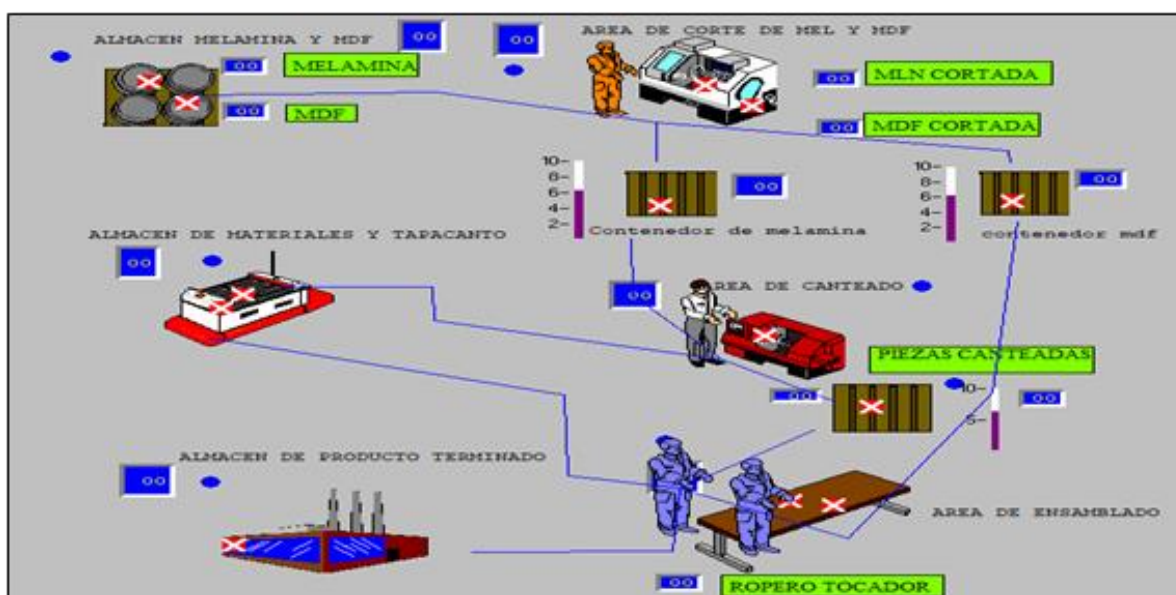
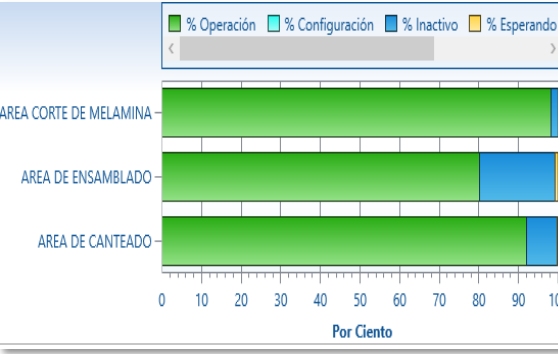


Figura N° 5 Simulación con la propuesta del proceso productivo del ropero con tocador

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente Tabla 8 se muestra los resultados obtenidos en la simulación con la propuesta de mejora.

Tabla 8 Resultados de la situación actual de las locaciones, entidades y desplazamientos

<p>Comparando con la situación actual de la Tabla 3, se evidencia que se eliminó el cuello de botella en el área de ensamblado, ya que el porcentaje de sobrecarga disminuyó mediante el balance de línea la cual constituyó incorporar un operario adicional, por lo tanto se está operando con un 80,22%, con respecto al área de corte y canteado aumentó el porcentaje de operación a un 98,10% y 91,98% respectivamente, ante ello se eliminó el porcentaje de bloqueo y se redujo los tiempos muertos debido a la propuesta de incluir contenedores entre el área de cortado, canteado y armado.</p>													
<p>Por otro lado, la entidad mueble de melamina que representa el ropero con tocador se demuestra que la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L. implementando la mejora puede llegar a producir 7 unidades por día.</p>	<table border="1" data-bbox="922 730 1326 884"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Total Salidas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Plancha de melamina</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Plancha de MDF</td> <td>8.00</td> </tr> <tr> <td>Materiales</td> <td>8.00</td> </tr> <tr> <td>Mueble de melamina</td> <td>7.00</td> </tr> <tr> <td>Tapacanto</td> <td>9.00</td> </tr> </tbody> </table>	Nombre	Total Salidas	Plancha de melamina	0.00	Plancha de MDF	8.00	Materiales	8.00	Mueble de melamina	7.00	Tapacanto	9.00
Nombre	Total Salidas												
Plancha de melamina	0.00												
Plancha de MDF	8.00												
Materiales	8.00												
Mueble de melamina	7.00												
Tapacanto	9.00												
<p>Asimismo, se observa que la mejora se cumple con la reducción del tiempo de desplazamiento en 2,9 min.</p>	<table border="1" data-bbox="1018 898 1230 1075"> <thead> <tr> <th>Tiempo En lógica de movimiento...</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>21.00</td> </tr> <tr> <td>22.80</td> </tr> <tr> <td>122.31</td> </tr> <tr> <td>12.00</td> </tr> </tbody> </table>	Tiempo En lógica de movimiento...	0.00	21.00	22.80	122.31	12.00						
Tiempo En lógica de movimiento...													
0.00													
21.00													
22.80													
122.31													
12.00													

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 9 se evidencia los nuevos indicadores, donde se tiene por resultado que la aplicación de la metodología SLP y balance de línea aumentó la producción del mueble ropero con tocador de 3 a 7 unid/día, lo que implica un aumento de 4 unid/día, debido a que se niveló la producción, por ende, se redujo el cuello de botella y tiempos muertos, así como los altos tiempos de desplazamientos. Ante esto, se deduce que la empresa llega a tender a su demanda sin incurrir a la contratación de horas extras en mano de obra.

Tabla 9 Indicadores de producción del antes y después de la mejora

INDICADOR	Actual	Mejora	%Variación
Cuello de botella (min)	141,17	68,18	-51,70%
Producción (un/día)	3,4	7,04	107,06%
Productividad de mano de obra (un/día. Operario)	1,13	1,75	54,87%
Productividad económica (un/sol)	0,0022	0,0022	0,00%
Eficiencia económica	1,27	1,30	2,36%
Tiempo de transporte (min)	19,71	2,9	-85,29%
Eficiencia de línea	56,11%	89,46%	59,44%
Tiempo muerto (min)	185,88	19	-89,78%
Horas extra usadas al año	1 207	0	-100,00%

Fuente: Elaboración Propia

Evaluación económica

Para que la empresa asuma la inversión observada en la Tabla 10 se considera como criterio el costo de oportunidad, para ello se toma en cuenta el producto que genera a la empresa una mayor utilidad, en este caso el ropero tocador con S/ 125,57, esta cantidad al multiplicarse por las 3 unidades que se producen diariamente, permitirán cubrir los costos que implica la mejora, por lo cual le costará a la empresa dejar de producir y por ende percibir la generación de utilidades de dicho producto, ante esto se deduce que la implementación de la mejora tendrá una duración de 20 días.

Tabla 10 Inversión para la mejora del proceso productivo

ÍTEM	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Estudio del área de trabajo	2	S/ 210,00	S/ 420,00
Capacitación al personal	1	S/ 650,00	S/ 650,00
Carro Porta Placas de Melamina	3	S/ 910,36	S/ 2 731,08
Contenedores	3	S/ 1 210,00	S/ 3 630,00
TOTAL			S/ 7 431,08

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, la propuesta implica la contratación de un nuevo personal. En la siguiente Tabla 11 se observa el costo de incorporar a un operario en el área de ensamblado siendo de S/35,48/día, resultando un costo total por mano de obra S/ 141,92/día. Lo anterior afectaría al costo de producción por lo cual el beneficio de reducirá a S/ 120,80. Ante ello, el margen de utilidad anual es de S/ 22 108,23. Posteriormente, se presenta el análisis costo beneficio en el que se obtiene un valor positivo de S/ 2,98, indicando que la propuesta resulta ser rentable para la empresa.

Tabla 11 Costo de nuevo personal

Cargo	Cantidad	Sueldo	Beneficios	Costo por día
Operario de ensamblado	1	S/ 900,00	S/ 200,00	S/ 35,48

Fuente: Elaboración Propia

$$\text{Análisis costo beneficio} = \frac{\text{S/ 22 108,23}}{\text{S/ 7 431,08}} = \text{S/ 2,98}$$

Discusión

De acuerdo al primer objetivo la empresa en estudio presenta una similitud en la problemática con Loayza y Quispe [4], con respecto a la baja productividad; sin embargo, existe una discrepancia en sus consecuencias, ya que los autores evidenciaron una mala distribución de máquinas, instalaciones eléctricas y espacio, que generan un largo ciclo de producción y por ende un incurrimento en altos costos eléctricos, mientras la empresa en diagnóstico muestra una inadecuada distribución de planta, que ocasiona tiempos muertos y que conllevan a un costo en requerimiento de horas extras. Asimismo, existe una similitud con Ramos [3], debido a que en su estudio las causas fundamentales que desarrollan la baja productividad son la mala distribución de las máquinas, inexistentes métodos de trabajo y desconocimiento de capacidad del área y conjuntamente provocan elevados costos por contrato de personal.

En cuanto a, la inexistente estandarización de tiempos como originador del principal problema en la empresa estudiada, evidencia una semejanza con Farroñan [6], ya que los operarios realizan de forma empírica sus actividades sin seguir algún procedimiento definido, asimismo el empleador ignora sobre la importancia de capacitar a sus colaboradores.

En relación al segundo objetivo Rocha y Gazoli [12] al implementar herramientas de lean manufacturing; aumentaron la productividad en 27%, redujeron los movimientos en 66,67%, además Kishore et al. [9] al optar por técnicas de Kaizen, redujo el tiempo de producción en 13,18%, la distancia del flujo productivo en 66,32% y aumentó la productividad en 15%, por último, Loaysa y Quispe [4] desarrollaron las 5S y el Mapeo de Flujo de Valor (VSM), permitiéndoles aumentar la productividad en 14,94% y reducir el tiempo de ciclo en 15,81%, pero al comparar los resultados de la mejora realizada, que consistió en aplicar 3 herramientas (Metodología SLP, estandarización de tiempos y balance de línea) y que conjuntamente permitieron ascender la productividad en 107,06%, reducir el tiempo de transporte en 85,29% y el tiempo de ciclo en 51,70%, se denota que la diferencia está dada por la metodología ejecutada, ante ello se infiere que al emplear herramientas de Lean Manufacturing permiten eliminar desperdicios, aumentar la producción y por ende aumentar la productividad.

Con respecto a la metodología utilizada existe una similitud con Izarra [7]; sin embargo, los resultados en la empresa diagnosticada fueron más favorables que la del autor, debido a que evidenció un aumento de la productividad en 16,67% y puesto que, en su investigación, no se realizó un balance de línea, la cual permita definir su tiempo de ciclo máximo y actuar dentro del sistema productivo si así lo requiere.

Finalmente, de acuerdo al tercer objetivo, la empresa en diagnóstico presenta un costo beneficio de S/ 2,98 con una inversión de S/ 7 431,08, mientras la de Farroñan [6] es de S/ 1,40, con una inversión de S/ 9 587,00, la diferencia está dada por lo invertido inicialmente y el criterio de recuperación, ya que la empresa estudiada utilizó el costo de oportunidad por el contrario la del autor realizó un préstamo con una tasa mínima del 11%.

Conclusiones

Se concluye que al rediseñar el proceso productivo de la empresa Representaciones Calvay E.I.R.L. mediante la simulación mejoró la productividad en 107,06%.

En el diagnóstico se evidenció que la empresa no cuenta con tiempos estandarizados en su proceso productivo, por lo cual se genera un cuello de botella en el área de ensamblado de 141,17 min/ropero y consecuentemente necesitar de horas extras para atender a su demanda, además presenta una productividad de 1,13 ropero/operario debido a una inadecuada distribución de planta y la falta de equipos para transporte de materiales las cuales ocasionan tiempos de desplazamientos excesivos, asimismo tiempos muertos en el área de cortado y canteado de 185,88 min, una baja eficiencia de línea del 56,11% y una eficiencia económica de 1,27, lo descrito refleja una baja productividad en la empresa.

La propuesta de mejora consistió en la redistribución de planta a través de la metodología SLP la cual permitió disminuir el tiempo de transporte en 85,29%, asimismo la estandarización de tiempos y el balance de la línea, mediante la incorporación adicional de un operario en el área de ensamblado, originó una acentuación en la eficiencia del proceso productivo en 59,44%, una disminución en el cuello de botella y tiempos muertos en 51,70% y 89,78% respectivamente, ante esto la producción aumentó en 107,06%, también la productividad en mano de obra creció en 54,87%, por ende la eficiencia económica se incrementó en 2,36%. Continuando, a través de la simulación se constató que la producción diaria incrementó en 107,06% y el requerimiento de horas extras decreció en 100%.

En cuanto a la evaluación económica de la mejora, se produjo un costo beneficio de S/ 2,98, significando que la propuesta es beneficiosa económicamente, ya que por cada S/ 1,00 invertido resulta un beneficio de S/ 1,98.

Referencias

- [1] A. Mansinghka y N. Mohan, “Los efectos de la baja productividad en el crecimiento empresarial”. [En línea]. Disponible en: <https://www.saviom.com/blog/effects-of-low-productivity-business-growth/>. [Accedido: 28-mayo-2021]
- [2] M. Mongilardi, “Productividad laboral a paso lento” [En línea]. Disponible en: <https://goo.su/7bTHh7e>. [Accedido: 28-mayo-2021]
- [3] S. Ramos. Silvio, “Implementación del estudio de métodos para mejorar la productividad en la línea de cortado, canteado y armado de la empresa mueblería SARA E.I.R. L VILLA EL SALVADOR - 2017”, tesis pregrado, Univ. César Vallejo, 2017 [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/1922>. [Accedido: 18-junio-2021]
- [4] B. Loaysa Yupanqui y M. Quispe Celmi “Aplicación de las metodologías 5S y VSM para mejorar la productividad de la empresa de muebles Cabrera Gestión Empresarial y Productiva CORP, SJL, 2020”, de la Universidad César Vallejo, 2020 [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/55411>. [Accedido: 17- junio-2021]
- [5] D. Villanueva Hannco “Propuesta de Optimización en el Proceso de Fabricación de Muebles en PYMES, Caso: Mueblerías “ALEXIS” S.R.L.”, de la Universidad Tecnológica del Perú, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/2849>. [Accedido: 18-junio-2021]
- [6] J. Farroñan García “Análisis y propuesta de mejora del sistema de producción de una empresa fabricante de muebles”, de la Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo 2019. [En línea]. Disponible en: <https://goo.su/08tbad>. [Accedido: 18-junio-2021]
- [7] J. Izarra. Boza “Aplicación del estudio de trabajo para mejorar la productividad en el área de carpintería de la empresa mueblería y transporte J.V.M S.A.C., Lima 2018”, de la Universidad César Vallejo 2018, de la Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo 2019. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/36431>. [Accedido: 18-junio-2021]
- [8] L. Gutiérrez; et al, “6TOC Model for Small Wood Furniture Companies to Increase Machining Productivity in Villa El Salvador Industrial Cluster”, IHIET 2019, AISC 1018, pp. 1007–1013, 2020. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-25629-6_156.
- [9] L. Kishore; et al, “Productivity Improvement in Furniture Manufacturing Industry by Using Kaizen”, IJSDR1 2019, v° 1, pp. 2455-2631, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://goo.su/tI7F>. [Accedido: 18-mayo-2021]
- [8] L. Gutiérrez; et al, “6TOC Model for Small Wood Furniture Companies to Increase Machining Productivity in Villa El Salvador Industrial

Cluster”, IHJET 2019, AISC 1018, pp. 1007–1013, 2020. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-25629-6_156.

[10] C. Murali y A. Prabukarthi; et al, “Productivity improvement in furniture industry using lean tools and process simulation” *Int. J. Productivity and Quality Management*, v°. 30, n°. 2, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://goo.su/Zn8VJ>. [Accedido: 19-mayo-2021]

[11] B. Suhardi; et al, “Implementation of standardization work to improve Productivity in Indonesian Furniture Industry”, *Journal of Engineering and Applied Sciences*, pp. 2602-2606, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://goo.su/Z3XJs>. [Accedido: 20-mayo-2021]

[12] A. Gazoli; et al, “Productivity improvement through the implementation of lean manufacturing in a medium-sized furniture industry: a case study”, *South African Journal of Industrial Engineering*, v°. 30, pp. 172-188, 2020. doi: 10.7166/30-4-2112.