

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**IMPACTO DE LA HERRAMIENTA JUSTO A TIEMPO EN EL
PROCESO DE ARMADO DE PIZZAS**

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

AUTOR

VICTOR MANUEL GALAN GALAN

ASESOR

MAXIMILIANO RODOLFO ARROYO ULLOA

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

Chiclayo, 2020

Contenido

RESUMEN.....	3
ABSTRACT	3
I. INTRODUCCIÓN	4
II. MARCO TEORICO	5
III. MATERIALES Y MÉTODOS	7
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
VI. CONCLUSIONES	11
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo mejorar la línea de producción de armado de pizzas en una empresa del rubro panadero. En esta empresa, se presentan problemas como la baja eficiencia de mano de obra, y un lead time elevado que no le permitiría adaptarse a un cambio creciente en la demanda. Ello se debe a que el proceso de armado se encuentra desbalanceado y existe inventario en proceso no controlado. Lo que origina sobrecostos a la empresa como el pago de horas extra. Por lo antes mencionado, se propuso la mejora del proceso productivo usando la filosofía Justo a tiempo. Para lo cual, primero se balanceó la línea de producción, luego se mejoró el flujo del proceso con el cálculo de piezas por Kanban y el número de tarjetas Kanban. Como resultados, se tuvo que la cantidad de operarios se redujeron a en un 71%, el lead time en un 99% y el trabajo en proceso 91,94%.

Palabras clave: Kanban, Justo a tiempo, Trabajo en proceso

ABSTRACT

This research aims to improve the production line for assembling pizzas in a bakery company. In this company, there are problems such as low efficiency of labor, and a long delivery time that would not allow an increasing change in demand. This is because the assembly process is unbalanced and there is inventory in an uncontrolled process. That causes cost overruns to the company as the payment of overtime. For the aforementioned, the improvement of the production process using the Just in time philosophy was proposed. For which, first the production line was balanced, then the process flow was improved with the calculation of parts per Kanban and the number of Kanban cards. As a result, it had the number of operators that was reduced by 71%, delivery time by 99% and work in process 91,94%.

Keywords: Kanban, Justo in time, work in process

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el subsector manufactura primaria ha sufrido un descenso de 6,7%, en comparación con 2018. A pesar de ello, el rubro de elaboración de otros productos alimenticios (CIU 10-107) ha crecido en un 9,1%. [1] Ello indica que las empresas de esta industria están evolucionando y aprovechando las tendencias y exigencias del mercado. En tal sentido, producir sin retrasos o defectos de calidad, es uno de los factores críticos para mantener a las empresas en un entorno tan competitivo. En este sector, se encuentra la empresa en estudio, la cual se dedica a la elaboración de productos de panadería preparados y perecederos, tales como sándwiches, pizza fresca sin hornear, entre otros. Una de las características principales de esta empresa es que atiende solamente a pedidos de un cliente. Dentro de los cuales, los productos más importantes son las pizzas de tipo familiar y personal, cuya producción total en setiembre de 2016 alcanzó las 37 431 unidades [2]. Asimismo, se prevé un crecimiento de la cantidad demandada, por ello, se busca la manera más óptima de responder a tal variación del pedido.

Si bien es cierto, los pedidos se cumplen en el plazo establecido, en este período, la empresa ha recurrido al uso de horas-hombre extra (9,6 horas diarias en promedio). Una de las causas es la baja productividad de mano de obra (35,4 unidades/hora hombre), tiempos de espera de hasta 30,9 minutos por unidad e inventario en proceso de 1 359 unidades de pizza familiar y 1 806 unidades de pizza personal por día; además del tiempo de espera o demora de 6 858 segundos para ambos tipos de pizza, lo que incrementa el tiempo de ciclo. Por otro lado, un mapa de flujo de valor desarrollado en una fase anterior de la investigación reveló que existe un lead time elevado de 6,9 horas por pedido y un TNVA (Tiempo de No valor Agregado) de 6,9 horas [2]. Teniendo en cuenta lo anterior se causa una pérdida monetaria de S/. 1 593 mensuales debido al costo de mano de obra extra. Por lo anteriormente mencionado, se plantea ¿La aplicación de la herramienta Justo a tiempo podría mejorar el proceso productivo de armado de pizzas? Por consiguiente, el objetivo de la siguiente investigación es mejorar el proceso de armado de pizzas usando la herramienta Justo a tiempo (JIT). Para lograrlo, se dispuso el proceso en flujo, se estandarizó y balanceó el proceso y finalmente se estableció un flujo pull. De esta manera, la investigación contribuye a ampliar el conocimiento de las aplicaciones del JIT en la industria alimentaria, campo poco explorado en la literatura Lean. Además de optimizar costos al producir en la cantidad justa, en el momento justo y con menor empleo de recursos.

II. MARCO TEORICO

Para Peña, Neira y Ruiz [3], el balance de línea es una herramienta que permite equilibrar la carga de trabajo mediante la creación de estaciones y asignación de operarios, de modo que se asegure un flujo de producción continuo y se reduzca el tiempo ocioso, aumentando la eficiencia. Con el proceso balanceado y equilibrado, se puede aplicar herramientas de la filosofía de Manufactura Esbelta para controlar la producción en base a la demanda, una de estas técnicas aplicables a un proceso balanceado es Kanban.

El sistema Kanban tiene como propósito facilitar el flujo de la producción, limitar el inventario y evitar la sobreproducción. [4] Además, es un instrumento de comunicación y de mejora continua que en complemento con otras herramientas como Heijunka permiten un flujo continuo y controlado. Asimismo, Cuatrecasas [5] define a Kanban como una técnica cuyo objetivo es producir las cantidades exactas que requiere una etapa posterior, para ello, se utilizan unas tarjetas denominadas tarjetas Kanban las cuales permiten tener un flujo de información continua bajo el enfoque de un sistema de producción Pull. Al tener un proceso balanceado y controlado mediante un sistema de tarjetas Kanban, una empresa puede cumplir con la demanda de su cliente en los plazos establecidos. Esta es una de las metas de la filosofía Justo a Tiempo.

Cuatrecasas [6] define a la filosofía Justo a Tiempo como un sistema de ajustar la producción en base a la demanda bajo el enfoque Pull y tiene como objetivo principal, implementar una forma de producción flexible en el que se reduzcan los costos por medio de la eliminación de desperdicios. Por otro lado Hirano [7] menciona una condición muy importante para implementarlo: primero se requiere de un flujo en la fábrica. Este flujo permitirá traer a la “superficie” los desperdicios, donde mediante las técnicas de esta filosofía pueden ser totalmente eliminadas.

En 2019, Miño, Moyano y Santillán [8] determinaron el balance de línea para la asignación más óptima de la carga de trabajo por estaciones en la fabricación de un automóvil. En tal sentido, pretendieron aprovechar la mano de obra y equipos con el fin de disminuir despilfarros en cuanto al tiempo de producción. Para ello, hacen uso de la determinación de tiempos estándar, el cálculo del Takt Time y el diagrama de procedencia para agrupar las operaciones. Luego, basado en la demanda, obtuvieron un Takt Time de 2 730 segundos y al comparar este valor con los tiempos de cada estación se descubrió que algunas sobrepasaban el Takt Time mientras que otras tenían unos valores muy bajos, por lo que la carga de trabajo estaba mal distribuida.

Razón por la que se pasó a agrupar las siete operaciones encontradas en estaciones con un tiempo de ciclo máximo de 2 730 segundos. El resultado fue una eficiencia del 95% de la línea y un requerimiento de 10 personas debido a las características propias del proceso. La metodología de estos autores se puede aplicar hacia cualquier tipo de industria donde se dese implementar flujos de tipo Pull. Tal es el caso de la empresa de armado de pizzas, en la que los productos fluyen hacia cada estación de trabajo donde se le agregan ingredientes emulando la línea de ensamble descrita anteriormente, cuya producción pasó de 6 autos por turno a 11.

En 2018, Endo, Ferreyra, Maniçoba y Tanaka [9] en su investigación “Mapeamento do fluxo de valor aplicado a uma indústria de bolos artesanais” aplicaron el mapeo de flujo de valor en complemento con la técnica Kanban el objetivo de mejorar el flujo de fabricación que ayude a reducir el tiempo de entrega en una empresa dedicada a la elaboración de pasteles artesanales. Para ello, se seleccionó la familia de productos “pasteles” por su aporte mayoritario a las ventas (70%), su gran variedad y la mano de obra especializada requerida. Luego, de acuerdo al mapeo se evidenció el trabajo en proceso en cada etapa, siendo las de preparar el relleno y rellenar las más significativas con 72 y 53 unidades respectivamente. Además de un tiempo de ciclo de 7 650 segundos y lead time de 5,38 días. Por consiguiente, se planteó la mejora teniendo en cuenta un flujo continuo y una producción flexible. Es en este contexto donde se usa Kanban como una técnica visual para activar la producción de acuerdo a la demanda. En la investigación se usaron cuatro ubicaciones Kanban: en producción de masa, rellenado, confitería y expedición. El sistema planteó también el uso de supermercados para procesos donde es necesario producir en lotes y operación FIFO para asegurar que los productos semielaborados más antiguos sean los primeros en salir, así, se mantenían un tiempo limitado dentro de los supermercados. Como resultado tal implementación, se obtuvo una disminución del 71% en el tiempo de ciclo y una reducción de 81,4% en el lead time. Es decir, se mejoró el tiempo de entrega al lograr la sincronización de la producción con los requerimientos del cliente.

En 2016, Viteri, Matute, Viteri y Rivera [10] aplicaron la herramienta Justo a tiempo como parte de una metodología de mejora integral en el proceso productivo de una empresa alimenticia, cuyo tiempo total de producción era de 164 minutos para 1 200 panes. Dicho tiempo estaba afectado por un inventario en proceso excesivo, tiempos de espera en el pesaje y mezcla y movimientos innecesarios de tres trabajadores. Específicamente, se usó la herramienta JIT para identificar y reducir los desperdicios en la fabricación de panes. Para lo cual, como pasos previos se usó las 5S y la estandarización de procesos. Se implementó la herramienta planteada logrando una reducción de 24 minutos en el tiempo de total de producción. El

beneficio económico de esta implantación ascendió a \$ 9 200 debido al ahorro en adquisición de materias primas, eliminación de trabajo en proceso, entregas a tiempo y aumento en la producción y ventas. Esta investigación se relaciona con la industria de bienes de consumo por lo que los resultados pueden ser comparables con el estudio realizado en la empresa de pizzas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el cumplimiento del objetivo de mejorar el proceso productivo mediante la aplicación de la técnica Kanban, se inició estableciendo un flujo continuo en la línea de producción. Es decir, como se trata de un sistema Pull, se aplicaron las técnicas o medidas necesarias para cubrir la demanda del cliente. Se partió de la información de tiempos estándar proporcionadas en etapas anteriores a la investigación. Luego, se usó el balance de línea tal como lo plantearon Miño, Moyano y Santillán en [8]. En primer lugar, se calculó el Takt Time para compararlo con el tiempo de ciclo de cada actividad. Tal como se muestra en (1)

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ total\ disponible\ por\ día}{Demanda\ diaria} \quad (1)$$

Luego, se calculó el número de estaciones requeridas aplicando (2)

$$Número\ de\ estaciones = \frac{Tiempo\ total\ disponible}{Tiempo\ de\ ciclo} \quad (2)$$

Luego, se balanceó el proceso para cada producto. En el caso específico, solo se consideró dos productos: La pizza familiar y la personal. Y para analizar el flujo de materiales se determinó el (WIP) con (3).

$$WIP = Q \times \left[1 - \frac{1}{CM} \times \left(C_1 - \frac{1}{n} \times \sum_1^N Ci \right) \right] \quad (3)$$

Se precisó que, Q: demanda diaria, CM: ciclo máximo de operación, C₁: ciclo de primera operación, Ci: ciclo de cada operación, n: lote de transferencia y N el número de transferencia. Asimismo, para cada estación agrupada se calculó el tiempo de NVA (Tiempo de No Valor Agregado) usando (4).

$$NVA = \frac{Inventario\ en\ proceso \times Ciclo\ de\ la\ siguiente\ operación}{Tiempo\ de\ operación\ disponible} \quad (4)$$

Con los datos anteriores, se elaboró una hoja de trabajo estándar para pizzas familiares y personales.

Posteriormente, para determinar el sistema Kanban, se siguió lo propuesto por Socconini [11] para hallar el número de Kanban requeridos con (5) y la cantidad de piezas por Kanban con (6).

$$N^{\circ} \text{ kanban} = \frac{\text{Producción diaria} \times \text{Tiempo de flujo equilibrado}}{\text{Tiempo de operación disponible}} \quad (5)$$

$$\text{Cantidad de piezas por kanban} = D \times L \times U \times \%VD \quad (6)$$

Donde:

D: Demanda promedio por día

L: Plazo de entrega en días

U: Número de ubicaciones (2 recomendadas por Socconini [11] al inicio de la implementación)

%VD: el índice de variabilidad de la demanda (Desviación Estándar de la demanda mensual/Promedio de la demanda mensual).

Finalmente se calculó la capacidad del contenedor:

$$\text{Capacidad del contenedor} = \frac{\text{Cantidad de piezas por kanban}}{\text{Cantidad de contenedores}} \quad (7)$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los datos obtenidos de la empresa, se calculó el Takt Time: Se tomó en cuenta que un turno de trabajo tiene 9,5 horas, de las cuales 1 se destina al descanso y 1 entre limpieza y preparación; por lo que quedan disponibles 7,5 horas o 27 000 segundos/día. También se toma en cuenta la demanda promedio de pizzas de tipo familiar: 920 pizzas/día y 1145 pizzas/día del tipo personal. Entonces, aplicando (1) se obtuvo un Takt Time de 24,9 s/pizza y 23,6 s/pieza respectivamente.

Por otro lado, los resultados de la estandarización y el balance de línea para la pizza familiar se muestran en la Figura 1. Se realizaron mejoras en el flujo de materiales, lo que implica cambios significativos en la distribución inicial de la planta y el orden de los procesos. Por un lado, las actividades 1 y 2 se han incluido en la tercera estación para balancear la línea de acuerdo al Takt Time calculado y para tener las actividades del etiquetado en una sola estación. La disposición de la línea en tres estaciones respondió al incremento de la eficiencia a un 76% de un 29% inicial. Cabe recalcar, que se propuso la disposición de las estaciones en una célula en U debido a que ello reduce los movimientos innecesarios y el tiempo de espera del material en las mesas. Como consecuencia, se calculó una disminución del 98,23% del NVA, 91,94% de las existencias en proceso (WIP) y 99,7% en el Lead Time. Asimismo, se redujo la cantidad de mano de obra requerida de 7 a 3 operarios. Y el tiempo de ciclo se redujo en un 99% por la eliminación de las demoras. Estos resultados guardan relación con lo obtenido por Endo, Ferreyra, Maniçoba y Tanaka [9] en una industria alimenticia donde lograron una reducción de

71% en el tiempo de ciclo y 81,4% en el Lead time. Por otro lado, en la investigación de Viteri, Matute, Viteri y Rivera [10] se logró reducir en 24 min el tiempo de ciclo total aplicando la estandarización de procesos como base del Justo a Tiempo. Lo cual demuestra que la presente investigación tuvo mayor impacto en la disminución de este tiempo (413 minutos de reducción).

Hoja de trabajo estándar		N° de estaciones	Takt Time (s/und)	WIP total (und)	NVA (s)	Revisión de calidad	Estación	WIP
Producto	Pizza familiar	3	29,4	109	0,12	◇		●
N°	Descripción de operación	Tiempo de ciclo (s/und)						
1	Colocar stickers - ingredientes	1,4						
2	Colocar stickers - fecha de vencimiento	0,5						
3	Colocar plato en mesa	1,7						
4	Colocar masa horneada en plato	1,6						
5	Colocar salsa de tomate	1,7						
6	Exparcir salsa de tomate	4,7						
7	Colocar queso rallado	4						
8	Exparcir queso	8,9						
9	Colocar jamonada	16,8						
10	Bitafilar	19,5						
11	Colocar sticker de marca	3,5						
12	Colocar producto terminado en jaba	3,8						
Ciclo total		68,1						

Figura 2. Hoja de trabajo estándar para pizza familiar

Fuente: Elaboración propia. En base a Hirano 2009:631

Hoja de trabajo estándar		N° de estaciones	Takt Time (s/und)	WIP total (und)	NVA (s)	Revisión de calidad	Estación	WIP
Producto	Pizza personal	3	23,6	122	0,071	◇		●
N°	Descripción de operación	Tiempo de ciclo (s/und)						
1	Colocar stickers - ingredientes	1,4						
2	Colocar stickers - fecha de vencimiento	0,5						
3	Colocar plato en mesa	1,9						
4	Colocar masa horneada en plato	1,2						
5	Colocar salsa de tomate	1						
6	Exparcir salsa de tomate	4						
7	Colocar queso rallado	3,7						
8	Exparcir queso	1,9						
9	Colocar jamonada	4,9						
10	Bitafilar	10,4						
11	Colocar sticker de marca	1,8						
12	Colocar producto terminado en jaba	4						
Ciclo total		36,7						

Figura 2. Hoja de trabajo estándar para pizza personal.

Fuente: Elaboración propia. En base a Hirano 2009:631

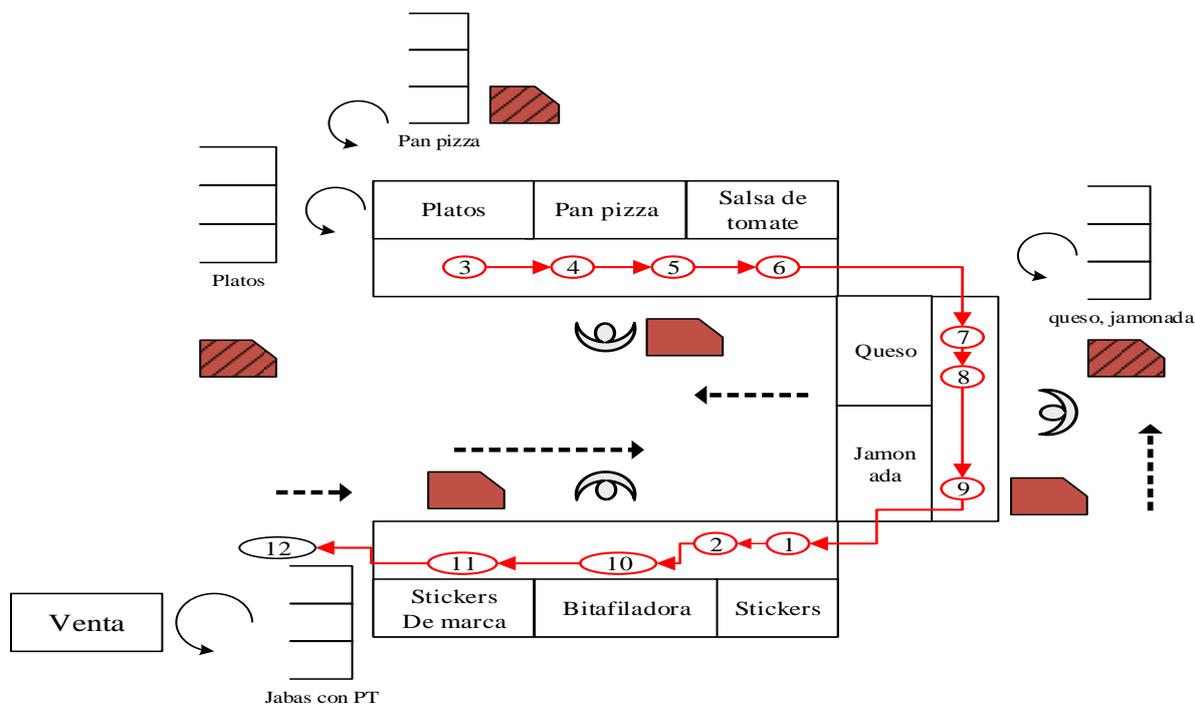
Después de tener un flujo establecido, se calcularon el número de Kanban y la capacidad de los contenedores, aplicando (7). El porcentaje de variación de la demanda tomó en cuenta la desviación estándar de la demanda mensual y el promedio en el mismo período. De tal manera, se calculó que la capacidad de los contenedores es de 11 unidades.

Tabla 1. Datos y resultados del sistema Kanban.

Descripción	Pizza familiar	Pizza personal
Demanda promedio semanal (unidades)	3 533	4 528
Lead time (semanas/unidad)	0,017	0,0095
N° de ubicaciones	2	2
%VD	0,25	0,24
Cantidad de piezas por Kanban	32	21
Takt time (min/und)	10	0,49
Margen de seguridad diario (unidad/día)	5	5
N° de Kanban requeridos	3	3
Cantidad de contenedores	3	2
Capacidad de contenedores	11	11

Fuente: Elaboración propia. En base a Socconini: 281

Con las tarjetas Kanban y el tamaño de contenedores se armó el flujo de producción bajo el enfoque pull, es decir, respondiendo a las necesidades del cliente. En la figura 3 se observa la ubicación de cada tarjeta Kanban en su respectiva estación. Cabe recalcar que cada tarjeta contiene 11 unidades de pizza de cualquier tipo. En el caso de un pedido de 110 pizzas se envía una señal a la tercera estación de trabajo, quien puede responder al pedido con 1 tarjeta Kanban y 9 solicitantes a la estación número 2. De igual modo, esta estación responde con 1 tarjeta y solicita 8 a la estación 1, así hasta cumplir con la demanda requerida. Además, las Kanban de retiro indican cuando se debe extraer material de los supermercados para reaprovisionar las estaciones cuando llega el Kanban de producción.

**Figura 3. Flujo de producción**

Fuente: Elaboración propia. En base a Hirano 2009:631

VI. CONCLUSIONES

El balance de línea permitió establecer la cantidad óptima de estaciones y por tanto de operarios que permitan la respuesta rápida al mercado. Con el uso de este método, se pudo reducir el número de operarios de 7 a 3 (60% menos) para la producción de pizzas de tipo familiar. Además se pudo aumentar la producción en un 8% con 2 operarios, a pesar de que se seguirán usando horas extra para cumplir con la demanda promedio estimada.

Luego de implementar el sistema Kanban con las mejoras realizadas y tomando en cuenta el balance de línea se ha logrado reducir el inventario en proceso en un 99% y el tiempo de No Valor Agregado en un 99,66%. Por lo que la empresa estará en condiciones de responder a la tendencia creciente del mercado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PRODUCE, «Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos,» [En línea]. Available: <http://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/shortcode/estadistica-oe/estadisticas-manufactura>. [Último acceso: 15 Julio 2020].
- [2] B. Escudero, «Mejora en el proceso de armado de pizzas aplicando herramientas de Lean Manufacturing», *Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Carrera de Ingeniería Industrial*, 2019.
- [3] D. Peña, Á. Neira y R. Ruiz, «Aplicación de técnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento», *Scientia et Technica*, vol. XXI, n° 3, pp. 239-247, 2016.
- [4] L. Wilson, *How to Implement Lean Manufacturing*, New York: McGraw-Hill, 2010.
- [5] L. Cuatrecasas, *Procesos en flujo Pull y gestión Lean. Sistema Kanban: Organización de la producción y dirección de operaciones.*, Madrid: Ediciones Díaz de Santos., 2012.
- [6] L. Cuatrecasas, *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible*, España: Profit Editorial, 2013.
- [7] H. Hirano, *JIT Implementation Manual*, London: CRC Press, 2009.
- [8] 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, 2019.
- [9] L. Endo, W. Ferreira, A. Maniçoba y W. Tanaka, «Mapeamento do fluxo de valor aplicado a uma indústria de bolos artesanais,» *JOURNAL OF LEAN SYSTEMS*, vol. 3, n° 3, pp. 64-75, 2018.
- [10] J. Viteri, E. Matute, C. Viteri y N. Rivera, «Implementation of lean manufacturing in a food enterprise,» *Enfoque UTE*, vol. 7, n° 1, pp. 1- 12, 2016.
- [11] L. Socconini, *Lean Manufacturing: Paso a paso*, Grupo Editorial Norma, 2008.