

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



**INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA DE  
MOBILIARIOS MEDIANTE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES**

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

**AUTOR**

**MARIA VALERIA GARCIA PERLA**

**ASESOR**

**MAXIMILIANO RODOLFO ARROYO ULLOA**

<https://orcid.org/0000-0002-6066-6299>

**Chiclayo, 2020**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>6</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>11</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>12</b>

## **RESUMEN**

La Teoría de restricciones (TOC) es una metodología orientada a la optimización y mejora de procesos, identificando y eliminando las restricciones. Por esta razón, la presente investigación tuvo por finalidad identificar la restricción y realizar una mejora para incrementar la productividad de una empresa de mobiliarios. La etapa de ensamblado se determinó como el cuello de botella, y en base al margen throughput se establecieron las prioridades de producción. El diagrama OT permitió identificar la existencia de excesivos tiempos muertos equivalentes a 136 min para la fabricación de dos unidades, así mismo evidencia el desequilibrio de las cargas de trabajo entre los puestos. Por ende, se realizó el balance de línea teniendo como base el takt time y el número de puestos requeridos, permitiendo incrementar la productividad un 80%, la producción diaria 20% y reducción de requerimientos de mano de obra a 4 operarios.

**Palabras clave:** TOC, Diagrama O-T, Balance, Productividad.

## **ABSTRACT**

The Theory of Constraints (TOC) is a methodology oriented to the optimization and improvement, identifying and removing restrictions. This is the reason for, the purpose of this investigation was to identify the restriction inside a furniture company and make an improvement to increase the productivity. The assembly stage was determined as the bottleneck, and based on the throughput margin, the production priorities were established. The OT diagram identified the existence of excessive dead times equivalent to 136 min for the manufacture of two units, as well as evidence of workloads unbalance between the stations. Therefore, the line balance was carried out based on the takt time and the number of positions required, allowing to increase productivity by 80%, daily production by 20% and reduction of labor requirements to 4 operators.

**Keywords:** TOC, O-T Diagram, Balance, Productivity.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En el Perú, el Ministerio de Producción [1] indican que el sector manufacturero participa del 16,5% del Producto Bruto Interno (PBI), cuya característica principal es la generación del valor agregado mediante el proceso de transformación, hacia los productos que producen. La revista Gestión [2] menciona que la industria del mueble presenta una elevada tasa de crecimiento, en correlación al aumento del sector construcción, según la Cámara de Comercio de Lima (CCL) creció un 4,1 % en el 2019. Además, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

[3] parte del crecimiento positivo del PBI se debe al incremento de consumo de los hogares, que adquieren muebles a proveedores minoristas, representando el 2,46 %.

La empresa donde se realizó el estudio se dedica a la producción y elaboración de mobiliarios domésticos y de oficina. Cuenta con tres categorías de presentación, las cuales son melamina, madera y metal. La primera categoría presenta la mayor demanda, teniendo como productos principales el ropero (8,8%) y escritorio (8,2%), con una productividad de 0,078 y 0,091 unidades/horas respectivamente. A pesar del incremento de sus ventas en los últimos años, el 36% de los pedidos no son atendidos debido a los elevados cuellos de botella de 117,6 min (ropero) y 43,92 min (escritorio), y a la incorrecta distribución de las actividades de trabajo. Este último se debe a que los operarios presentan una falta o exceso de las cargas de trabajo, algunos puestos están saturados con el 35% de las actividades, mientras que otros solo ejecutan el 13% de las mismas, evidenciándose un desbalance en la línea de producción [4].

Frente a esta problemática, surge la interrogante ¿En qué medida se incrementará la productividad de una empresa de mobiliarios mediante la herramienta de teoría de restricciones? Esta investigación tiene por finalidad incrementar la productividad de una empresa de mobiliarios, para lo cual se plantea como objetivos específicos, identificar las restricciones del proceso productivo mediante la herramienta TOC y realizar el balance de línea para equilibrar las cargas de trabajo.

## II. MARCO TEÓRICO

**La teoría de restricciones (TOC).** es una filosofía que sostiene que todo proceso posee un eslabón débil, que limita su ritmo de desarrollo y, en consecuencia, también limita el alcance de las metas establecidas. Goldratt y Cox [5] indican que el objetivo del TOC es identificar este punto débil, calificándolo como restricción o cuello de botella, y en base a esto realizar o proponer planes de mejora para alcanzar su reducción o eliminación. El administrar adecuadamente las restricciones permite la obtención de resultados rápidos y altamente efectivos, por consiguiente, genera la armonía del sistema. Sin embargo, al elevar esa restricción el grado será asignado a otra etapa o actividad, a la cual se debe aplicar la misma metodología, alcanzando la mejora continua. El cuello de botella o restricción se determinar como aquella actividad, proceso o fase de un sistema de producción más costoso y/o lento. Al ser la operación que requiere de mayor tiempo de procesamiento es factible a generar retrasos o paradas en la línea de producción. Cuatrecasas [6] indica que existe una gestión de procesos orientada a la esta restricción, que presenta un enfoque lean, pues consiste en abarcar todo el proceso productivo y buscar el flujo equilibrado del mismo, mas no de enfocarse actividades.

**El balance de línea.** una herramienta que permite equilibrar los tiempos a lo largo de una línea de producción en base al takt time. Coletti y Rioja [7] señalan que el balance consiste en equilibrar el flujo de trabajo a fin de disminuir o eliminar los tiempos improductivos. Por lo general cuando una línea de producción está equilibrada presenta problemas de exceso o escasez de operarios en las estaciones de trabajo. Stephens y Meyers [8], citado por Coletti y Rioja [7, p. 10], mencionan que el objetivo del balance de línea busca la correcta asignación o distribución de las cargas de trabajo entre los operarios y maquinarias.

**El diagrama de Operaciones-Tiempos.** Cuatrecasas [9] indica que esta herramienta permite una evaluación sencilla del proceso productivo, pues no necesita de cálculos complejos para conocer las deficiencias del proceso como los tiempos muertos o stock en proceso. Por ende, busca un flujo continuo mediante el equilibrio de las operaciones del proceso, logrando aumentar la productividad y evitando los paros de las estaciones u operarios.

Bazán, Chavez, Ramos, Eyzaguirre y Mesia [10] en su investigación titulada “An integrated system: Lean, Six Sigma and Theory of constraints, a study applied in wooden furniture industry in Lima, Peru” se plantea como objetivo incrementar la productividad de una empresa de muebles. Identifica que las deficiencias del proceso se deben a una inadecuada utilización de los recursos y mala distribución de puestos de trabajo. Para ello plantea el uso de la herramienta TOC, mediante la cual identifica que la actual producción tiene una duración de 598,63 min, y la etapa de secado presenta un tiempo de 297,68 min/unidad sobre el takt time. Sin embargo, esta etapa no emplea ningún recurso, por lo tanto, no se considera el cuello de botella, sino el enchapado. Según la metodología DBR, esta etapa marcará el ritmo de producción, por lo tanto, para eliminar el cuello de botella se debe reasignar a los operarios. Al realizar la distribución de las cargas de trabajo se presenta la necesidad de implementar un operario adicional, debido a que el operario de enchapado presenta una saturación del 102%. Esto permitió incrementar la productividad un 7%, así como el tiempo de ciclo y los ingresos un 5% y 65% respectivamente.

Wieslaw [11] en su artículo titulado “TOC implementation in a medium-scale manufacturing system with diverse product routing” indica que todo proceso productivo presenta una o más restricciones, y por lo tanto cada una puede presentar más de una solución. En el caso de la empresa en estudio se identificó que el proceso D (Die cutting) presenta una capacidad limitada de 3100 artículos/hora, por lo tanto, se considera como la capacidad del sistema. Al aplicar la teoría de restricciones se estableció que la opción más viable era ejecutar un balance de flujo, debido a la excesiva acumulación de stock en proceso (300 unidades en proceso D). El proceso C incrementó su producción un 8%, y los procesos B, E y F disminuyeron en 18%, 8% y 4%

respectivamente, obteniendo un flujo continuo. Por lo tanto, se estimó que incrementarían la productividad en 29,03% y la capacidad a 4000 und/hora.

Miño, Moyano y Santillán [12] en su artículo titulado “Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro” indica que la productividad es un factor importante para el crecimiento de una empresa, por tal motivo, el objetivo del artículo fue realizar el balance de línea. Al realizar el cálculo de los tiempos estándar y compararlo con el takt time, se determinó que dos estaciones están 26,6 min y 24,3 min sobre este. Además, se realizó el cálculo de las estaciones de trabajo requeridas para alcanzar un flujo equilibrado. Las cargas de trabajo se redistribuyeron entre los operarios según las estaciones establecidas. Esto se reflejó en la reducción del cuello de botella de 71,12 min a 45,5 min, es decir se redujo un 36,02 % que trae por consiguiente cumplir con la demanda de 10 und/día.

Cuatrecasas y Fortuny [13] en su investigación titulada “El diagrama O-T. Una herramienta visual para la optimización de procesos en entornos Lean” tiene como objetivo demostrar los beneficios del diagrama OT en la mejora de los procesos. El caso de estudio mediante la herramienta mencionada identificó un excesivo stock en proceso (885 unidades), a causa de que las estaciones trabajaban independientemente y presentaban variados tiempos de ciclo y lotes de transferencia. Ante esto calcula el tiempo máximo de las estaciones y mediante la gráfica OT realiza la agrupación de operaciones en células, de manera que los procesos sean ejecutados según el orden de secuencia, alcanzando un flujo continuo con un stock en promedio de 10 unidades. Concluyó que se reducirá el personal requerido de 14 a 10 operarios, así mismo se logró el aumento de la producción un 7,5% y la productividad un 48%.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Métodos

La teoría de restricciones se implementó con la finalidad de identificar la restricción que limita la producción en la línea de melamina de la empresa, para ello se realizó la siguiente serie de pasos.

Paso 1. Se identifico la restricción, mediante el análisis del tiempo requerido para cubrir la demanda de los principales productos y el tiempo disponible para la producción de los mismo.

Paso 2. Explotar la restricción. El tiempo requerido para la producción de ambos productos no es suficiente, por lo tanto, se realiza el cálculo del margen throughput de cada producto para establecer las prioridades de producción, mediante la fórmula (1).

$$\text{Margen throughput} = \frac{\text{margen de contribución unitario}}{\text{tiempo del cuello de botella}} \quad (1)$$

Paso 3. Subordinar a la restricción. Se realizó el análisis detallado mediante el diagrama O-T del proceso, para identificar el tiempo de ciclo de dos unidades y evaluar los tiempos muertos generados entre la producción de ambos. Así mismo se establecieron las cargas de trabajo de cada operario. Miño, Moyano y Santillán [12] indican que el takt time se calcula en base al tiempo disponible (2) y el número de puestos requeridos para alcanzar la demanda (3).

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible\ por\ turno}{Demanda\ en\ ese\ periodo} \quad (2)$$

$$N^{\circ}\ de\ estaciones = \frac{Tiempo\ de\ ciclo\ total}{Takt\ time} \quad (3)$$

Paso 4. Elevar la restricción. La línea fue equilibrada mediante la reasignación de las actividades a los operarios, acorde al takt time. Así mismo, se evaluaron que las operaciones tanto de los operarios como ayudantes sea acorde a las actuales actividades y capacidades necesarias para realizar las tareas. Por ello se planteó el diagrama O-T donde todas las actividades fueron asignadas en base a la cantidad de puesto calculados previamente.

Paso 5. Al reasignarse las tareas de los puestos, se agregaron tiempos disponibles para realizar la limpieza de las áreas de trabajo, la inspección o ambas actividades del producto, a fin de evitar posible error en el proceso por material en los espacios de trabajo o el procesamiento de productos defectuosos.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La empresa desarrolla una línea completa de melanina, de los cuales el ropero y el escritorio representa la mayor parte de sus ventas. En la tabla 1 se observa el tiempo requerido de ambos productos. La etapa de ensamble es el cuello de botella en ambos casos, y al comparar la demanda con el tiempo requerido se establece que no se dispone del tiempo suficiente para satisfacer la demanda de ambos productos. La capacidad disponible de la empresa es de 34080 min para la producción de la demanda de productos.

**Tabla 1. Capacidad requerida de producción.**

Producto	Demanda	min/unidad			
		Calibrado	Cortado	Canteado e inspección	Ensamble
Ropero	172	858,28	777,44	4146,92	24879,8
Escritorio	185	1489,25	640,1	4158,8	9993,7
Capacidad requerida		2347,53	1417,54	8305,72	34873,5
Capacidad disponible				34080	

Fuente: Elaboración propia. En base a Ruidas 2016

Se realizó el cálculo de las prioridades, en la tabla 2 se observa que el escritorio es el producto al cual se le asigna la preferencia de producción, a pesar de presentar un precio de venta menor,

el margen throughput es mayor. Por lo que en base al tiempo disponible se produce el total de demanda del escritorio de 185 unidades y del ropero 100 unidades.

**Tabla 2. Capacidad requerida de producción.**

Producto	Margen (S/.)	Cuello de Botella (min)	Margen Thoughtput (S./min)	Prioridad	Unidades producidas
Ropero	396,1	144,7	2,7	2	100
Escritorio	270	54	5	1	185

Fuente: Elaboración propia. En base a Ruidas 2016

Se analiza a detalle el proceso productivo del escritorio mediante el diagrama O-T, en pues en la tabla 3 se especifica todas las actividades ejecutadas por cada operario y para el análisis se realiza el cálculo de los tiempos exactos para realizar el grafico en base a una medida.

**Tabla 3. Capacidad requerida de producción.**

	Operación	Tiempo (min)	Tiempo exacto (min)
1	Selección	1,33	2,0
2	Transporte	0,34	1,0
3	Limpieza	0,17	1,0
4	Carga	0,14	1,0
5	Calibrado	8,05	9,0
6	Cortado	3,46	4,0
7	Descarga	4,46	5,0
8	Transporte	2,26	3,0
9	Carga	0,40	1,0
10	Programar canteadora	0,16	1,0
11	Acondicionar piezas	2,40	3,0
12	Cantear piezas	10,25	11,0
13	Inspeccionar el canteado	9,67	10,0
14	Transporte	1,07	2,0
15	Ir a almacén	1,85	2,0
16	Recibir accesorios	0,62	1,0
17	Ir a ensamble	0,72	1,0
18	Ensamblar parantes a tablero	1,85	2,0
19	Ensamblar mandil	0,62	1,0
20	Ensamblar división vertical	1,03	2,0
21	Armar cajón principal	8,61	9,0
22	Colocar chapa al cajón principal	4,10	5,0
23	Colocar corredera	2,05	3,0
24	Ensamblar cajón principal	0,62	1,0
25	Armar cajones secundarios	18,45	19,0
26	Colocar correderas	4,92	5,0
27	Ensamblar cajones secundarios	1,23	2,0
28	Colocar jaladores a los tres cajones	3,08	4,0
29	Dar acabado	4,31	5,0
30	Transporte	5,19	6,0

Fuente: Elaboración propia. En base a Ruidas 2016



El tiempo de ciclo es de 117 min/und de escritorio, según el análisis del diagrama O-T de la figura 1, se dispone de un total de 6 operarios, tres operarios y de tres ayudantes, los cuales requieren de un total de 175 min para producir una segunda unidad, por lo tanto, en un turno de 8 horas al día se pueden producir 5 escritorios. Las cargas de trabajo de los operarios no están asignadas correctamente, el operario 3 tiene una carga de 41 min que equivale a un 35% del total, mientras que el 1 y 2 de 15% y 13%, por tal motivo se generan un tiempo muerto de 136 min.

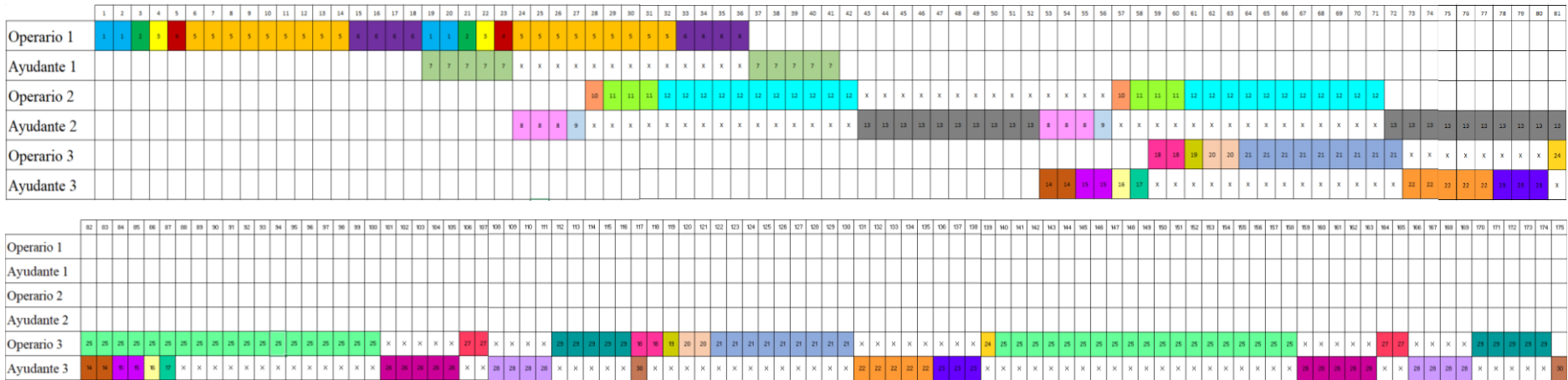


Figura 1. Diagrama O-T actual.

Fuente: Elaboración propia

El takt time se calculó mediante la ecuación (2), obteniendo un valor de 23,3 min/und, acorde a la cantidad de horas asignadas para la producción del escritorio (1,56 horas) y la demanda diaria de 4 unidades. Partiendo de este dato se determinó mediante la ecuación (3) que el número de estaciones o puestos de trabajo requeridos son 4, indicando que la actual producción con seis operarios no es la más óptima. Además, el lead time de dos unidades es de 175 min.

En la figura 2 al realizar la redistribución se determinó que el tiempo de ciclo es de 124 min/und. Esta redistribución se realizó respetando las actividades centrales de cada operario (ver tabla 4). Además, se redujo el requerimiento de mano de obra a 3 operarios y 1 ayudante, donde la mayor carga de trabajo es de 30 min. Así mismo se eliminaron los tiempos muertos y se tiene tiempo disponible que se puede emplear para actividades como limpieza del área de trabajo o inspecciones. Y el lead time de dos unidades se redujo a 155 min.

**Tabla 4. Capacidad requerida de producción.**

Área	Mano de obra
Corte	Operario 1 y ayudante 1
Canteado	Operario 2 y ayudante 2
Ensamble	Operario 3 y ayudante 3

Fuente: Elaboración propia. En base a Ruidas 2016



Figura 2. Diagrama O-T mejora.

Fuente: Elaboración propia

La implementación de la teoría de restricciones permitió enfocarse en el cuello de botella del proceso. Por tal motivo, al realizar un balance de línea en base a la takt time el cuello de botella se redujo a 30 min, equivalente a una reducción del 27%. Así mismo, Miño, Moyano y Santillán [12] a realizar el equilibrio de trabajo en base a un takt time de 45,5 min el cuello de botella se disminuye un 36,02%.

Según Cuatrecasas y Fortuny [13] implementar el diagrama OT como medio de gestión visual permite identificar los tiempos muertos de los operarios y eliminarlos para lograr una discusión del tiempo de ciclo, la mano de obra un 29% y el lead time un 48%. Sin embargo, en la presente investigación incrementó el tiempo de ciclo a razón de equilibrar las cargas laborales y este tiempo fuera empleado en el desarrollo de actividades que agreguen valor visualizado en la figura 2 coloreadas de color rojo, la producción diaria se incrementó un 20% y el lead time se redujo a razón de un 14% y los requerimientos de mano de obra un 33.3%.

Bazán, Chavez, Ramos, Eyzaguirre y Mesia [10] con enfoque en la restricción del proceso realizaron la reasignación de actividades a los operarios y la implementación un operario en el enchape, aumentando la productividad un 7% y reduciendo el tiempo de producción un 2%. En la presente investigación se redujo el personal requerido en 2 operarios y el tiempo de ciclo de dos productos, mientras la productividad incrementó 80%.

## **VI. CONCLUSIONES**

Mediante la herramienta TOC se logró incrementar significativamente la productividad un 80%. Se identificó como restricción del proceso productivo, la etapa del ensamblado, la cual es el cuello de botella de la producción al tener actividades mal distribuidas por saturar a algunos operarios con excesivas actividades, como el operario 3 que presentaba una carga del 35% equivalente a 41min.

El balance de línea enfocado en equilibrar las cargas de trabajo se realizó con el apoyo de la herramienta visual diagrama OT, identificándose tiempos muertos del proceso de 136 min, y permitiendo redistribuir las actividades entre operarios acorde al takt time, y por ende la producción siga un ritmo acorde a la demanda. Asimismo, se impide la sobrecarga de trabajo en un solo puesto, resultando en una mejora de la carga máxima, pues se redujo a 30 min.

Los requerimientos de mano de obra en la producción se disminuyeron un 33%, en consecuencia, existe personal disponible para laborar en otras áreas de la empresa. Por lo tanto, la implementación de la herramienta TOC permite identificar las restricciones que limitan la producción de las empresas y según la naturaleza de estas aplicar estrategias para su mejora o eliminación. Al eliminar una restricción otra surgirá en su lugar, iniciando de nuevo el ciclo, concluyendo en la mejora continua.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «Manufactura experimenta recuperación gradual alentada por sector pesca,» *Gestión*, 12 Junio 2017.
- [2] *Gestión*, 21 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://gestion.pe/economia/construccion-sector-construccion-creceria-41-en-2019-y-65-en-2020-segun-la-ccl-noticia/>. [Último acceso: 7 Junio 2020].
- [3] Perú Retail, 18 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.peru-retail.com/peru-comercio-minorista-crecio-2-46-en-enero-impulsado-por-supermercados/>. [Último acceso: 7 Junio 2020].
- [4] M. F. Ruidas Barrantes, *Mejora del proceso de producción de la línea de muebles de melamina de la empresa Fabricaciones Leoncito S. A. C. para incrementar la productividad*, Chiclayo, 2016.
- [5] E. Goldratt y J. Cox, *The Goal*, Titivillus, 1984.
- [6] Cuatrecasas y Luis, *Organización de la producción y dirección de operaciones: Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva*, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2012.
- [7] E. Coletti y A. Riojas, «Balance de línea de producción en una empresa de calzado mediante la metaheurística búsqueda tabú,» *Revista Peruana de Computación y Sistemas*, vol. 1, n° 1, pp. 9-22, 2018.
- [8] M. Stephens y F. Meyers, *Manufacturing Facilities Design and Material Handling*, Pearson Education, 2013.
- [9] L. Cuatrecasas, *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible*, Barcelona: Profit, 2009.
- [10] K. Bazán, C. Chavez, E. Ramos, J. Eyzaguirre y R. Mesia, «An integrated system: Lean, Six Sigma and Theory of constraints, a study applied in wooden furniture industry in Lima, Peru,» *2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC)*, pp. 347-352, 2019.
- [11] U. Wieslaw, «TOC implementation in a medium-scale manufacturing system with diverse product routing,» *Production & Manufacturing Research*, vol. 7, n° 1, pp. 178-194, 2019.
- [12] G. Miño, J. Moyano y C. Santillán, «Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro,» *Ingeniería Industrial*, vol. 40, n° 2, pp. 110-122, 219.

- [13] C. Luis y J. Fortuny, «El diagrama O-T. Una herramienta visual para la optimización de procesos en entornos Lean,» *International Conference on Industrial Engineering & Industrial Management*, pp. 1237-1246, 2007.