

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



**AUMENTO DEL NIVEL DE SERVICIO EN UNA EMPRESA
PROCESADORA DE INSUMOS DE CAUCHO MEDIANTE LA
FILOSOFÍA JUST IN TIME**

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

AUTOR

ZOILA XIMENA ZEVALLOS PACHECO

ASESOR

MAXIMILIANO RODOLFO ARROYO ULLOA

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

Chiclayo, 2020

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	3
I. INTRODUCCIÓN.....	4
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
VI. CONCLUSIONES.....	12
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en una empresa dedicada a la fabricación de insumos para la industria del calzado, centrándose en el procesamiento de caucho, donde la problemática se debe a sus líneas desbalanceadas, cuellos de botella en procesos como el vulcanizado de láminas de caucho y tiempos que no agregan valor al proceso, los cuales no permiten atender la demanda. El estudio consistió en cumplir con la demanda de la empresa mediante la aplicación de la filosofía Just in Time en el proceso. Por lo que se procedió con los tiempos ya estandarizados a balancear el proceso, seguidamente se analizó el flujo de materiales del sistema, se realizó el cálculo de producción real alineado al sistema de tarjetas kanban y se detalló el flujo del proceso bajo esta filosofía. Finalmente se determinó que tanto el stock en proceso (WIP) como el tiempo de no valor agregado (NVA) disminuían en un 53.88% y 39.55%, respectivamente, la eficiencia de la planta aumentó en un 30% y los tiempos ociosos se redujeron en un 34%. también, se determinó que para atender su demanda faltante de 68 láminas/día se deberían incurrir a 2 horas extra.

Palabras clave: Kanban, Justo a Tiempo, Láminas de caucho, Manufactura Esbelta.

ABSTRACT

The research was carried out in a company dedicated to the manufacture of supplies for the footwear industry, focusing on the processing of rubber, where the problem is due to its unbalanced lines, bottlenecks in processes such as the vulcanization of rubber sheets and times that do not add value to the process, which do not allow meeting demand. The study consisted of meeting the demand of the company by applying the Just in Time philosophy in the process. Therefore, we proceeded with the already standardized times to balance the process, then the material flow of the system was analyzed, the real production calculation was carried out aligned to the kanban card system and the process flow was detailed under this philosophy. Finally, it was determined that both the stock in process (WIP) and the non-value-added time (NVA) decreased by 53.88% and 39.55%, respectively, the efficiency of the plant increased by 30% and idle times were reduced by 34%. Also, it was determined that to meet the missing demand of 68 sheets / day, 2 extra hours must be incurred.

Palabras clave: Kanban, Just in Time, Rubber sheets, Lean Manufacturing.

I. INTRODUCCIÓN

En este mundo globalizado, las empresas exploran opciones para implementar procesos de mejora continua exitosa y duradera para poder afrontar la variabilidad del mercado. También buscan poder afrontar las tendencias actuales para mejorar la productividad y eficiencia de sus procesos. Por lo tanto, las empresas deben centrarse cada vez más en satisfacer las necesidades del cliente, mantener un buen servicio y calidad, al precio más adecuado y distribuir los productos dentro del plazo de entrega especificado. Sin embargo, en muchos casos esto no se puede lograr porque las empresas no conocen su tiempo de producción real, tienen tiempos ociosos y mantienen inventario en el proceso, debido a una mala planificación de la producción.

Tal es el caso de esta empresa, líder en el mercado peruano del sector con 49% de participación, fabricante de insumos de caucho para la industria del calzado. La investigación se centra en su producto principal o más demandado, las láminas de caucho, las cuales representan el 42% de ventas y utilidades. Esta empresa registro en los meses de enero-diciembre un nivel de servicio de 83,6% y sus ganancias no percibidas fueron de S/276 198 [1]. Esto, debido a que no se establece un buen balance de línea y sus procesos no están estandarizados, pues los tiempos de los mismos no se ajustan a su takt time de 1,16 minutos/lamina. En consecuencia, tienen un tiempo ocioso de 1,46 minutos/lamina y una producción promedio de 346,33 láminas/día, así como una productividad de mano de obra de 519,789 láminas/operario. Mientras que para un lote de producción de 20 láminas tomados en consideración se registró un stock en proceso (WIP) de 272 láminas/día, así como un tiempo de no valor agregado (NVA) de 0.881 días.

Con todo lo descrito anteriormente, se plantea la pregunta: ¿Puede la filosofía Just in Time ayudar a que la demanda de la empresa fabricante de insumos de caucho para la industria del calzado sea atendida?, para lo cual se planteó como objetivo general aumentar el nivel de servicio de la empresa y como objetivo específico realizar la filosofía Just in Time en el proceso. Con esto, la investigación pretende aprovechar e integrar esta filosofía Lean y sus técnicas para llevarla a cabo y así controlar la producción de acuerdo con la demanda.

II. MARCO TEÓRICO

La palabra Takt proviene del alemán "taktzeit", que significa ritmo, brújula, en términos de ingeniería industrial, es tiempo de ciclo, pero a diferencia del tiempo de ciclo conocido, mide la tasa de trabajo de una planta de fabricación. Cuando se trata de producción esbelta, Takt Time es la velocidad a la que los productos deben completarse o terminarse para satisfacer la demanda [2]. Este integrado con el sistema Kanban, el cual es un sistema de producción pull que se enfoca en el correcto flujo de material, porque el proceso se produce de acuerdo con lo que necesita ser retirado de la etapa anterior alineado a la demanda. El sistema de tarjetas proporciona una óptima comunicación entre una operación a otra, así como la complementación de los productos en venta, y se divide en tarjetas de dos tipos: tarjetas de producción y tarjetas de transporte. La primera tarjeta representa la cantidad que se debe realizar para el siguiente proceso y la segunda, la cantidad de material que se debe retirar del proceso anterior [3].

Englobando todo ello se llega a desarrollar la filosofía Justo a Tiempo, la cual determina la manera en que una organización debe analizar y mejorar todos y cada uno de los recursos dentro de un sistema productivo. La Filosofía Just in Time (JIT) se basa en producir lo necesario de acuerdo con las cantidades demandadas y en los tiempos establecidos (lead time). De tal manera, al momento en el que el cliente solicite un pedido se planifican las compras para poder satisfacer la demanda antes de los plazos de entrega y así mejorar el nivel de servicio de la organización [4].

En 2017, D. Blas, M. Alcalá y L. Padilla [5], en su investigación estudio "*Aplicación del sistema JIT para el mejoramiento de la calidad del proceso de fabricación de calzado de la empresa Cam's*", se plantearon un diseño preexperimental destinado a explicar ejemplos de sistemas JIT de todas las actividades en el proceso de fabricación del modelo de calzado más demandado perteneciente a la empresa Cam's. Los datos fueron extraídos mediante herramientas como estudio de tiempo, encuestas, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, diagrama de flujo de valor (VSM) y balance de línea. Los principales resultados obtenidos fueron que se compró la tarjeta de control y se solucionó la mala situación de corte de pieza, con esto reduciendo el 30% de pieles con defectos y con la elaboración de un plan de mantenimiento, el tiempo de inactividad no planificado de la máquina se redujo en un 62%. La deficiencia de capacidad en el área de armado se solucionó al equilibrar la línea de producción, agregando 3 estaciones y con esto reduciendo el tiempo de ciclo en un 34% y, a su vez, aplicando VSM, el tiempo de entrega se logró reducir un 71%. Una de las conclusiones de la investigación es que la aplicación del sistema JIT ha mejorado enormemente la calidad del proceso y ha aumentado las fuerzas productivas.

En 2015, López *et al.* [6] en su investigación “*Balance de líneas utilizando herramientas de Manufactura Esbelta*” se plantearon como objetivo balancear una nueva línea de producción con la finalidad de establecer la cantidad necesaria de operadores y consolidando las actividades del proceso para reducir los tiempos y actividades improductivas. Para lo cual, se calcularon los tiempos promedio de cada operación, posteriormente se determinó el takt time para así, poder conocer el ritmo de la producción y hacer una separación de las operaciones en base a este tiempo calculado. Se obtuvo un tiempo estándar por cada operación y se comparó con el valor del takt time dando como resultado un incremento de la productividad en 161% dado que hay mayor producción usando menos recursos de mano de obra, así mismo se logró disminuir en un 30% el tiempo de actividades improductivas, las entregas de los pedidos mejoraron en 93% y la producción aumentó un 78%.

En 2015, Martínez y Colorado [7] en su investigación “*Takt Time, el corazón de la producción*” se definió como objetivo implementar la herramienta Takt Time de la metodología Lean Manufacturing para obtener un mejor control de la producción en base a la demanda del cliente en una empresa manufacturera. Para ello, en primer lugar se obtuvieron datos de la empresa respecto al proceso y con estos se analizaron los tiempos del proceso productivo. Los datos obtenidos fueron acerca del valor ideal, valor real, eficiencia y minutos y segundos que conlleva la elaboración del producto. A partir de esto, se pudo generar gráficas para estudiar la variación de la eficiencia respecto al trabajo de los operadores en tiempo real. Por otra parte, se realizó un conteo de productos terminados mediante el método inalámbrico. Finalmente, como resultados se obtuvo que, al mantenerse constantes durante 6 meses con la aplicación de este método, se pudo observar un crecimiento de la eficiencia en un 25% y hubo una mejora en los tiempos de producción, además, el número de productos terminados tuvo un aumento de 20 unidades.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Métodos

Las etapas del método utilizado en la investigación fueron las siguientes:

Para fines del desarrollo de este artículo, se consideró la metodología realizada por Miño, Moyano y Santillán [8] para el balance de línea. En primer lugar se realizó un análisis del flujo de materiales del proceso. En el balance de línea se identificaron los tiempos de cada proceso, con la finalidad de agrupar estaciones con la finalidad de que no sobrepasen el takt time. Además con datos como la demanda promedio de 414 láminas/día y una disponibilidad de tiempo de 480 minutos/día se utilizó:

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ de\ producción\ disponible}{Demanda\ diaria}$$

Después de hallar el takt time, para la agrupación de estaciones, Charly y Perleche [9], señalan que, se deberá calcular el tiempo de flujo equilibrado en el que las operaciones del sistema se tendrían que adaptar para mantener el equilibrio con la formula siguiente:

$$Tiempo\ de\ flujo\ equilibrado = \frac{Tiempo\ de\ ciclo\ de\ la\ siguiente\ operación}{Tiempo\ de\ operación\ disponible}$$

Con esto, teniendo las consideraciones anteriores para el cálculo de número de estaciones, se aplicó:

$$N^{\circ}\ de\ trabajadores = \frac{Tiempo\ de\ ciclo\ inicial}{Tiempo\ equilibrado}$$

Además, se determinó la eficiencia del balanceo tal cual lo formulan Díaz y Noriega [10] con:

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ de\ ciclo\ total}{Tiempo\ de\ cuello\ de\ botella * N^{\circ}\ de\ estaciones}$$

Luego, se procedió a determinar el número de tarjetas kanban requeridas en el sistema aplicando la siguiente formula:

$$Kanban = \frac{Producción\ diaria + Tiempo\ de\ flujo\ equilibrado}{Tiempo\ disponible}$$

Después de eso, se calcularán los lotes de transferencia, ya que estas unidades pasarán proceso tras proceso, para lo cual se utilizó:

$$\text{Lote de transferencia} = \frac{\text{Producción diaria}}{\text{Kanban}}$$

Finalmente, se calculó el WIP(Stock en proceso), con la siguiente formula

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

Donde:

$Q =$ demanda

$C_i =$ ciclo en operación

$CM =$ ciclo máximo de producción

$n =$ lote de transferencia

$C_1 =$ ciclo de la primera operación

$N =$ número de transferencia

Mientras que, para el tiempo de no valor agregado (NVA) se empleó:

$$\text{No Valor Agregado(NVA)} = \frac{\text{Lote en proceso} + \text{Tiempo de ciclo de siguiente operación}}{\text{Tiempo de operación disponible}}$$

Para el cálculo de la producción real alineado a tarjetas kanban, el cual ayudará a que el proceso tengo un flujo continuo y ajustado a su demanda utilizando las tarjetas kanban, se tomó en cuenta a Diaz y Noriega [10]. En primer lugar, se realizó el cálculo del número de piezas por kanban con:

$$\text{N}^\circ \text{ de piezas por kanban} = D * TE * U * \%VDN^\circ$$

Donde

$D =$ demanda semanal

$U =$ número de ubicaciones

$TE =$ tiempo de entrega del producto

$\%VD =$ nivel de variación de la demanda

De esta forma, para saber el nivel de variación de la demanda (%VD) se tuvo en consideración:

$$\%VD = 1 + \frac{\text{Desviación estandar de la demanda en el periodo de tiempo}}{\text{Promedio de la demanda en el periodo de tiempo}}$$

Luego, con el número de piezas por kanban se halló el número de contenedores con la siguiente formula:

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

Además, la capacidad de cada contenedor en unidades se determinó aplicando:

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

Por último, las unidades producidas por día se hallan utilizando la siguiente formula:

$$\text{Producción diaria} = \text{Cantidad de contenedores} * \text{Capacidad de contenedor}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Análisis del flujo de materiales del proceso

Se aplicó balance de línea con el fin de equilibrar las estaciones de trabajo; es decir que cada estación tenga aproximadamente la misma cantidad de tiempo de trabajo para así disminuir los tiempos muertos. Para ello en primer lugar se hallará el takt time:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Demanda diaria}}$$

$$\text{Takt Time} = \frac{480 \text{ min/día}}{414 \text{ laminas/día}}$$

$$\text{Takt Time} = 1.16 \text{ min/lamina}$$

En la Tabla 1. se observa que, la estación 1,2 y 3 cuentan con más stock en proceso (WIP); están representadas por las etapas de Molienda, Corte, Grabado y se ven afectadas por la estación 6, es decir la etapa de vulcanizado, la cual es el cuello de botella. Además, se redujeron de 8 a 6 las estaciones de trabajo, por lo que empleando la fórmula de la eficiencia, se determinó que esta aumentará en un 34%. También, al lograr el equilibrio entre las etapas se disminuyeron los tiempos ociosos en un 30%, pues estos tiempos pasaron a ser 0,14 minutos/lamina y se aumentó la productividad de mano de obra a 692,67 láminas/operario. Asimismo, se observa que el nuevo stock en proceso es 120 láminas/día y el tiempo de no valor agregado 0.325 días, los mismos que aminoraron en un 55,88% y 39,55%, respectivamente.

Tabla 1. Resultados del nuevo flujo de materiales del proceso en laminas/ día

Estaciones de trabajo	Lote de transferencia	Kanban	Tiempo de flujo equilibrado	WIP	NVA
Estación 1	369	1	1.03	20	0.045
Estación 2	369	1	0.51	20	0.047
Estación 3	369	1	0.54	20	0.024
Estación 4	123	3	2.95	20	0.013
Estación 5	93	4	4.15	20	0.038
Estación 6	369	1	0.29	20	0.158
Total				120	0.325

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de producción real en el proceso bajo tarjetas kanban

Empleando la fórmula de N° de piezas por kanban, se determinó que el número de piezas por kanban fue de 2199 láminas y para el número de ubicaciones la literatura recomienda 6 ubicaciones. En la tabla 2 se muestran los datos que se tomaron en consideración:

Tabla 2. Datos para el cálculo de n° de piezas por kanban

Datos	Valores
Demanda (unidades/semana)	2,487
Lead time (semana/unidades)	0.0976
N° de ubicaciones	6
Variación de la demanda (%VD)	1.39

Fuente: Elaboración propia

Después de eso con la fórmula ya mencionada, se determinó que el número de contenedores requeridos era de 26 contenedores, de tal manera que, la capacidad del contenedor resultó en 85 láminas/día en el proceso productivo con una demanda de 2210 láminas/día que la empresa podría abastecer. En la tabla 3 se muestran los datos tomados en cuenta:

Tabla 3. Datos para el cálculo de N° de contenedores

Datos	Valores
Número de kanban (unidades/día)	11
Demanda (unidades/día)	415
Plazo de entrega (día/unidades)	0.0163
Margen de seguridad día (unidades/día)	42
Cantidad de contenedores	26
Capacidad del contenedor (und)	85

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para flujo de producción del proceso bajo la filosofía Justo a Tiempo, se utilizó el sistema pull con las tarjetas kanban y el método PEPS (primero en entrar, primero en salir). Es decir, se producirá de acuerdo con las cantidades demandadas por el cliente.

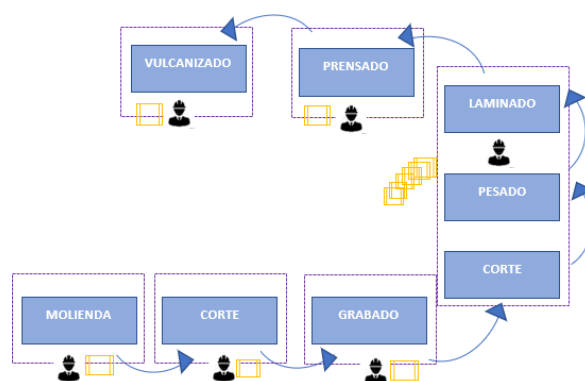


Figura 1. Flujo Kanban en el proceso de producción de láminas de caucho.

4.2. Discusiones

Tabla 4. Comparación de resultados

Proceso	WIP	NVA	% Aumento Eficiencia	Productividad MO
Actual	272	0.538	26%	519.88 láminas/operario
Mejora	120	0.325	34%	692.67 láminas/operario
% de reducción	55.88%	39.55%	-	.

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 4. se evidencia la comparación de resultados aplicando el balance de línea, y demás herramientas, se logró equilibrar las estaciones de trabajo en la empresa, reduciendo así los tiempos muertos. Asimismo, se logró aumentar la eficiencia en un 34%.

Se lograron reducir las estaciones de 8 a 6 y aumentó en 692,67 láminas/operario la productividad de mano de obra. Estos resultados se asemejan a los de Monarca y Espinoza [11], pues en su investigación pasaron de 8 estaciones a 5 con una mejora al 72,72% y una productividad de mano de obra de 3 unidades más. Lo cual nos indica que en el estudio se logró aumentar un 6,23% más la eficiencia y la productividad en 18 unidades/operario.

Otra comparación que se puede realizar, es la reducción de tiempos ociosos en un 30% y la disminución del stock en proceso en un 55.88%, los cuales comparados con las deducciones finales de la investigación de D. Blas, M. Alcalá y L. Padilla [5], en su estudio titulado “Aplicación del sistema JIT para el mejoramiento de la calidad del proceso de fabricación de calzado de la empresa Cam’s”, el cual lleva a cabo una reducción del 62% de tiempos ociosos y los tiempos de ciclo en un 34%, lo cual refleja la variabilidad de los tiempos con los mejoras propuestas (varían en un 28,74%).

VI. CONCLUSIONES

Se concluyó que, inclusive con las propuestas de mejora aplicadas al proceso bajo la filosofía Just in Time, la empresa fabricante de insumos de caucho no puede abastecer completamente su demanda de 414 láminas/día, por lo que se debería recurrir a horas extra para las 68 láminas/día que faltan. Por ende, con un cuello de botella de 3.80 minutos/unidad en la operación de vulcanizado, que debido a la capacidad de la máquina no es posible reducir, se determinó que la empresa debería trabajar 1,504 horas más, es decir 2 horas extra para cumplir la demanda restante.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Coronado y M. Olortegui, «Propuesta de mejora en el proceso de transformación de caucho en una empresa de insumos para la industria del calzado,» Lima, 2017.
- [2] J. Tapia, T. Escobedo, E. Barrón, G. Martínez y V. Estebané, «Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria,» *Ciencia & Trabajo*, vol. 19, nº 60, 2017.
- [3] J. Hernandez y V. Adrian, «Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación,» *Creative Commons*, 2013.
- [4] L. Mendoza y K. Vega, «TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES Y PROCESO DE MEJORA CONTINUA VS METODOLOGIA JUSTO A TIEMPO (JIT) Y COSTOS ABC,» *Dictamen Libre*, nº 14, pp. 7-13, 2014.
- [5] D. Blas, M. Alcalá y L. Padilla, «Aplicación del sistema JIT para el mejoramiento de la calidad del proceso de fabricación de calzado en la empresa Cam´s,» *Revista UCV*, vol. II, nº 9, 2017.
- [6] M. López, G. Martínez, A. Quirós y J. Sosa, «BALANCEO DE LÍNEAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA,» *El Buzón de Pacioli*, nº 74, 2015.
- [7] M. Á. Martínez y J. Colorado, «Takt Time, el corazón de la producción,» *Vía Innova*, nº 2, pp. 60-62, 2015.
- [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, nº 2, pp. 110-122, agosto 2019.
- [9] M. Charly y M. Perleche, «Mejora de la línea de producción de mallas para incrementar la productividad en una empresa de confecciones textiles,» *Revista de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo*, vol. I, nº 1, pp. 5-54, 2015.
- [10] B. Diaz y M. Noriega, «Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios,» *Fondo Editorial*, p. 150, 2017.
- [11] 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*, vol. 32, nº 6, pp. 146-160, 2019.