

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**JUST IN TIME PARA REDUCIR DESPERDICIOS EN EL ÁREA DE  
PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE LA INDUSTRIA GRÁFICA**

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

**AUTOR**

**REYNALDO ABEL GRENTZ ADRIAZOLA**

**ASESOR**

**MAXIMILIANO RODOLFO ARROYO ULLOA**

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

**Chiclayo, 2020**

## ÍNDICE

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| RESUMEN.....                        | 3  |
| ABSTRACT.....                       | 3  |
| I. INTRODUCCIÓN.....                | 4  |
| II. MARCO TEORICO.....              | 5  |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS.....      | 6  |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....     | 8  |
| V. CONCLUSIONES.....                | 12 |
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 12 |

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en una empresa perteneciente a la industria de la impresión, en donde se identificó la presencia de desperdicios en sus procesos productivos, tales como el trabajo en proceso y las actividades que no agregan valor, los que ocasionaban tiempos improductivos. Ante dicha situación se analizó el impacto de la herramienta *Just in Time* para reducir los desperdicios en una empresa de la industria gráfica. Además, se desarrolló un balance de línea y el sistema Kanban basados en el proceso de producción de volantes. Como resultados se obtuvo una reducción del WIP en 68,3% y la reducción de tiempos improductivos en 79,9%.

**Palabras clave:** Just in time, WIP, balance de línea, Kanban.

## **ABSTRACT**

This research work will be analyzed in a company belonging to the printing industry, where the presence of waste in their production processes was identified, stories such as work in process and activities that do not agree value, which cause unproductive times. Given this situation, the impact of the Just in Time tool to reduce waste in a company in the printing industry was analyzed. In addition, a line balance is required and the Kanban system is in the process of producing flyers. As results, a reduction of WIP was obtained in 68.3% and the reduction of non-productive times in 79.9%.

**Keywords:** Just in time, WIP, line balance, Kanban.

## I. INTRODUCCIÓN

El sector de impresión en el Perú ha venido presentando un decrecimiento de su participación en el mercado. De modo que, para el 2019, según la Oficina de Estudios Económicos [1], en el boletín de producción manufacturera, dicho sector tuvo una disminución de producción en 13,4% con respecto al 2018. De manera que, las empresas deben de implementar nuevas herramientas para mejorar continuamente sus procesos y cubrir con la demanda. Una de ellas es a través de las herramientas *Just in time*, la cual permite eliminar o reducir desperdicios por medio de la planificación y organización.

Ante dicha situación, en el presente trabajo de investigación se estudió el caso de una empresa perteneciente al sector de impresión, dedicada a la producción y comercialización de productos gráficos, los cuales están divididos en 3 grupos con respecto al tipo de proceso: Básicos, mixtos y complejos; siendo los productos básicos los de mayor volumen de ventas, representando el 62,78% en el periodo de 2017. Cuando se habla de productos básicos se refiere a: Volantes, afiches, folletos, postales, hojas membretadas, tarjetas, brochures, dípticos, trípticos, cuadrípticos y quíntuples. Los cuales, en el periodo el periodo de enero - 2016 a julio - 2017, registraron una demanda total de 5 406 000 unidades de productos básicos; sin embargo, se produjo un total de 4 582 440 unidades, obteniéndose una demanda insatisfecha del 15,23%. Dicha demanda insatisfecha, fue causada por desperdicios generados dentro de su proceso de producción como el inventario en proceso y las actividades improductivas. Cabe recalcar, que en la fuente analizada, se tomó como objeto de estudio a los volantes, considerando que los demás productos básicos siguen los mismos procesos y tiempos de producción.

En ese sentido, tras la evaluación de la línea de volantes, se determinó una producción de 20 millares/día, un inventario en proceso (WIP) de 5 496 unidades y actividades que no agregan valor igual a 52,85 minutos. Tales desperdicios limitan el flujo de producción y en consecuencia generan incumplimiento con la demanda [2].

En base a lo descrito anteriormente, la presente investigación tiene como finalidad dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿En qué medida la herramienta *Just in Time* reducirá el inventario en proceso y las actividades que no agregan valor en una empresa de la industria de impresión? Ante ello, se planteó como objetivo general analizar el impacto de la herramienta *Just in Time* para reducir el inventario en proceso y las actividades que no agregan valor en una empresa de la industria gráfica, a través del balance de línea y la aplicación de la técnica Kanban.

## II. MARCO TEORICO

Las herramientas del *Lean Manufacturing* permiten a las organizaciones buscar una constante mejora. Es decir, a través del uso de las diferentes técnicas, las empresas mejoren sus procesos mediante la eliminación o reducción de sus desperdicios. Para Rajadell y Sánchez [3, p. 19], define desperdicios como toda operación cuyo valor agregado en un producto o servicio es nulo, es decir, toda actividad que no participan en la transformación del producto. Por otro lado, Cuatrecasas [4, p. 167] define a los desperdicios como aquellas actividades cuyo valor económico es indiferente y no satisfacen al consumidor final, como por ejemplo el inventario y las esperas.

Una de las herramientas que busca la eliminación de los desperdicios antes mencionados es el *Just in Time*, que según Rajadell y Sánchez [3, p. 15], es una filosofía cuya finalidad es la minimización de los plazos de entrega, logrando una producción oportuna y fiable. En cuanto a Cuatrecasas [5, p. 129], sostiene que el Just in time tiene como finalidad reducir o eliminar desperdicio y a su vez mejorar el flujo de producción. Una de las técnicas utilizadas para que las empresas puedan lograr el JIT es a través del Kanban.

Según Cuatrecasas [4, p. 208], define Kanban como un sistema que busca organizar el flujo de materiales, el cual es implementado en una empresa para conocer la cantidad de material que se requiere en el momento oportuno; para ello, se utilizan las tarjetas Kanban como un instrumento para el flujo de información. Asimismo, según Cimorelli [6, p. 21] Kanban es un sistema en donde se establece, a través de unas tarjetas, el momento adecuado en que se requiere de materiales. De modo que, para que una empresa pueda tener éxito en la implementación de la técnica Kanban, debe antes cumplir con ciertos aspectos, el más importante es haber realizado un balance de línea, equilibrando los procesos y subordinando los tiempos al *Takt Time*, para así poder alcanzar a procesos estandarizados y evitar la generación de desperdicios.

Por otro lado, un vez implementado la técnica Kanban, se debe estandarizar los procesos, de manera que exista una planificación y organización en los procesos productivos en base a una capacidad establecida y definida. Según Rajadell y Sánchez [3, p. 94], sostiene que la estandarización de procesos permite establecer un ritmo continuo de producción, donde las actividades y procesos se realizan de la misma forma.

En 2018, según On y Ling [7], en su artículo científico titulado “Combining lean tools application in kaizen: a field study on the printing industry”, realizaron una investigación en una industria gráfica, en donde identificaron problemas como tiempos improductivos del 19%, lo que generaba una eficiencia del 86,3%. Ante ello, tuvieron como objetivo reducir el takt time y el trabajo en proceso a través de la estandarización los procesos productivos. Para lo cual se

realizó un análisis de los tiempos de producción, identificármolos cuellos de botella, luego realizaron un equilibrio de línea para posteriormente estandarizar los procesos. Como resultados se obtuvieron la reducción de los tiempos improductivos en 84,3%, el incremento de la eficiencia en 4,3% y de la productividad en 30,7%.

Por otro lado, en 2017, Apriyani y Muhsin [8], en su artículo científico titulado “Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Metode Economic Order Quantity dan Kanban pada PT Adyawinsa Stamping Industries”, realizaron una investigación en una empresa automotriz, en donde identificaron problemas como inventario en proceso de 4 595 unidades y un stock de seguridad de 1 582 unidades, por lo que tuvieron como objetivo reducir el nivel de inventario. Para ello, aplicaron la técnica Kanban, midiendo el tamaño de lote y el tiempo de fabricación, el número de tarjetas Kanban y el cálculo del stock de seguridad. Además, se diseñó las tarjetas Kanban. Se obtuvo como resultados que al implementar las tarjetas kanban el nivel de inventario reduce en 91% y a su vez el stock de seguridad reduce en 93%.

Del mismo modo, en 2019, Según Andrade, Cardenas, Viacava, Raymundo y Dominguez [9], en su artículo científico titulado “Lean Manufacturing Model for the Reduction of Production Times and Reduction of the Returns of Defective Items in Textile Industry” realizaron una investigación en una empresa textil, en donde identificaron problemas en el área de producción como pedidos no cumplidos que representaban el 35.5% del total de pedidos y demora en las entregas de pedidos del 9%. Ante ello, se tuvo como objetivo implementar la técnica Kanban para eliminar dichos desperdicios. Para lo cual se realizó un balance de línea donde los tiempos de producción no superen el *Takt time*, luego se calculó el número de Kanban y a su vez el diseño de las tarjetas, posteriormente desarrollaron el flujo de valor en la línea de ensamble implementado Kanban. Se obtuvo como resultados el incremento en 40 % de la producción, redujo en 25,5% los pedidos no entendidos y asimismo disminuyó los pedidos retrasados en 35%.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para abordar el problema anteriormente formulado, se partió equilibrando los tiempos de las operaciones para la producción de productos básicos mediante la fórmula planteada por Cuatrecasas [5]:

$$\text{Tiempos equilibrados} = \frac{\text{tiempo del ciclo}}{\text{n}^\circ \text{ de operaciones}}$$

Para lo cual, se buscó tener un flujo continuo de producción, realizando una distribución en “U”, eliminando los tiempos de transporte y demoras. Por otro lado, se calculó el *Takt time* del

nuevo flujo equilibrado, en base a la producción diaria y el tiempo operativo tal como indica Cuatrecasas [5, p. 200]:

$$\text{Tiempo equilibrado} = \frac{\text{tiempo disponible}}{\text{producción a obtener}}$$

A partir de ello, se determinó en número de estaciones mediante la relación del tiempo de ciclo con el *takt time*. Una vez determinado el número de estaciones, se equilibraron sus tiempos en base al tiempo *takt*. Seguidamente, se calculó el trabajo en proceso de la nueva línea, junto con los tiempos que no agregan valor mediante la fórmula brindada por Cuatrecasas [5, p. 207].

$$WIP = Q * \left[ 1 - \frac{1}{C_M} \left( C_1 - \frac{1}{n} * \sum_1^N C_i \right) \right]$$

Donde:

$Q$  = lote de producción

$C_M$  = ciclo máximo

$C_1$  = ciclo de operación inicia,

$n$  = lote de transferencia,

$N$  = número de transferencias

Además, para el cálculo del WIP en la estación cuello de botella, se le debe multiplicar por el factor de utilización:

$$U\% = \frac{\sum \text{Tiempo de ciclo}}{\sum \text{Tiempo de ciclo acumulado}}$$

En cuanto al cálculo de las NVA, se empleó la formulada planteada por Cuatrecasas [5, p. 125]:

$$NVA = \frac{INV \times Tc}{\text{tiempo disponible}}$$

Donde:

$INV$  = inventario en proceso

$Tc$  = tiempo de ciclo.

Por otro lado, se calculó en el número de Kanban en base a la producción diaria, el tiempo equilibrado y el tiempo disponible que según la fórmula brindada por Socconini [10, p. 285]:

$$\text{Kanban} = \frac{\text{Tiempo disponible} \times \text{Producción diaria}}{\text{Tiempo equilibrado}}$$

Por otro lado, una vez equilibradas las estaciones, se procedió a desarrollar la técnica Kanban. En donde se tuvo como primer paso calcular el número de piezas Kanban, en donde se multiplicó la demanda semanal, el cual, según Socconini [10, p. 285], se debe multiplicar por 12 y dividir entre la cantidad de semanas laborables en el año, por el tiempo de entrega, por el número de ubicaciones y la desviación estándar de la demanda.

Y en cuanto el cálculo de los contenedores, Socconini plantea la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de contenedores} = \frac{\text{Demanda diaria} \times \text{Plazo de entrega} \times \text{Margen de seguridad}}{N^{\circ} \text{ Kanban}}$$

Finalmente se calculó la capacidad del contenedor mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad del contenedor} = \frac{\text{Cantidad de piezas por Kanban}}{\text{Cantidad de contenedores}}$$

Después de desarrollar los cálculos correspondientes, se interpretaron los resultados y se esquematizó el flujo Kanban en el proceso de producción de volantes.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se muestra los tiempos estandarizados por cada proceso para la elaboración de volantes, considerando que al realizar una distribución en “U”, y con ayuda de la técnica Kanban, se buscó tener un flujo continuo al asignar un operario encargado de abastecer cada estación, criterio por el cual los tiempos de transporte no fueron considerados.

**Tabla 1. Procesos y tiempos para la producción de volantes.**

| Proceso                  | Tiempos (min) |
|--------------------------|---------------|
| Recepción                | 2,55          |
| Habilitado CTP           | 1,47          |
| Inspección del arte      | 6,34          |
| Quemado de placas        | 9,47          |
| Picado de placas         | 3,81          |
| Habilitado de guillotina | 2,32          |
| Corte                    | 4,45          |
| Habilitado offset        | 1,84          |
| Impresión                | 9,75          |
| Secado                   | 27,99         |
| Refilado                 | 4,16          |
| Empaque                  | 5,47          |
| <b>TOTAL</b>             | <b>79,62</b>  |

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en la tabla 2, se evidencian los cálculos para el balance de línea. Donde se determinó un *Takt time* de 6,6 minutos y 9 estaciones, lo que permitió tener un incremento de la producción de un 75,6%, equivalente a 82 millares/día.

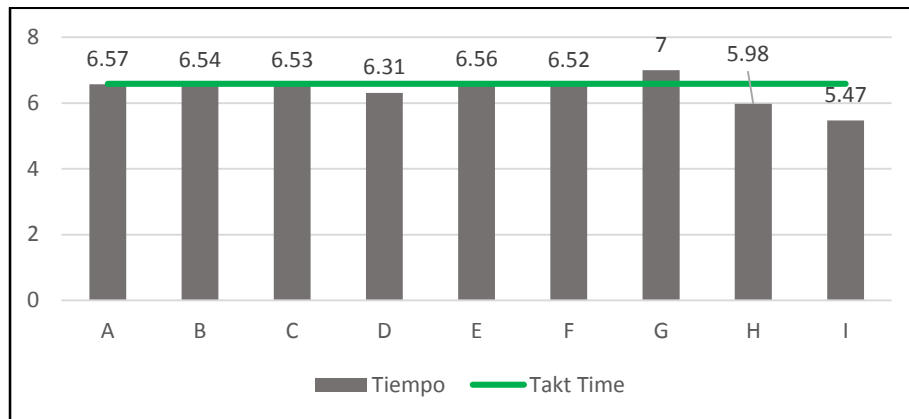
**Tabla 2. Cálculos para el balance de línea.**

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| <b>Tiempo equilibrado</b>     | 6,63 min    |
| <b>Tiempo Operativo</b>       | 540 min     |
| <b>Producción diaria</b>      | 82 millares |
| <b>Takt Time</b>              | 6,6 min     |
| <b>Número de estaciones</b>   | 9           |
| <b>Número de trabajadores</b> | 12          |

Fuente: Elaboración propia

En la fig. 1 se muestra los tiempos de cada estación con respecto al *Takt time*, en donde se consideró un operario para cada una de ellas. No obstante, en la estación G se muestra que el tiempo de ciclo sobrepasa el *takt time*. Esto debido a que en dicha estación se realiza el control

de calidad, el cual es un proceso crítico para obtener el acabado requerido por el cliente. Es por ello que se consideraron 4 operarios, con el fin de reducir el tiempo de producción.



**Figura 1. Tiempo de ciclo vs Takt Time**

Fuente: Elaboración propia

Mediante el balance de línea se pudo reducir los tiempos de ciclo para cada estación en 36,4%, pese a que una estación no se logró reducir su tiempo por debajo del *Takt time*. Además, se logró reducir el WIP en 86,95% y el NVA en 89,6%, tal como se observa en la tabla 3. Del mismo modo, On y Ling [7, p. 57], que realizaron una investigación en una industria gráfica, lograron reducir los tiempos de ciclo en 67,5%, además, redujeron sus tiempos improductivos en 84,3%.

**Tabla 3. Cálculos del trabajo en proceso.**

| Estación     | NVA<br>(min) | WIP<br>(unidades) |
|--------------|--------------|-------------------|
| A            | 0,052        | 71                |
| B            | 0,058        | 80                |
| C            | 0,064        | 89                |
| D            | 0,068        | 97                |
| E            | 0,078        | 107               |
| F            | 0,084        | 116               |
| G            | 0,019        | 25                |
| H            | 0,097        | 134               |
| I            | 0,086        |                   |
| <b>TOTAL</b> | <b>0,606</b> | <b>719</b>        |

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la tabla 4. Se muestran los cálculos que se siguieron para la obtener el número de tarjetas Kanban y a su vez el número y tamaño del contenedor.

**Tabla 4. Cálculos de piezas por Kanban.**

|   |            |
|---|------------|
| <b>Demanda semanal (millar)</b>                 | <b>156</b> |
| <b>Lead time por und (días/millar)</b>          | 0,107      |
| <b>N° de ubicaciones</b>                        | 2          |
| <b>Desviación estándar</b>                      | 1,035      |
| <b>Cantidad de piezas por kanban (millares)</b> | 35         |
| <b>N° kanban</b>                                | 9          |
| <b>Demanda diaria promedio (millar)</b>         | 23         |
| <b>Plazo de entrega (semanal)</b>               | 0,745      |
| <b>Margen de seguridad</b>                      | 5,5        |
| <b>Cantidad de contenedores</b>                 | 9          |
| <b>Capacidad del contenedor</b>                 | 9          |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5, se observa que la capacidad de producción que se puede lograr es de 82 000 volantes al día, sin embargo, mediante los cálculos realizados y el análisis en base al sistema JIT, el cual busca gestionar los materiales de la manera más óptima, al día se puede lograr producir 81 000 volantes por día, faltando un millar para poder cumplir con demanda. Para lo cual se necesitaría aumentar 6,5 minutos al proceso para lograr satisfacer dicha demanda.

**Tabla 5. Capacidad de producción de *Takt time* vs Kanban.**

|   | <b>Takt Time</b> | <b>Kanban</b>   |
|---|------------------|-----------------|
| <b>Tiempo de ciclo (min/millar)</b>           | 6,59             | 6,53            |
| <b>Capacidad de producción (millares/día)</b> | 82 millares/día  | 81 millares/día |

Fuente: Elaboración propia

En la fig. 2. Se observa el flujo Kanban para la producción de volantes, cuya descripción se desarrolló en base al Sistema *Pull*; es decir, va en sentido contrario desde el último proceso hacia el primero. El flujo inicia con el ingreso de VOL-01, tarjeta que representa a la producción de volantes, la cual solicitará piezas desde la estación 9. En dicha estación se encuentra el proceso de Empaque, en donde se consideró un almacén de tipo supermercado, debido a que al retirar las piezas, estas serán suministradas para mantener un continuo flujo. Luego, la tarjeta VOL-02, la cual representa al proceso de Refilado, solicitará piezas desde la estación 8. En dicha estación también se consideró un almacén de tipo supermercado. Posteriormente, la tarjeta Vol-03, la cual representa al proceso de secado, solicitará piezas de la estación 7. Después, la tarjeta VOL-04, la cual representa al proceso de Impresión, solicitará piezas desde la estación 6. En dicha estación también se consideró un almacén de tipo supermercado. Luego, la tarjeta VOL-05, la cual representa al proceso de Corte y habilitado *offset*, solicitará piezas desde la estación 5. En dicha estación se consideró un almacén de tipo supermercado. A continuación, la tarjeta VOL-06, la cual representa al proceso de Picado de placas y Habilitado de guillotina, solicitará piezas desde la estación 4. En dicha estación también se consideró un

almacén de tipo supermercado. Posteriormente, la tarjeta VOL-07, la cual representa al proceso de Quemado de placas, solicitará piezas desde la estación 3. En dicha estación se consideró un almacén de tipo supermercado. Luego, la tarjeta VOL-08, la cual representa al proceso de Inspección del arte, solicitará piezas desde la estación 2. Finalmente, la tarjeta VOL-01, la cual representa al proceso de Habilitado CTP, solicitará piezas desde la estación 1. En dicha estación también se consideró un almacén de tipo supermercado.

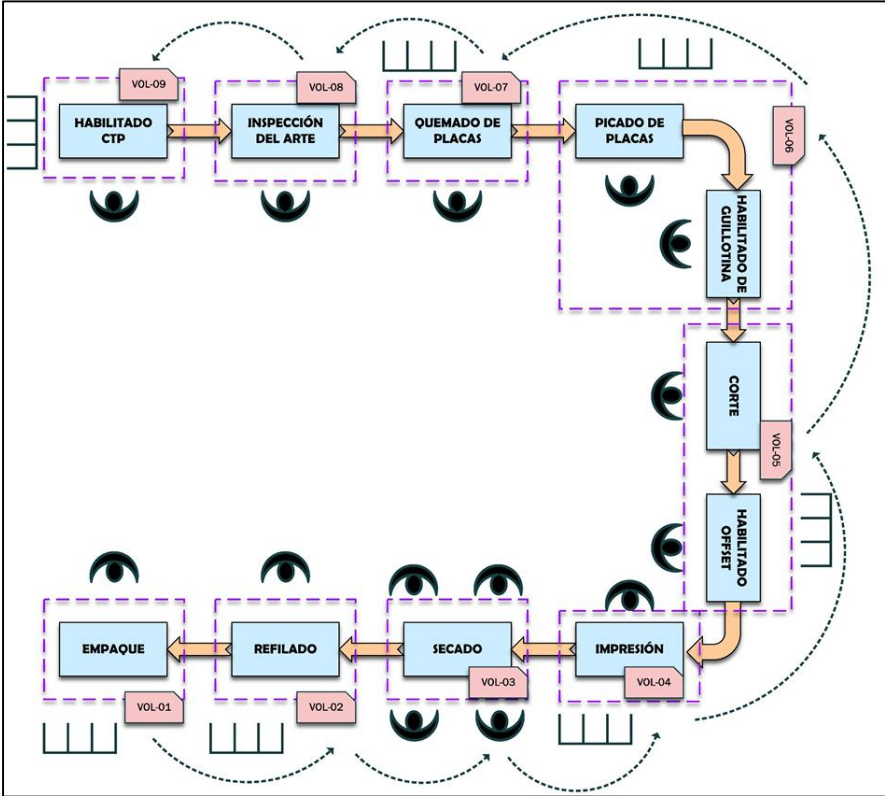


Figura 2. Flujo Kanban en el proceso de producción de volantes.

## V. CONCLUSIONES

La presente investigación se analizó el impacto de las herramienta *Just in time* en una empresa perteneciente al sector de impresión, en donde se ha demostrado que se pueden reducir los desperdicios como el inventario en proceso en 86,95%, y además reducir los tiempos improductivos que no agregan valor al producto en 89,6%,. Asimismo, se logró equilibrar los tiempos de ciclo y establecer nuevas estaciones de trabajo, reduciendo los tiempos de producción en 36,4%, pese a que en la estación G no se logró reducir su tiempo por debajo del *Takt time*.

En definitiva, la implementación del *Just in time* puede traer beneficios a la empresa en la atención de pedidos, logrando una producción oportuna y fiable. Esto debido a que se determinó que con el sistema Kanban, la capacidad de producción por día es de 81 000. Por lo que, para que la empresa logre alcanzar la producción con respecto al *takt time* se recomienda ampliar las jornadas de trabajo, de manera que pueda cubrir con la demanda.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos de la Secretaría General del Ministerio de la Producción, "Reporte de Producción Manufacturera", Ministerio de la Producción, Lima, 2019.
- [2] L. A. Chambilla Mejía, "MEJORA DE PROCESOS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA INDUSTRIA GRÁFICA DORIA S.A.C", Universidad César Vallejo, Lima, 2017.
- [3] M. Rajadell Carreras y J. L. Sánchez García, *Lean Manufacturing: La evidencia de una necesidad*, Madrid: Díaz de Santos, 2010.
- [4] L. Cuatrecasas, *Ingeniería de procesos y de planta*, Barcelona: PROFIT editorial, 2017.
- [5] L. Cuatrecasas, *Lean Management: La gestión competitiva por excelencia*, Barcelona: PROFIT editorial, 2010.
- [6] S. Cimorelli, *Kanban for the Supply Chain*, Boca Ratón: CRC Press, 2013.
- [7] C. On Chan y H. Ling Tay, «Combining lean tools application in Kaizen: A field study on the printing industry,» *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 67, n° 1, pp. 45-65, 2018. Doi: 10.1108/IJPPM-09-2016-0197.

- [8] N. Apriyani y A. Muhsin, «Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Metode Economic Order Quantity dan Kanban pada PT Adyawinsa Stamping Industries,» *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 10, n° 2, pp. 128-142, 2017. Doi: 10.31315/opsi.v10i2.2108.
- [9] Y. Andrade, L. Cardenas, G. Viacava, C. Raymundo y F. Dominguez, «Lean Manufacturing Model for the Reduction of Production Times and Reduction of the Returns of Defective Items in Textile Industry,» *Springer*, vol. 1, n° 954, pp. 387-398, 2019. Doi: 10.1007/978-3-030-20444-0\_39.
- [10] L. Socconini, *Lean Manufacturing: Paso a paso*, México: Norma, 2017.