

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



**BENEFICIOS LEAN PARA MEJORAR EL PROCESO DE  
LLENADO DE BIDONES DE AGUA PARA AUMENTAR LA  
PRODUCCIÓN**

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

**AUTOR**

**ESTHER JULISA SUYON TULLUME**

**ASESOR**

**MAXIMILIANO RODOLFO ARROYO ULLOA**

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

**Chiclayo, 2020**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
<b>III. MÉTODOS</b> .....	6
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	9
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	12
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	12

## RESUMEN

En la Procesadora y comercializadora Uceda S.A.se aplicó la herramienta Just in Time para solucionar el problema existente en la línea de llenado de este producto ya que no cuentan con ajustes necesarios para el correcto funcionamiento, ni con el adecuado balance de línea debido a que solo se está manejado por un operario, se realizó con el fin de aumentar su producción por ello se identificaron las causas como tiempos muertos de 180 minutos, con unos 2,80 minutos de cuello de botella, con una eficiencia de 23,04%, además de la falta de abastecimiento de insumos entre tapas, caños, etiquetas. A partir de ello se desarrolló esta herramienta con una serie de pasos que se deben tener en cuenta para el manejo óptimo el cual logró incrementar la eficiencia de la línea a 100%, se aumentó la producción a 653 bidones, se agruparon las operaciones con 11 operarios, reduciendo su inventario a cero.

***Palabras claves:*** *eficiencia de línea, tiempos muertos, Kanban, Just in Time.*

## ABSTRACT

In the Processor and marketer Uceda SA, the Just in Time tool was applied to solve the existing problem in the filling line of this product since they do not have the necessary adjustments for proper operation, nor the proper line balance, since only it's managed by an operator, it was carried out in order to increase it's production, therefore the causes were identified as dead times of 180 minutes, with about 2.80 minutes of bottleneck, with an efficiency of 23.04%, in addition of the lack of supply of supplies between caps, pipes, labels. From this, this tool was developed with a series of steps that must be taken into account for optimal management, which managed to increase the line's efficiency to 100%, production was increased to 653 drums, operations were grouped with 11 operators, reducing their inventory to zero.

***Keywords:*** *line efficiency, dead times, Kanban, Just in Time.*

## **I. INTRODUCCIÓN**

Los mercados que van adquiriendo más participación en el consumo de las personas es el agua embotellada el cual ha tenido un crecimiento de 24 a 30% de todo el volumen de su producción ubicándose en la segunda categoría más consumida esto según Kantar Worldpanel [1]. Siendo una de ellas la empresa Procesadora y Comercializadora Uceda en la región Lambayeque dedica a purificar y envasar agua de mesa ozonizada, que tiene como producto con una mayor demanda el bidón de agua de 20 litros, el principal problema es su baja productividad que fue de 0,58; esto debido a la presencia de tiempos muertos que representa un total de 180 minutos, la empresa además cuenta con un solo operario que realiza las operaciones de llenado, etiquetado y traslado de bidones a palletes. Como consecuencia en promedio se registraron 622 pedidos que no fueron atendidos que representan un total de S/. 6 220, esta demanda no atendida se debe a que existía en la producción un 39.37% por falta de bidones, un 23,49%, 21,26% y 15,88% por falta de tapas, precintos y etiquetas respectivamente. Presentando un cuello de botella de 2,80 minutos; esto genera que la empresa solo produzca 264 bidones por turno de 8 horas, presentando una capacidad ociosa de 96 bidones por turno que representó un total de S/. 960, esto evidencia que la productividad se ha visto afectada y según Kanawaty [2] menciona que si el porcentaje de productividad alcanzara el 100% sería ideal para la empresa pues le ayudará a mantenerse en el tiempo, es decir ser sostenible. Entonces de acuerdo a las evidencias ¿En qué medida el beneficio de las herramientas lean aumentarán la productividad? Por dicha razón se definió como objetivo general mejorar el proceso de llenado de bidones de 20 litros mediante las herramientas lean para aumentar la productividad.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **A. BASES TEÓRICAS**

Según Peña, León, Neira y Ángela [3] el balance de línea es como un componente de mayor importancia para que la productividad de la empresa cumpla la mejor distribución de sus productos en cuanto a su capacidad para que el flujo sea continuo y homogéneo mediante la igualdad de los tiempos respecto a la cantidad de estaciones aprovechando la cantidad de mano de obra y equipo dentro de la línea y de esa manera se disminuir tiempos innecesarios

Según Reis y Valle [4] nos dicen que el takt time es el ritmo de tiempo que debe tener la producción total o parcial de una línea para poder cumplir con una

demanda, es decir tiene una relación con el flujo de los materiales entre el tiempo disponible y las unidades que serán producidas

Para García, Crespo y Velando [5] se refiere a las tarjetas Kanban como tarjetas de control ubicadas en cada las instalaciones necesarias para la producción para saber del movimiento de los insumos, además beneficia a la producción en tener en cuenta el nivel de inventario en todo el proceso de producción y en la salida de los productos.

Vélez y Pérez [6] se refiere que el Just in time básicamente se encarga que los materiales a emplear en una línea de producción se encuentren en el lugar y momento adecuado, y sobre todo la cantidad necesaria y así obtener un producto o servicio de calidad, con una menor cantidad de residuos, menor costo, con el fin de aumentar en la productividad para lograr la satisfacción del cliente.

## B. ANTECEDENTES

En su investigación Elfan y Benedictus [7] titulada “*Análisis Line Balancing untuk Peningkatan Efisiensi Lintasan Produksi Pada*” en su investigación tuvo como objetivo equilibrar los tiempos de su ciclo que en promedio fue de 1091.90 segundos para lograr una nueva distribución de su línea. Para ello calculó primero su tiempo normal con la clasificación de rendimiento con la ayuda del método de Whestinghouse obteniendo 1212,014 segundos. Seguido de ello se determinó su tiempo estándar resultando un total de 1369,575 segundos, esto permitió analizar las causas que provocaban un retraso en la producción, entre ellos estaban el transporte para escoger la materia prima, por ende estos componentes llegan con retraso a la producción debido a que están ubicados lejos además que no están en un lugar accesible por ende se realizó el plan de mantenimiento por el cual agrupó los estantes donde estaban ubicados los componentes con colores en el extremo superior para mejorar la búsqueda. Así el nuevo diseño se hizo en 2 etapas quedando los 67 trabajadores con una eficiencia general de toda la línea de 92% y un retardo de equilibrio de 42,60%.

En su investigación Chandra y Widiana [8] titulada “*Standarisasi Lintasan Kerja Penjahitan Sepatu Pada PT XYZ*”, siendo una empresa que se dedica a la fabricación de zapatos y lleva como nombre PT XYZ, tiene como objetivo estandarizar su línea de producción de sus 18 estaciones pero contando con los 47 trabajadores además de querer aumentar su producción de 69 493 pares debido a que no lograban cumplir con la cantidad de los pedidos diarios por los tiempos

ocioso existentes teniendo como takt time 1,50 minutos, entonces al realizar la metodología de estandarización se obtuvo que solo contará con 40 trabajadores y además que aumento a un 92,4% gracias al balance de línea y así logró aumentar su producción a 69 613 pares es decir que logró realizar 120 pares más que la producción anterior.

En su investigación Torres, Pérez y Bermúdez [9] titulada “*Implementación del método Justo a Tiempo (JIT)*”, en su investigación tuvo como objetivo disminuir las 3 horas de tiempos muertos y esto provocaba retraso en la entrega de los pedidos ya que tenía una productividad de 0,70 y por consiguiente tenían una pérdida económica de \$12,670, por ello se realizó una reducción del tamaño de lote, para así luego implementar Kanban de manera en que tengan un control de los productos, además de ello se realizaron células de manufactura y así se pudo reducir los tiempos ociosos a 10 minutos y esto permitió que su productividad aumente en 0,2 y su producción se eleve en un 50% a causa del equilibrio del sistema.

### **III. MÉTODOS**

#### **3.1. Métodos**

Se acudió a la empresa Procesadora y Comercializadora Uceda S.A.C. en cual se pasó a tomar los tiempos necesarios en que el operario realiza el llenado de bidones, esto con la ayuda de un cronometro y de unas hojas de registros realizadas por el operario encargado. Además se tomó datos como producción, horas de trabajo, y cantidades que ayudaron a realizar esta investigación.

#### **3.3.1. Estandarización de tiempos**

Se realizó la estandarización de estos tiempos con la ayuda de método de Westinghouse tomando en cuenta el número de observaciones para determinar el tiempo promedio de las actividades, luego a este se le multiplicó el factor de calificación y así se pudo obtener un tiempo normal, seguido de ello para obtener el tiempo estándar se le agregaron los suplementos que son los factores que se relacionan con el operario al realizar el trabajo [10].

$$\textit{Tiempo estándar} = \textit{Tiempo normal} * \textit{Suplementos} + \textit{Tiempo normal}$$

### 3.3.2. Tiempo de flujo de equilibrio

Se determinó el tiempo ideal de producción en que las operaciones deberían de trabajar dentro del sistema [11].

$$\text{Tiempo de flujo equilibrado} = \frac{\text{Tiempo total de ciclo}}{\text{Número de operaciones}}$$

### 3.3.3. Producción diaria

Se determinó en base a las horas en que realizan las operaciones sobre flujo de equilibrio [12]

$$\text{Producción} = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{ciclo}}$$

### 3.3.4. Cantidad de operarios

Se determinó la cantidad de operarios ya que ellos serán los necesarios para estar en el proceso de producción [13].

$$\begin{aligned} \text{Número de Operarios} \\ = \frac{\text{Tiempo estándar de la pieza} * \text{índice de producción}}{\text{eficiencia planeada}} \end{aligned}$$

$$\text{índice de producción} = \frac{\text{Unidades a fabricar (producción deseada)}}{\text{tiempo disponible}}$$

### 3.3.5. Takt time

Se calcula el takt time para lograr satisfacer la demanda debido a que se toma el tiempo de ciclo máximo y mínimo [12].

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo total de trabajo disponible}}{\text{Producción}}$$

### 3.3.6. Número de estaciones de trabajo

Se determinó la cantidad de estaciones para llevar a cabo un correcto proceso de producción en base al tiempo de la producción y el tiempo disponible [14]

$$\text{Nº de estaciones de trabajo} = \frac{\text{Tiempo estándar} * \text{Producción diaria}}{\text{Tiempo de operación disponible}}$$

### 3.3.7. Operarios por estación

Se tendrá en cuenta la cantidad de operarios que serán óptimos para la producción [12].

$$\text{Operarios por estación} = \frac{\text{Tiempo de flujo equilibrado}}{\text{Takt time}}$$

### 3.3.8. Eficiencia de línea

Se determinó para saber si el trabajo cumplió con el mínimo de recursos [13]

$$\begin{aligned} \text{Eficiencia de línea} \\ = \frac{\text{Tiempo total de las operaciones}}{(\text{Número de estaciones actual}) * (\text{Tiempo de ciclo})} \times 100 \end{aligned}$$

### 3.3.9. Tarjetas Kanban

Se determinó las tarjetas Kanban para que el sistema tenga buen control de materiales en base a los requerimientos del sistema. Por ello primero se determina la cantidad de piezas por contenedor [11].

$$\text{Piezas por contenedor} = D \times TE \times U \times (1 + \%VD)$$

Dónde: D = demanda semanal 287, TE = tiempo de entrega, U = Número de ubicaciones, % VD = Nivel de variación de la demanda

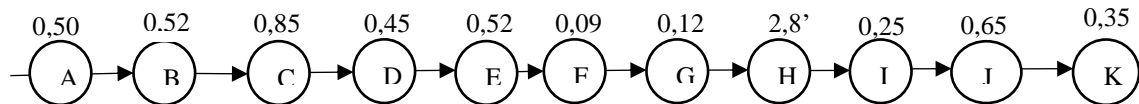
$$K = \frac{Q * LT * (1 + u)}{q}$$

### 3.3.10. Balance de línea

Después de todos los pasos aplicados anteriormente se realizó el balance de línea para buscar el equilibrio entre las estaciones de trabajo.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó la toma de los tiempos promedios de cada una de las actividades del proceso de llenado de bidones de 20 litros y en base a ello se pudo calcular la eficiencia de la línea tomando los tiempos dados. En la figura 1 se muestra la distribución de las estaciones actuales, en donde se observa un cuello de botella de 2,8 minutos.



**Figura 1: Distribución de estaciones actuales**

Fuente: Elaboración Propia

#### Eficiencia actual de la línea

$$\text{Eficiencia de la línea} = \frac{7,095}{11 * 2,8} \times 100 = 23,04\%$$

**Estandarización de los tiempos:** Se determinó el tiempo estándar en base a los tiempos promedios presentados para cada una de las actividades

**Tabla 1: Tiempo estándar del área de envasado para bidones de 20 l**

Actividad	Tiempo estándar (Te)
Desinfectar mesa de recepción de bidones de 20 l (A)	0,570
Desinfectar mesa de llenado de bidones de 20 l (B)	0,593
Lavado de tapas con agua de carbón activado (C)	0,969
Desinfección de 3 bidones (D)	0,513
Llenado de bidones (E)	0,593
Colocar tapas al bidón (F)	0,097
Traslado a mesa de recepción (G)	0,137
Ir al área de producto terminado (H)	3,192
Colocar precintos a tapas, caños y etiquetas (I)	0,285
Precintar las tapas, caños y etiquetas (J)	0,741
Colocar bidón en la parihuela (K)	0,399
Total	8,088

Fuente: Elaboración Propia

**Cálculo del tiempo de flujo de equilibrio:** Luego de obtener el haber estandarizado los tiempos se realizó el cálculo del tiempo de flujo equilibrado lo cual se obtuvo:

$$\text{Tiempo de Flujo de equilibrio} = \frac{8,088 \text{ min}}{11 \text{ operaciones}} = 0,735 \text{ min/operación}$$

**Cálculo de nueva producción:** Posteriormente se calculó la producción diaria teniendo en cuenta que el operario trabaja 8 horas al día.

$$\text{Producción} = \frac{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 60 \text{ minutos/hora}}{0,735 \text{ minutos}} = 653 \text{ bidones/día}$$

**Cálculo de operarios:** Teniendo la nueva producción se procede a calcular los operarios necesarios en base al tiempo disponible.

$$\text{Nº de operarios} = \frac{653 \text{ bidones}}{480 \text{ minutos}} * 8,088 = 11 \text{ operarios}$$

**Cálculo del takt time:** Se calculó conforme al tiempo disponible y a la producción.

$$\text{Takt time} = \frac{(8 * 60) \text{ min}}{653 \text{ bidones}} = 0,74 \text{ minutos /unidad}$$

**Cálculo del número de estaciones:** Ahora se halló la cantidad de estaciones que son ideales para que se realicen las correctas agrupaciones para el proceso.

$$\text{Nº de estaciones} = \frac{8,088 \frac{\text{min}}{\text{bidones}} * \frac{653 \text{ unidades/día}}{3 \text{ unidades/lote}}}{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 60 \text{ minutos/hora}} = 4 \text{ estaciones}$$

**Cálculo de operario por estación:** Se procedió luego a calcular la cantidad de operarios necesarios para cada célula en base al takt time y así cumplir con la nueva distribución.

$$\text{Trabajadores por estación} = \frac{0,735 \text{ minutos}}{0,74 \text{ minutos}} = 1 \text{ operario}$$

**Cálculo de nueva eficiencia**

$$\text{Eficiencia de línea} = \frac{8,088}{11 * 0,735} * 100 = 100\%$$

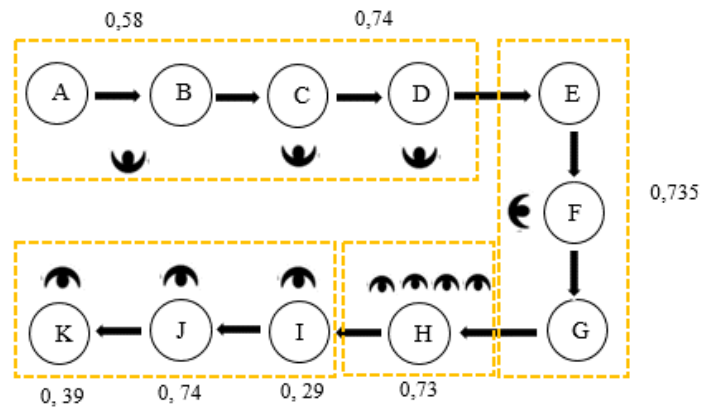
**Determinar tarjetas Kanban**

Se calculó las tarjetas Kanban debido a que estas indicaran que las actividades se encuentren abastecidas y así no existan retrasos, por ello primero se realizó el cálculo de las piezas por contenedor tomando en cuenta que los proveedores abastecen a la empresa cada 7 días, con un factor de seguridad de 1,5.

$$\text{Piezas por contenedor} = 813 \frac{\text{bid}}{\text{sem}} * 1 \text{ semana} * 1 * (1,293) = 1 051 \text{ piezas}$$

$$Kanban = \frac{653 \frac{\text{bis}}{\text{día}} * 7 \text{ días} * (1 + 1,5)}{1\ 051 \text{ piezas por contenedor}} = 12 \text{ tarjetas kanban}$$

**Balance de Línea:** Conforme se realizaron los cálculos se empiezan a agrupar a los operarios conforme a las estaciones establecidas, tomando en cuenta la mejor decisión ya que se había obtenido que por cada estación correspondía un operario, y que sus tiempos sean menores al tiempo de equilibrio.



**Figura 2: Distribución de estaciones en forma de U**

Fuente: Elaboración propia

En la investigación de Elfan y Benedictus [7] demuestran que luego redistribuir su línea de producción su eficiencia aumentó en un 92% así como lo hizo Chnadra y Widyana [8] que aumentó a 92,4%; sin embargo al aplicar el balance de línea para el proceso de llenado de bidones de 20 litros este aumenta a un 100% es decir un 8% más con lo que demostró un mejora si se realiza el dicho balance de las actividades. Así mismo en la investigación de Torres, Pérez y Bermúdez [9] se determinó que su producción tuvo un aumento de 50% debido a la implementación del metodo JIT entonces la empresa al aplicar esta herramienta se logró aumentar su produccion en un 60% a la anterior produccion que fue de 264 bidones, es entonces que con esto se demuestra que si se implementan estas metodologías el sistema tendrá una notable mejora.

## V. CONCLUSIONES

Luego de realizar un balance la línea la producción de la empresa logró aumentar en unos 389 bidones, además que conforme a los pasos utilizados su eficiencia de línea se elevó en un 76,96% esto permitió que se reduzcan sus inventarios debido a que cuentan con nueva agrupación de estaciones de trabajo y así logró atender la demanda de los clientes esto permitió que se obtengan los resultados esperados.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «Consumo de agua embotellada crece más que las gaseosas en los últimos 3 años,» PerúRetail, 16 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.peru-retail.com/consumo-agua-embotellada-gaseosas/>. [Último acceso: 22 Julio 2020].
- [2] G. Kanawaty, Introducción al estudio del trabajo, Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo, 1996.
- [3] D. L. Peña Orozco , Á. M. Neira Garcia y R. A. Ruiz Grisales, «Aplicación de técnicas de balanceo de línea para equilibrar las cargas de trabajo en el área de almacenaje de una bodega de almacenamiento,» *Scientia El Technica*, vol. 21, nº 3, pp. 239-247, 2016.
- [4] R. Reis Álvarez y J. A. J. Valle Antunes, «Takt-time: conceptos y contextualización dentro del sistema de producción de Toyota,» *Scielo*, vol. 8, nº 1, pp. 1806-9649, 2001.
- [5] J. García Vásquez, T. Crespo Franco y M. Velando Rodríguez, «ALTERNATIVAS PARA UTILIZAR UN SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN DE TIPO KANBAN,» *Dialnet*, vol. 4, nº 1, pp. 101-122, 1998.
- [6] R. J. Vélez Rojas y G. Pérez Ortega, «PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE INVENTARIOS EN UNA EMPRESA DE BEBIDAS POR EL MÉTODO JUSTO A TIEMPO CASO DE ESTUDIO: ABASTECIMIENTO DE AZÚCAR,» *Dialnet*, vol. 8, nº 2, pp. 1794-7154, 2013.
- [7] E. Hemanto y B. Rahardjo, «Analisis Keseimbangan Garis Ditingkatkan Efisiensi Jalur Produksi di PT.X,» *Jurnal Titra*, vol. 7, nº 2, pp. 341 - 348, 2019.
- [8] C. Chandra y G. A. Widyana, «Standarisasi Lintasan Kerja Penjahitan Sepatu Pada PT XYZ,» *Jurnal Titra*, vol. 6, nº 2, pp. 393 - 400, 2017.

- [9] J. L. Torres Hernández, S. M. Pérez Pulgarín y J. Bernmúdez Hernández, «Implementación del método Justo a tiempo,» *CIES*, vol. 5, nº 02, pp. 9 - 28, 2014.
- [10] A. Caso Neira, «Calificación de los operarios,» de *Técnicas de Medición el Trabajo*, FC Editorial, 2006, p. 231.
- [11] L. V. Socconini Perez Gomez, *Lean Manufacturing Paso a Paso*, México: Grupo Editorial Norma.
- [12] J. Heizer y B. Render, *Dirección de la producción y de operaciones*, Madrid: Pearson Educación, 2007.
- [13] J. García y F. y. A. Alarcón, «Problemas resueltos de diseño de sistemas productivos y logísticos,» 2004.
- [14] M. C. Reyhna Amador, «Balanceo de línea,» Noviembre 2017. [En línea]. Available: [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/icbi/asignatura/ingenieria/2017/balanceodelinea.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/icbi/asignatura/ingenieria/2017/balanceodelinea.pdf). [Último acceso: 27 Julio 2020].
- [15] S. Brufau, «Aplicación de la filosofía Lean en las actividades de ventas: Buscando eficiencia y la satisfacción del cliente,» [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/108123/tfm-martasegarra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 02 Junio 2020].