

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



**PROPUESTA DE MEJORA PARA INCREMENTAR LA  
PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TAPAS  
PARA CILINDROS HIDRÁULICOS DE UNA EMPRESA  
METALMECÁNICA**

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

**AUTOR**

**Yakson Gussep Chavez Soraluz**

**ASESOR**

**Santos Confesor Gabriel Blas**

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

**Chiclayo, 2022**

# ARTICULO 3

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://pag.org.mx">pag.org.mx</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://www.scielo.org.co">www.scielo.org.co</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://geox.udistrital.edu.co">geox.udistrital.edu.co</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://ribuni.uni.edu.ni">ribuni.uni.edu.ni</a> Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Anahuac México Sur Trabajo del estudiante	1%
9	<a href="http://simulacionequ5.blogspot.com">simulacionequ5.blogspot.com</a> Fuente de Internet	

## Índice

Resumen .....	3
Abstract .....	4
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
<b>III. METODOLOGIA .....</b>	<b>7</b>
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>8</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>12</b>
<b>VII. REFERENCIAS .....</b>	<b>13</b>

## **Resumen**

El objetivo de este trabajo fue proponer una mejora para incrementar la productividad en el proceso de fabricación de tapas para cilindros hidráulicos de una empresa metalmecánica, que se dedica a la fabricación de piezas consecutivas en torno como en taladro. La empresa viene operando y tomando decisiones de forma empírica y esto genera una baja productividad en la línea de producción teniendo como resultado la fabricación de 47 tapas/mes que aborda una eficiencia de 55%. Este es un problema genuino a la luz del hecho porque la empresa tiene una capacidad de diseño de 85 tapas/mes. Ante esto surge la necesidad de elaborar la propuesta de mejora que consiste en contratar un operario más para que apoye en las actividades de cortado y fresado así mismo será el encargado de habilitar el material para el maquinista del torno, para evitar paradas improductivas que repercuten en la producción. También se consideró agregar una locación de cortado por una sencilla razón, de que este equipo demora un tiempo considerable por la misma dureza del material y esto retrasa toda la línea de producción. Con la propuesta de mejora se obtendrán grandes réditos de productividad por que se fabricarán 80 tapas/mes con una eficiencia de 94 % generando utilidades de S/. 163,200.00

**Palabras claves:** Productividad, proceso, locación, capacidad.

### **Abstract**

The objective of this work was to propose an improvement to increase productivity in the manufacturing process of covers for hydraulic cylinders of a metal-mechanic company, which is dedicated to the manufacture of consecutive parts on a lathe as well as on a drill. The company has been operating and making decisions empirically and this generates low productivity in the production line, resulting in the manufacture of 47 caps/month, which addresses an efficiency of 55%. This is a genuine problem in light of the fact that the company has a design capacity of 85 caps/month. Given this, the need arises to prepare the improvement proposal that consists of hiring one more operator to support the cutting and milling activities, as well as being in charge of equipping the material for the lathe machinist, to avoid unproductive stops that affect the production. It was also considered to add a cutting location for a simple reason, that this equipment takes a considerable time due to the same hardness of the material and this delays the entire production line. With the improvement proposal, great productivity gains will be obtained because 80 caps/month will be manufactured with an efficiency of 94%, generating profits of S/. 163,200.00

**Keywords:** Productivity, process, location, capacity.

## I. INTRODUCCIÓN

El sector industrial metal-mecánico compone una de las industrias primordiales más significativas de los países industrializados. Su nivel de conocimiento es a menudo un exponente del desarrollo industrial de un país [1]. En el Perú, según el informe sectorial del Instituto de Estudios Económicos y Sociales (IEES) de la Sociedad Nacional de Industrias (SIN), la creación moderna del rubro metalmecánico se desarrolló en un 10.2% hace mucho tiempo, y esto se debe al mayor interés interno producido por el desarrollo de la especulación pública y privada [2].

La empresa de estudio pertenece al sector metal-mecánico, que se dedica a la comercialización y fabricación de piezas en serie para el sector industrial, agrícola, pesquera y minería. Así mismo ofrece servicios de mantenimiento preventivo y correctivo de sistemas hidráulicos. El análisis de investigación estará enfocado en uno de sus productos estrellas, mediante la clasificación del método ABC, se determinó que las tapas o bridas para cilindros hidráulicos son las que generan los beneficios más notables para la organización, con un nivel de 82%, razón por la cual fueron elegidas como unidad de investigación para este estudio. Las fabricaciones se realizan de acuerdo a las órdenes de pedido de sus clientes, en el proceso de fabricación participan 3 operarios de las cuales trabajan 8 horas diarias de lunes a viernes, teniendo un break de 1 hora para su refrigerio y 5 horas el día sábado. Laborando un total de 45 horas semanales equivalentes a 180 horas mensuales es decir 10 800 minutos. Actualmente la empresa en su línea de fabricación tiene una capacidad de producción de 85 tapas/mes, equivalentes a 3 tapas/día, pero la producción real es de 47 tapas/mes, es decir 1 tapa/día. Con estos indicadores la empresa tiene una eficiencia de 52%. Asimismo, la empresa viene trabajando en un contexto de planificación y toma de decisiones empíricas que a lo largo del tiempo han creado una pérdida económica de S/. 40,320.00 En ese sentido la empresa busca aumentar su línea de producción para lograr ser más competitivo en un mercado tan exigente. Con respecto a la problemática detallada líneas atrás nace la pregunta, ¿cómo una propuesta de mejora podrá incrementar la productividad del proceso de fabricación de tapas para cilindros hidráulicos de una empresa metalmecánica?

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo general de esta investigación es, proponer una mejora para incrementar la productividad en el proceso de fabricación de tapas para cilindros hidráulicos de una empresa metalmecánica. Así mismo se tiene como objetivos específicos, diagnosticar la situación actual del proceso de fabricación de tapas para cilindros hidráulicos, elaborar la simulación de la propuesta de mejora del proceso de fabricación de tapas para cilindros hidráulicos, y evaluar la productividad antes y después de una posible ejecución de la propuesta presentada.

## II. MARCO TEÓRICO

Gottfried define a la *simulación*, como una actividad a través del cual se pueden sacar conclusiones sobre el comportamiento de un sistema, estudiando el comportamiento de un modelo, cuyas circunstancias y conexiones de resultados lógicos son algo muy similar (o parecido) a los del sistema original. Existen numerosas *aplicaciones* de modelos de simulación que se pueden crear entre los que podemos hacer referencia a los procesos de manufactura, sistemas de colas, sistemas de inventarios, proyectos de inversión, simulaciones de vuelo y pruebas aerodinámicas, simulaciones de manejo y choque de automóviles, desastres naturales, estrategias de defensa, distribución de planta, reacciones químicas, etc. [3]

Law y Kelton [4] mencionan que *Promodel* es un instrumento de simulación utilizado para planificar, diseñar y mejorar la producción y otros sistemas tácticos y operativos. Este sistema permite reproducir la complejidad de los procesos reales, incorporando la variabilidad e interdependencias que hacen posible realizar análisis y cambios. y así optimizar sistemas y mejorar indicadores. Algunos usos normales de *ProModel* son los siguientes: líneas de ensamblaje, sistemas de manufactura flexible, producción por lotes, justo a tiempo (JIT) y sistemas de producción KANBAN, sistemas de colas (para servicios tales como líneas de empaquetado) [5]

La *productividad* es la relación entre cierta producción y ciertos insumos. [6]

$$\text{productividad} = \frac{\text{producción}}{\text{insumos}} = \frac{\text{resultados logrados}}{\text{recursos empleados}}$$

A. Giuttari (2021) [7] en su trabajo de investigación “Diseño y distribución de planta para mejorar la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica”, su principal objetivo fue mejorar la productividad de los procesos de fabricación que ejecuta la organización. Para dar cumplimiento a su objetivo su investigación fue de tipo aplicado, con un diseño pre-experimental obteniendo como resultados la reducción de los metros recorridos por parte de los colaboradores de 1981.39 metros a 1256.71 metros, el cual le representa una diferenciación de 36.6%. así mismo se decidió en reducir la cantidad de mano de obra disponible de 11 a 9 colaboradores quienes a partir de esta mejora serán los encargados de realizar las actividades del proceso de fabricación de estructuras metálicas. Esta implementación aportó beneficios rentables para la empresa porque logro incrementar la productividad total en el proceso de fabricación en un 69.1% esto dictamina que el proyecto es factible para la empresa. También, J. Benites (2020) [8] en su investigación “La simulación de procesos y su impacto en la productividad” realizo la búsqueda sistemática de estudios referentes a la simulación de

procesos en las diferentes fuentes bibliográficas, con el objetivo de justificar su estudio referente a la simulación de un sistema en la línea de producción y poder comprobar su impacto en la productividad, en ese sentido es importante diseñar un modelo lógico muy parecido al sistema real porque ahí se puede describir, observar, explicar y evidenciar los datos que nos arroja el sistema real para poder establecer los planes de mejora. Además, realizo una muestra de 30 estudios, donde ha encontrado diversos temas de simulación de procesos en las locaciones de: manufactura, manejo de materiales, logística entre otros, estos estudios le ayudan a tener un mejor panorama del entendimiento y comportamiento de los procesos, examinar el impacto de los posibles cambios de mejora y realizar experimentos de diseño sin tener que hacer una gran inversión económica. Como resultado busca realizar la mejor configuración del proceso con un coste mínimo, maximizando la eficiencia y la productividad.

Conjuntamente, M. Bernal, G. Cock, J. Restrepo [9] en su artículo “Productividad en una celda de manufactura flexible simulada en ProModel utilizando path networks type crane”, diseñaron un sistema del proceso de una celda de manufactura flexible (FMC), con la intención de calcular y escoger la mejor opción que genere grandes réditos a la productividad utilizando el programa ProModel. Para dar solución a lo planteado diseñaron el sistema actual, identificaron las variables, y recolectaron datos, asimismo interpretaron la información de cada una de las locaciones, calculando el porcentaje de utilización y el total de entidades para las locaciones con capacidad única. Para su diseño en la parte de redes utilizaron el tipo de red Crane, que se encuentra asociada a los recursos del modelo, es importante mencionarlo porque facilita el desplazamiento de los brazos robots con las piezas que circulan a través del sistema.

### **III. METODOLOGIA**

Para dar cumplimiento al primer objetivo se diagnosticará la situación actual del proceso de fabricación de tapas, el cual a través de la clasificación del método ABC se determinó que es uno de los productos que mayores utilidades genera a la empresa. Así mismo se extraerán los tiempos de producción del proceso en curso, también se conseguirán los indicadores reales a través de la data histórica de la línea de producción, además se realizará un análisis de estudio detallado del proceso de producción mensual con el propósito de comprobar la cantidad exacta de tapas o bridas fabricadas en un determinado periodo; este diagnóstico nos permitirá estar al tanto del porcentaje de eficiencia real en el proceso de fabricación, y de no ser beneficiosa para la empresa como es el caso se tiene que poner mayor énfasis en los puntos más críticos en los que incurre el proceso actual.

Para el desarrollo del segundo objetivo, se elaborará la simulación de la propuesta de mejora del proceso de fabricación de tapas para cilindros hidráulicos. Para tal caso se pondrá en práctica el uso del software ProModel, el cual nos permitirá simular cualquier tipo de sistema; en ese sentido se realizará un sistema idéntico al proceso real para simular y encontrar una solución óptima que genere una productividad satisfactoria para la empresa en el proceso de fabricación de tapas o bridas. Así mismo con la ayuda del software se definirán las áreas de trabajo, la cantidad de colaboradores que requiere el proceso, redes y rutas que precisara el nuevo sistema.

En el tercer y último objetivo se evaluará la productividad antes y después de una posible ejecución de la propuesta presentada, es aquí donde decidiremos si el nuevo sistema o proceso de fabricación es el adecuado y útil para implementarlo en la empresa, de ser así el responsable o encargado de la empresa con los demás directivos tomaran la decisión final.

#### IV. RESULTADOS

##### Diagnosticar la situación actual del proceso de fabricación de tapas para cilindros hidráulicos.

Se realizó el sistema idéntico a proceso real (figura 1) en el cual se pueden observar los tiempos de operación, de traslado o lógica de movimiento. Estos tiempos fueron recopilados de la empresa en el área de fabricación y serán quienes determinen la productividad actual de la empresa, para tal caso utilizaremos el software ProModel que nos ayudara de manera eficiente a determinar la situación actual del proceso de fabricación de tapas o bridas.



**Figura 1:** Sistema del proceso actual

**Fuente:** Elaboración propia

Después de realizar la simulación del proceso actual, el software ProModel nos proyecta los siguientes resultados: la producción actual en la fabricación de tapas es de 47 unid. /mes. (tabla 2), también se observa que los mayores porcentajes de utilización se dan en las locaciones de almacén de materia prima (98.78%) y la cortadora (99.65%). De la misma forma se observa (tabla

1) la participación del operario 1 con un porcentaje de utilización equivalente a 99.84%

**Tabla 1:** datos de los recursos sistema actual de una empresa metalmeccánica

Nombre	Unidades	Tiempo Programado (Min)	Tiempo de Trabajo (Min)	% Utilización
Operario 1	1.00	16159.8	16,133.61	99.84
Operario 2	1.00	12249	1,133.69	9.26
Operario 3	1.00	12334.2	1,605.62	13.02

**Elaboración:** Propia, tomada de ProModel

**Tabla 2:** Locaciones del sistema actual de una empresa metalmeccánica

Nombre	Tiempo Programado (Min)	Capacidad	Total Entradas	% Utilización
Conveyor 1	43800	1.00	66.00	90.04
Almacén MP	43800	10.00	60.00	98.78
Cortadora	43560	1.00	50.00	99.65
Torno	39723.6	2.00	49.00	66.89
Conveyor2	21123	1.00	48.00	28.63
Fresadora	39565.8	1.00	48.00	96.69
Almacén 2	12240	10.00	47.00	0.20
Área de pintura	14760	4.00	47.00	5.87
Inspección 1	14940	2.00	47.00	12.71
Inspección 2	12240	1.00	7.00	2.69
Empacado	12240	1.00	47.00	2.94
Embarque	12240	3.00	47.00	0.31

**Elaboración:** Propia, tomada de ProModel

Posteriormente de haber obtenido la producción actual de la empresa, se realizó los cálculos correspondientes para determinar la eficiencia en el sistema actual. Para esto se tiene en consideración que la empresa tiene una capacidad de diseño equivalente a 85 tapas/mes. A continuación, se detalla la eficiencia actual. (tabla 3)

**Tabla 3:** Eficiencia del sistema actual

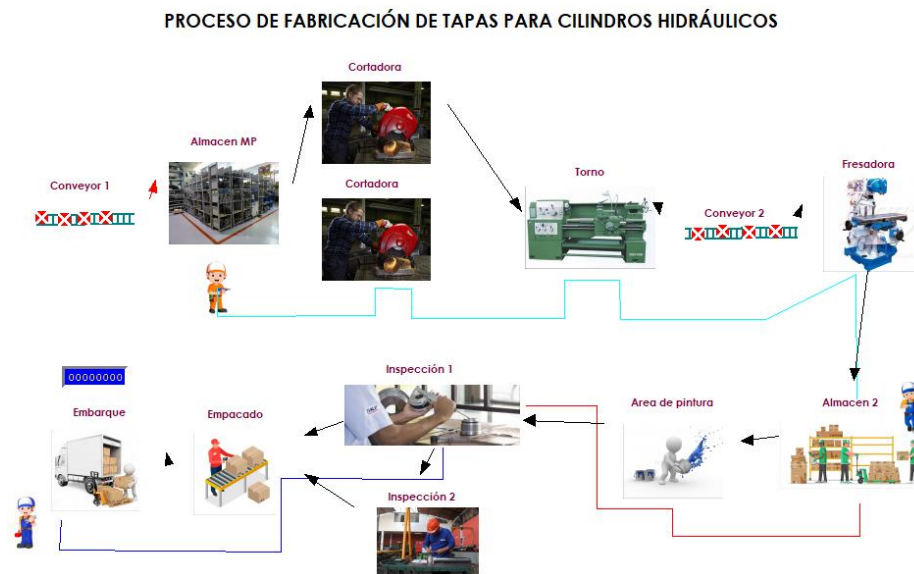
Eficiencia		55%
Capacidad instalada	85	und./mes
Salidas	47	und./mes

**Fuente:** Elaboración propia

### **Elaborar la simulación de la propuesta de mejora del proceso de fabricación de tapas para cilindros hidráulicos.**

Considerando los tiempos reales del sistema actual, se vio por conveniente asignar un operario más para que apoye en habilitar los materiales desde la locación del almacén de materia prima, pasando por la cortadora hasta llevar las piezas cortadas y entregar al operario del torno, así mismo apoyara con la manipulación de la fresadora y dejar la tapa fabricada en el almacén 2. Con esto se busca no tener paradas improductivas. De igual forma se consideró agregar una

locación más en el área de cortado (figura 2), para no esperar demasiado tiempo en dicho proceso, teniendo en cuenta que para el cortado se demora un tiempo considerable por la misma dureza y espesor del material.



**Figura 2:** Sistema del proceso de propuesta presentada

**Fuente:** Elaboración propia

Después de la elaboración y la simulación del sistema de mejora propuesto, el software ProModel nos proyecta que efectivamente la productividad aumenta a 33 unidades, es decir que con el sistema de mejora propuesto la empresa tendrá una productividad de 80 tapas/mes. Así mismo se evidencia que al agregar una locación más en el área de cortado se reducirá el porcentaje de utilización (tabla 5), en la cortadora 1 y 2 tendrán los siguientes valores de 97.56% y 97.48% respectivamente. Al mismo tiempo se evidencia (tabla 4) que al asignar un operario más en la primera etapa del proceso de fabricación, se reduce la carga laboral al operario 1, es decir teniendo la participación de 2 operarios en la primera etapa, el porcentaje de utilización para el operario 1 reducirá en un 95.99% respectivamente.

**Tabla 4:** Datos de los recursos del sistema propuesto

Nombre	Unidades	Tiempo Programado (Min)	Tiempo de Trabajo (Min)	% Utilización
Operario 1.1	1.00	15031.80	14,621.87	97.27
Operario 1.2	1.00	13746.00	13,003.34	94.6
Operario 1	2.00	28778.40	27,65.20	95.99
Operario 2	1.00	12295.20	2,056.46	16.73
Operario 3	1.00	12303.00	2,666.53	21.67

**Elaboración:** Propia, tomada de ProModel

**Tabla 5:** Locaciones del sistema propuesto

Nombre	Tiempo Programado (Min)	Capacidad	Total Entradas	% Utilización
Conveyor 1	43800.00	1.00	104.00	89.84
Almacén MP	43800.00	10.00	98.00	99.60
Contadora 1	43800.00	2.00	47.00	97.56
Contadora 2	43800.00	2.00	41.00	97.48
Cortadora	87600.00	4.00	88.00	97.52
Torno	43680.00	2.00	84.00	95.85
Conveyor2	37996.20	1.00	82.00	75.57
Fresadora	35675.40	1.00	81.00	98.02
Almacén 2	13140.00	10.00	80.00	1.00
Área de pintura	15900.00	4.00	80.00	8.49
Inspección 1	14100.00	2.00	80.00	13.67
Inspección 2	14100.00	1.00	19.00	18.90
Empacado	14040.00	1.00	80.00	18.97
Embarque	17280.00	3.00	80.00	10.33

**Elaboración:** Propia, tomada de ProModel

Posteriormente se realizaron los cálculos correspondientes para determinar la eficiencia en el sistema propuesto. Para esto se tiene en consideración la capacidad de diseño que tiene la empresa que es equivalente a 85 tapas/mes. Con estos datos se tiene una eficiencia de 94% (tabla 6) es decir que con la propuesta de mejora la empresa aumentara su eficiencia en un 39%. En base a estos resultados consideramos que la propuesta es óptima por qué generara grandes beneficios y mayores utilidades para la empresa.

**Tabla 6:** Eficiencia del sistema propuesto.

Eficiencia		94%
Capacidad instalada	85	und./mes
Salidas	80	und./mes

**Fuente:** Elaboración propia

### **Evaluar la productividad antes y después de una posible ejecución de la propuesta presentada.**

Los cálculos que se realizaron nos proyectan que la productividad del sistema propuesto es mayor en contraste con el sistema actual, en la tabla 7 se puede evidenciar que la productividad post mejora se ha incrementado en 0.44 tapas/hora\*mes. Lo que supone un incremento del 70% comparable al sistema actual.

**Tabla 7:** Evaluación de la productividad pre y post mejora.

	Actual	Post mejora	Unidades
Salidas	47	80	tapas
Entradas	180	180	horas/mes
Productividad	0.26	0.44	tapas/hora*mes

**Diferencia de productividad = 70%**

## V. DISCUSIÓN

La propuesta de mejora es respaldada por J. Benites [8] (2020) con su investigación “La simulación de procesos y su impacto en la productividad” verificamos resultados y efectivamente constatamos que con el programa ProModel se puede diseñar y realizar cualquier tipo de mejoras sin tener que hacer una gran inversión económica. Con esto buscamos optimizar el proceso con un costo mínimo, maximizando la eficiencia y la productividad. Asimismo, la presente investigación tiene similitud con lo obtenido por A. Giuttari [7] (2021) con su tesis “Diseño y distribución de planta para mejorar la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa” donde logro reducir la cantidad de mano de obra disponible de 11 a 9 colaboradores y con esta implementación logró incrementar la productividad en un 69.1%

## VI. CONCLUSIONES

Se diagnosticó el actual proceso de fabricación de tapas donde se evidencio que efectivamente existe una baja productividad equivalente a 47 tapas/mes, con una eficiencia del 55%. Posteriormente se diseñó un nuevo sistema con múltiples estrategias de mejora para optimizar los recursos y maximizar las utilidades, es así que se logró incrementar la productividad a 80 tapas/mes, es decir que se tiene un aumento de 33 tapas/mes. Finalmente, con la propuesta de mejora se logra incrementar la productividad con una eficiencia del 94%, es decir que se tendrá utilidades post mejora de S/. 163,200.00 sabiendo que el precio de venta por cada tapa es de S/. 255.00.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda para la contratación del nuevo operario, este tenga experiencia laboral y conocimientos previos sobre las actividades que va a realizar, así mismo debe recibir una capacitación previa por parte de la empresa para que rápidamente se adapte al ritmo de trabajo y realice con satisfacción sus actividades.
- Para tener una mayor productividad, la empresa debe realizar capacitaciones sobre métodos de trabajo y el funcionamiento de cada máquina que se encuentra dentro de la empresa, y con ello se puede garantizar una mayor producción y compromiso por parte de los colaboradores.
- Para finalizar se recomienda, que toda empresa que brinda servicios tenga un control estricto de su producción e implementar herramientas que ayuden a controlar y optimizar sus procesos para no tener pedidos no atendidos que a la larga generan insatisfacción en los clientes y recurran a la competencia.

## VII. REFERENCIAS

- [1] N. Sánchez, I. Gil Pechuán y D. Palacios, «Importancia y estado actual del sector metal-mecánico en la comunidad valenciana,» *Revista de treball, economia i societat*, nº 11, pp. 35-44.
- [2] «Revista metalmeccánica,» Axioma group S.A.S., febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.metalmeccanica.com/temas/Industria-metalmeccanica-en-Peru-crecio-10,2-entre-enero-y-octubre-del-2018+129075>.
- [3] J. R. Cantú González, M. D. C. Guardado García y J. L. Balderas Herrera, «Simulación de procesos, una perspectiva en pro del desempeño operacional,» *Revista iberoamericana de producción académica y gestión educativa*, vol. 3, nº 5, 2016.
- [4] S. R. Gomes de Almeida y A. Pasqualetto, «Análise de atendimento de demanda com o software promodel,» *Baru*, vol. 4, nº 2, pp. 324-333, 2018.
- [5] M. E. García Garza, Reducción del inventario en proceso en empresas manufactureras mediante un enfoque de teoría de restricciones y simulación de eventos discretos, Celaya: Tecnológico nacional de México en Celaya, ingeniería industrial, 2019.
- [6] D. Bain, Productividad la solución a los problemas de la empresa, México, D.F.: Ultragráfica, S.A. de C.V..
- [7] A. S. Giuttari Claussi, Diseño y distribución de planta para mejorar la productividad del proceso de fabricación de estructuras metálicas en una empresa metalmeccánica, Lima - Perú: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería Industrial, 2021.
- [8] J. P. Benites Peralta, La simulación de procesos y su impacto en la productividad: una revisión de la literatura científica, Cajamarca - Perú: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería Industrial, 2020.
- [9] M. E. Bernal Loiza, G. Cock Sarmiento y J. H. Restrepo Correa, «Productividad en una celda de manufactura flexible simulada en promodel utilizando path networks type crane,» *Revista tecnura*, vol. 19, nº 44, pp. 133-144, 2015.