

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



**KANBAN Y SU INCIDENCIA EN EL LEAD TIME DE UNA FÁBRICA
DE SACOS DE POLIPROPILENO**

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

AUTOR

CARLOS ARTURO SALAZAR CASTRO

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.....	13

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se analiza el proceso productivo de sacos de polipropileno Pesquero 28” de la empresa NORSAC S. A. La empresa tiene implementado Kanban en su proceso y no puede cumplir con el lead time establecido por su cliente. Analizando las causas que originan lo descrito, se identificó que el proceso se encuentra desbalanceado, existe una cantidad de operarios que no corresponde en la etapa de enfardelado y existe stock en proceso en las etapas de enfardelado y etiquetado que abarcan 3,26 días del lead time actual. El objetivo del presente estudio es reducir el lead time de la empresa. Para ello, se realizó un balance de línea, luego se calculó el número teórico de operarios, y para controlar el flujo de producción mediante el enfoque pull, se calculó la cantidad de piezas por Kanban, el número de tarjetas Kanban, la capacidad y el número de contenedores. Como resultados se obtuvo la agrupación de las etapas de enfardelado y etiquetado en una sola estación, se redujo el número de operarios en un 5% y se redujo el lead time de la empresa en un 27,9%.

Palabras clave: Kanban, Lead time, Inventario en proceso.

ABSTRACT

This research work analyzes the production process of 28” Pesquero polypropylene bags from the company NORSAC S. A. The company has implemented Kanban in its process and cannot meet the lead time established by its client. Analyzing the causes that originate the described, it was identified that the process is unbalanced, there is a number of operators that do not correspond in the baling stage, there is inventory in process in the baling and labeling stages that cover 3.26 days of the lead current time. The objective of this study is to reduce the company's lead time. For this, a line balance was performed, then the theoretical number of operators was calculated, and to control the production flow using the pull approach, the number of pieces per Kanban, the number of Kanban cards, the capacity and the number of containers. As a result, the grouping of the baling and labeling stages in a single station was obtained, the number of operators was reduced by 5% and the company's lead time was reduced by 27.9%.

Keywords: Kanban, Lead time, Inventory in process.

I. INTRODUCCIÓN

Según Arango, Chapuzano y Zapata [1], las empresas del sector industrial que desean seguir operando en un mercado altamente competitivo, el cual busca rápidas respuestas en relación a cantidad, calidad y tiempos de entrega, necesitan tener un proceso eficiente en el que no se generen desperdicios ni retrasos en la entrega de sus productos.

La empresa NORSAC S. A. ubicada en Trujillo se dedica a la producción y comercialización de textiles plásticos como telas y sacos de polipropileno. Según Soto y Vega [2], la empresa tiene implementada la herramienta 5S y un sistema Kanban con el que controlan su proceso productivo, a pesar de ello, la empresa tiene problemas con respecto al proceso de fabricación de sacos de polipropileno Pesquero 28", ya que no puede cumplir con el plazo de entrega de la demanda (10 días) establecida por su cliente, siendo el plazo de entrega actual 11,65 días.

Las causas que originan el incumplimiento de la empresa con respecto al plazo de entrega establecido por el cliente son el inventario en proceso que existe en las etapas de enfardelado y etiquetado (11 y 18 fardos respectivamente), la cual genera un tiempo de no valor agregado de 3,26 días con respecto al lead time actual de la empresa (11,65 días). La sobreproducción mencionada anteriormente, se debe a que las etapas de enfardelado y etiquetado se encuentran desbalanceadas y poseen un tiempo de ciclo muy por debajo del takt time identificado. Además, el número teórico de operarios que debe haber en la etapa de enfardelado es 1, sin embargo, la empresa cuenta con dos operarios en esa etapa, ocasionando una mayor producción. Los problemas descritos anteriormente evidencian la ineficiente implementación del sistema de tarjetas Kanban por parte de la empresa NORSAC S.A. lo que ocasiona demoras en la entrega de su producto.

Frente a lo descrito anteriormente, surge la interrogante ¿La implementación de un nuevo sistema Kanban reducirá el lead time del producto sacos pesquero 28" de la empresa NORSAC S. A.?

Para responder a esta interrogante, se planteó como objetivo general reducir el lead time del producto sacos pesquero 28" de la empresa NORSAC S. A. y como objetivo específico realizar las mejoras para los problemas identificados.

La justificación de la presente investigación se basa en que teniendo en cuenta los motivos por lo cual la empresa no cumple con el tiempo de entrega de su cliente, se realicen mejoras del proceso para luego implementar un nuevo sistema Kanban, de modo que, como resultados, la empresa pueda atender la demanda de su cliente en el lead time establecido haciendo uso de un nuevo sistema Kanban que permita controlar su producción mediante un enfoque pull en base a la demanda.

II. MARCO TEORICO

Para Cuatrecasas [3], el Just in Time (JIT) es un sistema de producción organizada que tiene tres pilares como base, los cuales son aseguramiento de la calidad total, producción ajustada y participación, formación y motivación de los colaboradores. El objetivo de este sistema es lograr tener un sistema productivo flexible en el que se fabriquen las unidades necesarias en las cantidades requeridas y en el momento preciso.

Bajo la filosofía JIT actúa el sistema Kanban como una herramienta que permite tener un control de la producción bajo un sistema Pull. Es por ello que, Cuatrecasas [4] define a Kanban como una tarjeta que se emplea para solicitar a un proceso anterior, una cantidad determinada de piezas, las cuales, al haber sido extraídas, deben ser repuestas inmediatamente al proceso del cual se tomaron. Además, Cuatrecasas [4] clasifica a las tarjetas Kanban en dos tipos: Tarjetas Kanban de producción y tarjetas Kanban de transporte. Los Kanban de producción se emplean para solicitar la producción de un lote de unidades mientras que el Kanban de transporte se emplea para indicar el número de unidades a enviar al proceso siguiente.

Para lograr implementar correctamente un sistema Kanban eficiente es necesario realizar mejoras previas al proceso productivo, una de estas mejoras es un balance de línea cuando existe operaciones desequilibradas. Según Peña, Neyra y Ruiz [5], el balance de línea es una herramienta que tiene como objetivo equilibrar las cargas de trabajo al identificar el cuello de botella de la operación y establecer la velocidad de producción de la línea, con el fin de obtener un flujo continuo de producción, así como también una disminución de los tiempos ociosos.

Antecedentes

En 2019, Monarca y Espinoza [6] realizaron una investigación en la que implementaron mejoras en la eficiencia de una línea de producción de equipos electrónicos para carros de una empresa industrial española. En el diagnóstico de la situación actual del proceso se determinó que la línea de producción contaba con 8 operarios y tenía una eficiencia del 72,72%. Luego en base a la demanda del cliente se calculó el takt time de la línea, siendo de 99 segundos, para después hacer una comparación con los tiempos de ciclo de cada etapa de la línea de producción. Al realizar la comparación, determinaron que algunas etapas del proceso se podían juntar en una sola estación ya que sus tiempos no sobrepasaban el takt time determinado. Entonces después de agrupar las actividades en una estación, se calculó el número teórico de operarios, en el cual se determinó que la cantidad teórica de operarios es de 6 personas. En base a ello, se realizó el balance y se distribuyó la carga de trabajo en esos 6 operarios y como resultados se obtuvo que la eficiencia de la línea de producción aumentó en un 16,39%, es decir que de 72,72% se llegó a tener una eficiencia de 89,11%, asimismo, la producción aumentó, ya que antes de la mejora

se tenía una producción de 30 unidades por turno de trabajo y después del balance, se obtuvo una producción de 33 unidades por turno.

En 2019, Caballero, Valdivia, Quiroz y Álvarez [7] desarrollaron y aplicaron Kanban en el proceso productivo de una empresa industrial metalúrgica, teniendo como necesidad principal disminuir la cantidad de inventario en proceso (WIP) que causaba el incumplimiento del plazo de entrega por parte de la empresa, así como también elevados costes. En base a ello, los autores determinaron los parámetros que utilizarán para la aplicación del Kanban, los parámetros calculados fueron, la demanda mensual, semanal y diaria, consumo diario máximo y stock de seguridad. Teniendo en cuenta los parámetros hallados anteriormente, se realizaron diversos cálculos para determinar el número de piezas por tarjetas Kanban, la cantidad de tarjetas que necesitarán para controlar el proceso de producción, y realizaron una prueba piloto con el Kanban implementado para verificar la situación del proceso mejorado. Como resultados de la aplicación de Kanban en el proceso productivo, se obtuvo una reducción del inventario en proceso de un 14% así como también una reducción significativa de costos para la empresa de un 89% ya que la propuesta requería una inversión de \$5 438 pero se lograban obtener unos ahorros de \$53 272.

En 2018, Powell [8] propuso la implementación de Kanban en una empresa industrial fabricante de cámaras y sensores para solucionar el problema los elevados tiempos de entrega (lead time) de sus productos los cuales no les permitían cumplir a tiempo con la demanda. En primer lugar, se determinaron los tiempos de entrega de los dos productos que se estudiarán, para el primer producto, sensores, se tiene un lead time de 12 semanas; y para el segundo producto, cámaras, se tiene un lead time de 42 días. La implementación de Kanban en esta investigación consistió en determinar el número de tarjetas a utilizar, posteriormente se reorganizaron las actividades de modo que se tenga un flujo continuo de producción en cada etapa de los procesos para no disponer de inventario en proceso. Como resultados de tener un flujo continuo de producción con cero inventarios y utilizar las tarjetas Kanban para controlar la producción se obtuvo una reducción del 50% del lead time para los sensores y una reducción del 52% para el lead time de las cámaras. Por lo que la aplicación de Kanban en los procesos de la empresa, resultó muy viable para reducir el plazo de entrega de sus productos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para tener un proceso bajo el enfoque Jalar (Pull) mediante la utilización de tarjetas Kanban, en primer lugar, se analizó el proceso productivo de sacos de polipropileno, en donde se identificó

los tiempos que poseen cada una de las etapas. Luego, se realizó el balance de línea siguiendo la metodología aplicada por Monarca y Espinoza [6], en donde se calculó el takt time dividiendo el tiempo disponible entre la producción diaria, tal como se muestra en la siguiente fórmula.

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible}{Producción\ diaria} \quad (1)$$

Luego, se realizó una comparación del takt time con los tiempos de ciclo de cada etapa del proceso tal como lo recomienda Monarca y Espinoza [6], y se identificaron las etapas que podrían agruparse en una sola estación utilizando la fórmula (2) para tener unos tiempos más equilibrados y cercanos al takt time.

$$Número\ de\ Estaciones = \frac{Suma\ de\ Tiempos\ de\ ciclo\ de\ las\ operaciones}{Takt\ Time} \quad (2)$$

Después se realizó un análisis con respecto a los operarios de la estación agrupada y tal como lo sugieren Miño, Moyano y Santillán [9] se calculó el número de operarios teóricos que deben ser asignados en esa estación mediante la fórmula (3).

$$Número\ de\ operarios = \frac{Tiempo\ de\ operación * IP}{Eficiencia} \quad (3)$$

En donde IP = índice de productividad o cantidad de piezas por producir.

$$IP = Unidades\ a\ producir / Tiempo\ disponible \quad (4)$$

Tal como lo sugiere Tejeda [10], se estableció un sistema de producción FIFO en esa estación para tener un flujo continuo de producción y reducir el inventario en proceso al mínimo. Para ello, el sistema FIFO se estableció en la última operación y todas las operaciones “aguas arriba” funcionan con un sistema halado mediante tarjetas Kanban, de esta forma, se tiene un flujo controlado de operación a lo largo de todo el proceso.

Después de haber realizado las mejoras mencionadas anteriormente, se procedió a implementar el sistema Kanban siguiendo los pasos establecidos por Caballero, Valdivia, Quiroz y Álvarez [7] y Socconini [11], con el que, en primer lugar, se calculó la cantidad de unidades por Kanban con la fórmula (5).

$$N^{\circ}\ de\ piezas\ por\ kanban = D * TE * U * \%VD \quad (5)$$

En donde TE = tiempo de entrega en semanas; U = número de ubicaciones (Socconini [11] recomienda usar 2 ubicaciones para implementar Kanban); y %VD = variación de la demanda, y se toma en cuenta que los pedidos para la empresa NORSAC son constantes.

Asimismo, se aplicó la siguiente fórmula para hallar el nivel de variación de la demanda (%VD)

$$\%VD = 1 + \frac{desviación\ estándar\ de\ la\ demanda\ en\ el\ periodo}{promedio\ de\ la\ demanda\ en\ el\ mismo\ periodo} \quad (6)$$

Luego se calculó la cantidad de tarjetas Kanban a utilizar con la siguiente fórmula.

$$\# \text{ tarjetas kanban} = \text{Demanda diaria} * \text{Tiempo operación anterior (días)} * u \quad (7)$$

En donde u es el factor de seguridad que corresponde a la situación actual de la empresa, y en el caso de la empresa NORSAC se ha considerado un factor de seguridad de 1 ya que no tiene problemas con sus proveedores o problemas en planta como huelgas.

Con el número de piezas por Kanban se determinó el número de contenedores a utilizar usando la fórmula (8).

$$\# \text{ de contenedores} = \text{Ctd de piezas por kanban} / \text{capacidad del contenedor} \quad (8)$$

Finalmente, se verificó la situación del proceso con respecto a las mejoras realizadas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso productivo de los sacos de polipropileno Pesquero 28” consta de 8 etapas, las cuales son mezclado, extrusión, tisaje, laminado, impresión, conversión, enfardelado y etiquetado, tal como se muestran en la figura 1. Además, la disponibilidad de tiempo viene dada por el tiempo de trabajo en la empresa, ya que se trabajan 2 turnos de 12 horas cada uno con una pausa diaria de 30 minutos. Teniendo en cuenta la demanda diaria de 80 000 sacos, se determinó el takt time del proceso productivo usando la fórmula (1), el cual es 1,06 seg/saco. En base a lo anterior, en la figura 1 se muestra una comparación entre los tiempos de ciclo y el takt time para cada etapa del proceso productivo.

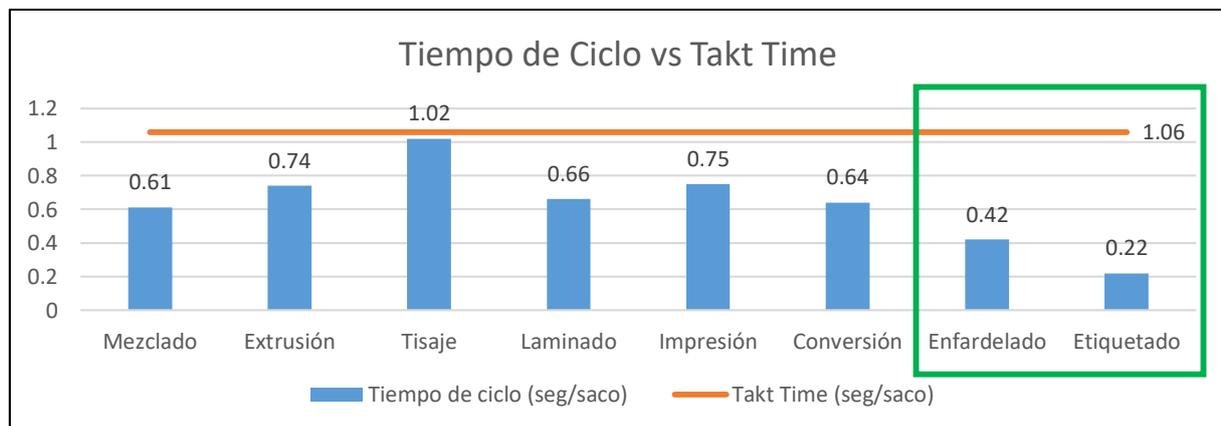


Figura 1. Tiempo de ciclo vs Takt time del proceso

Fuente: Elaboración propia. En base a Soto y Vega 2012:86

Tal como se puede observar en la figura 1, los tiempos de ciclo de cada etapa se encuentran por debajo del takt time, sin embargo, para las etapas de enfardelado y etiquetado se puede ver que los tiempos de ciclo se encuentran muy por debajo del takt time. Tal como lo recomiendan Monarca y Espinoza [6] en su metodología, se agruparon a las etapas de enfardelado y

etiquetado en una sola estación usando la fórmula (2) debido a que el tiempo de ciclo de ambas etapas no sobrepasa al takt time.

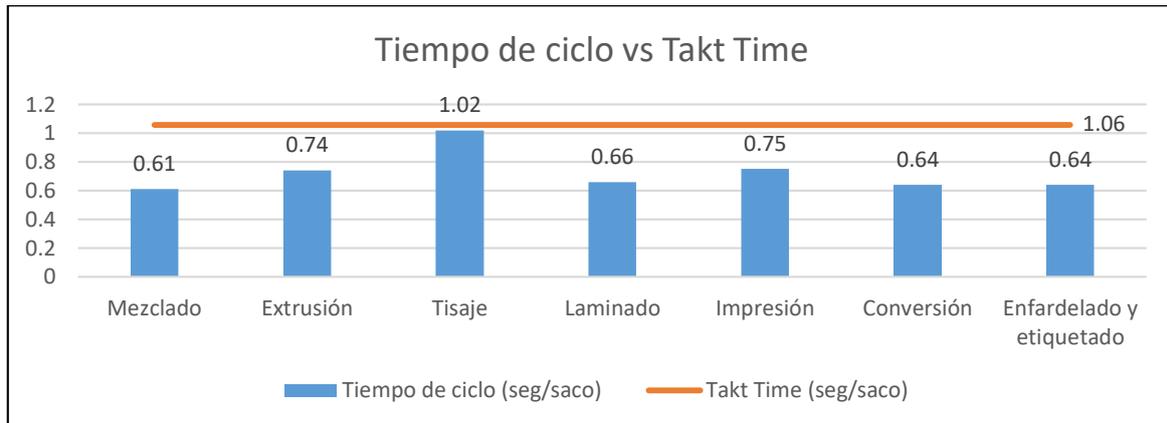


Figura 2. Tiempo de ciclo vs Takt time del proceso balanceado

Fuente: Elaboración propia. En base a Soto y Vega 2012:86

En el área donde se realiza el enfardelado y etiquetado, existen dos stock en proceso que retrasan el lead time de la empresa, el primero es en la etapa de enfardelado ya que allí trabajan dos operarios los cuales se ubican en la prensa 2 para realizar la actividad, sin embargo, se menciona que el operario de etiquetado se dedica 6 horas del turno a realizar actividades de control de producción y no realiza el etiquetado, por lo que se genera el stock en proceso de 11 fardos o 4400 sacos para el enfardelado y 18 fardos o 7200 sacos para el etiquetado, tal como se muestra en la figura 3.

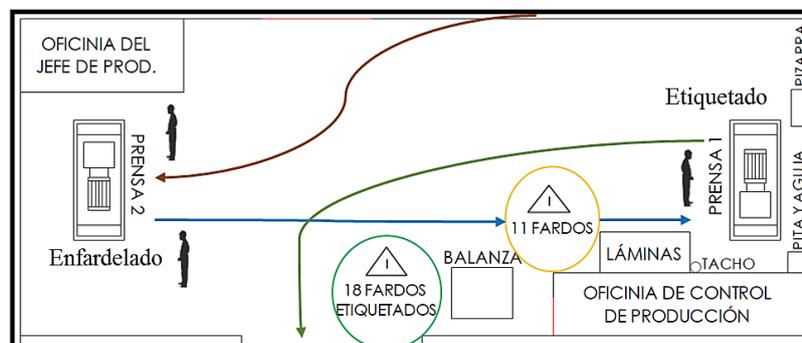


Figura 3. Situación inicial del área de enfardelado y etiquetado

Fuente: Elaboración propia. En base a Soto y Vega 2012:161

Al aplicar la fórmula (3) para calcular número de operarios se determinó que lo ideal es que trabaje 1 operario en la etapa de enfardelado y 1 operario en la etapa de etiquetado, con esto, el número de operarios pasa de ser de 20 a 19 operarios en total para el proceso. Por otra parte, para regular la producción entre estas etapas y tener un flujo de producción continuo se implementó un sistema de producción FIFO tal como lo recomienda Tejeda [10], es decir cada saco que llega al área en enfardelado y etiquetado respectivamente y se manda al área de

embarque, con esto, no se tendrá stock en proceso y, por ende, el tiempo de no valor agregado (3,26 días) de esas etapas se reducirá al mínimo, por lo que el nuevo lead time de la empresa viene a ser 8,4 días. En la figura 5 se muestra el proceso con 1 operario en el enfardelado y 1 operario en el etiquetado.

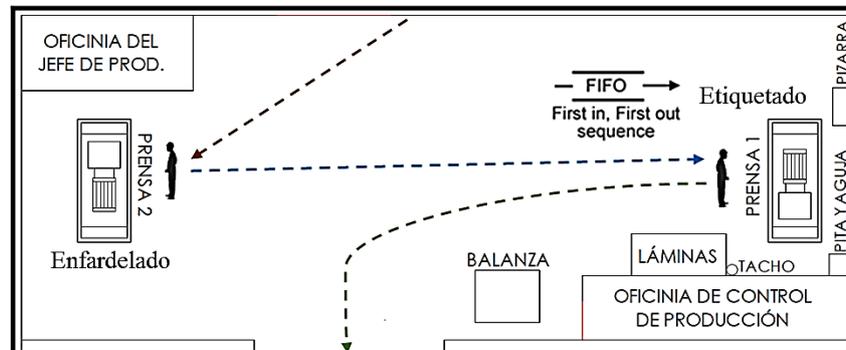


Figura 4. Situación mejorada del área de enfardelado y etiquetado

Fuente: Elaboración propia. En base a Soto y Vega 2012:161

La empresa NORSAC S. A. fabrica sacos de polipropileno a pedido, uno de sus principales clientes es la empresa Tecnologías de los Alimentos S. A. la cual le hace pedidos a la empresa de 800 mil sacos de polipropileno Pesquero 28” con un plazo de entrega (Lead Time) de 10 días. En base a ello se ha calculado una demanda diaria de 80 000 sacos y una demanda semanal de 400 000 sacos. El lead time de la empresa es de 1,43 semanas (10 días). Aplicando la fórmula (5) se determinó el número de piezas por Kanban.

$$\text{Piezas por kanban} = 1\ 142\ 857 \text{ piezas por kanban}$$

En la tabla 1 se muestra la cantidad de tarjetas Kanban a utilizar en el proceso productivo calculadas con la fórmula (7), y se determinó que en total se requieren usar 7 tarjetas Kanban para controlar la producción bajo el enfoque pull.

Tabla 1. Cálculo del número de tarjetas Kanban

Operación	Mezclado	Extrusión	Tisaje	Laminado	Impresión	Conversión	Enfardelado y etiquetado	Total
# de tarjetas Kanban	-	1	1	2	1	1	1	7

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, tal como lo indica Soto y Vega [2], los contenedores que posee la empresa NORSAC tienen una capacidad equivalente a un día de producción, es decir 80 000 sacos de polipropileno. Para calcular el número de contenedores se empleó la fórmula (8) en donde se halló que se deben utilizar 15 contenedores en todo el proceso productivo.

Discusiones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos como la reducción de un 5% del número de operarios y una reducción del 27,9% del lead time de la empresa, se puede inferir que, con las mejoras realizadas, la empresa NORSAC sí puede cumplir con el plazo de entrega de su cliente. Estos resultados son comparables con otras investigaciones realizadas como la de Monarca y Espinoza [6] en la que realizaron un balance de línea para mejorar sus procesos. Los autores obtuvieron como resultados, una reducción de operarios del 25%, mientras que en la presente investigación se tuvo una reducción de operarios del 5%.

En la investigación de Tejeda [10] se analizaron las formas de mejorar los procesos productivos ajustados a la filosofía Lean Manufacturing y se determinó que para mejorar los procesos para tener un flujo continuo con mínimos inventarios en proceso es implementar un sistema FIFO en la última etapa del proceso y emplear un sistema de halado para todas las etapas aguas arriba. En la presente investigación se ha implementado un sistema FIFO en las últimas etapas del proceso siendo la estación de las etapas de enfardelado y etiquetado y las etapas anteriores funcionan con un sistema de halado mediante tarjetas Kanban.

Con respecto a la investigación de Caballero, Valdivia, Quiroz y Álvarez [7], al implementar Kanban pudieron reducir su stock en proceso en un 14%, algo muy similar a lo de la presente investigación ya que se pudo reducir el stock en proceso de las etapas de enfardelado y etiquetado. En la investigación de Powell [8], al implementar Kanban en una industria de sensores y cámaras, se obtuvo una reducción del 50% y 52% del lead time para cada producto respectivamente. En la presente investigación se obtuvo una reducción del 27,9% del lead time de la empresa, ya que de 11,65 días (lead time actual) se pasó a tener un lead time de 8,4 días.

En la investigación de Soto y Vega [2] realizada en la misma empresa NORSAC, se identificó que la empresa no podía cumplir con el lead time establecido por el cliente (10 días) a pesar de poseer implementado un sistema Kanban. En la presente investigación, al implementar el sistema Kanban con mejoras realizadas previamente, la empresa NORSAC obtuvo un lead time de 8,4 días, con lo cual sí puede cumplir con el plazo de entrega establecido por su cliente.

V. CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación, se concluyó que, a través del balance de línea se pudo reducir el número de operarios en el área de enfardado pasando de 2 a 1 operarios en esa etapa, reduciendo en un 5% el número total de operarios. Además, al implementar un nuevo sistema Kanban con mejoras realizadas previamente en el proceso productivo para sacos de polipropileno Pesquero 28” de la empresa NORSAC se pudo reducir el lead time actual en un 27,9%, siendo el lead time mejorado de 8,4 días con lo cual la empresa sí cumple con el plazo de entrega establecido por el cliente.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Arango, L. Campuzano y J. Zapata, «Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban,» *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. XIV, n° 27, pp. 221-233, 2015.
- [2] B. Soto y R. Vega, «Aplicación de herramientas del lean manufacturing para mejorar el proceso productivo de sacos de polipropileno en NORSAC S.A.,» Trujillo, 2012.
- [3] L. Cuatrecasas, *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible*, España: Profit Editorial, 2013.
- [4] 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.
- [5] D. Peña, A. 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.
- [6] S. Monarca y C. Espinoza, «Mejoras en el desempeño de la línea de producción 560A DA utilizando herramientas del sistema de producción Toyota,» *Tecnología en marcha, Edición especial*, n° 6, pp. 146-160, 2019.
- [7] A. Caballero, J. Valdivia, J. Quiroz y J. Alvarez, «Development and Application of Kanban and Milk-Run in Production Process of a Metalworking Company,» *Conferencia internacional IEEE 2019 sobre ingeniería industrial y gestión de ingeniería (IEEM)*, pp. 1250-1254, 2019.
- [8] D. Powell, «Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments,» *IFAC-PapersOnLine*, vol. LI, n° 11, pp. 140-143, 2018.
- [9] G. Miño, J. Moyano y C. Santillán, «Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro,» *Ingeniería Industrial*, vol. XL, n° 2, pp. 110-122, 2019.
- [10] A. Tejada, «Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos,» *Ciencia y Sociedad*, vol. XXXVI, n° 2, pp. 276-310, 2011.
- [11] L. Socconini, *Lean Manufacturing. Paso a paso*, Marge Books, 2019.