

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



**Simulación mediante el software Promodel para la mejora de la
productividad en la empresa productora de contenedores flexibles,
Lambayeque**

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

AUTOR

Claudia Jazuth De La Piedra Lopez

ASESOR

Marcos Gregorio Baca Lopez

<https://orcid.org/0000-0003-4741-0122>

Chiclayo, 2021

Índice

RESUMEN.....	3
ABSTRACT	4
I. INTRODUCCIÓN.....	5
II. MARCO TEORICO	6
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
IV. RESULTADOS.....	9
V. DISCUSIÓN.....	18
VI. CONCLUSIONES.....	18
VII. REFERENCIAS.....	19

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de investigación es mejorar la productividad de la empresa, reducir los cuellos de botella y distribuir las actividades de una manera más ordenada, eficiente y más cercana entre los puestos de trabajo. Para lograr esto, el problema tuvo que ser destacado mediante la simulación en ProModel de la situación actual para visualizar la propuesta más adecuada para la redistribución y la implementación. Al comparar ambos modelos, se obtuvo que con la mejora la producción de BBVDVC había aumentado hasta 73 unidades y se evaluó el beneficio/costo obteniendo un indicador mayor a 1, alegando que el proyecto es viable, ya que genera una utilidad de S/. 401 911.88, que podría satisfacer a los clientes potenciales ahora que la capacidad de fabricación aumentó.

Palabras clave: Simulación, ProModel, productividad, contenedores.

ABSTRACT

The main objective of this research work is to improve the productivity of the company, reducing bottlenecks and distributing activities in a more orderly, efficient and closer way between workstations. To achieve this, the problem had to be highlighted by simulating in ProModel the current situation to visualize the most appropriate proposal for redistribution and implementation. When comparing both models, it was obtained that with the improvement the production of BBVDVC had increased up to 73 units and the benefit/cost was evaluated obtaining an indicator greater than 1, claiming that the project is viable, because it generates a utility of S/. 401 911.88, which could satisfy potential customers now that manufacturing capacity increased

Keywords: Simulation, ProModel, productivity, containers.

I. INTRODUCCIÓN

Los envases han estado presentes en toda la historia del desarrollo del ser humano, desde contenedores para bienes perecibles hasta tesoros inigualables. A medida que el hombre ha ido progresando, ha generado mayor demanda de los contenedores con diferentes requisitos y novedosas características. Hoy en día, el packaging es fundamental para garantizar la seguridad y la calidad, como también de tener una excelente presentación del producto con colores y formas que capten la atención del cliente e incluso el packaging correcto podría asegurar un tiempo prolongado de vida de un alimento.

La productividad en cualquier empresa es la principal tarea de mejora en la actualidad, ya que intervienen diversos factores internos relacionados a los métodos de trabajo, tecnología empleada en la planta, materiales y maquinaria, organización y recurso humano; además, los factores externos como los cambios económicos, recursos naturales o administración pública de la ciudad en la que se desenvuelve las actividades económicas [1]. Por lo que se entiende que la productividad depende de la capacidad y distribución de la empresa para satisfacer las necesidades de su demanda.

La empresa productora de contenedores flexibles ubicada en La Victoria, distrito de la provincia de Chiclayo en el Perú, inició su actividad comercial el primero de noviembre del 2011, hasta la actualidad ha fabricado diversos productos de plástico atendiendo pedidos a nivel nacional. Surgió en el mercado nacional con el fin de producir contenedores flexibles (FIBC), desarrollando su principal producto “Big Bag” que sirve como embalaje para conservar mejor la calidad de diferentes productos y su tamaño se adecua según los requisitos de cada cliente. Continuamente ha rechazado pedidos de FIBC por el incumplimiento de órdenes de sus principales consumidores, porque la capacidad de planta ha sido superada, ya que ha sido diseñada para producir hasta 3000 unidades en $112m^2$ de terreno en el que se encuentra. Tiene como consecuencia una pérdida de 158 150 soles, que no le permite a la empresa crecer y satisfacer la demanda actual. En el año 2015, una empresa que opera en el Puerto del Callao, solicitó 250 unidades de “Dry Bulk Liner”, lograron cumplir con la entrega del producto, pero con retraso e ineficientemente, ya que se tuvo que improvisar y distribuir las operaciones de manera que se pueda elaborar 20 cajas por día [2].

Ante ello, se formula la siguiente interrogante: ¿Cómo afecta la productividad la simulación con el software Promodel en la empresa productora de contenedores flexibles en Lambayeque? Por ello se escogió como objetivo general simular la mejora de la productividad a través del software Promodel en la empresa productora de

contenedores flexibles en Lambayeque, por lo cual se plantearon los objetivos específicos como diagnosticar la situación actual de la empresa productora de contenedores flexibles en Lambayeque; diseñar el modelo de simulación para mejorar la productividad en la empresa productora de contenedores flexibles en Lambayeque; y, por último, realizar el análisis económico de la propuesta de mejora.

II. MARCO TEORICO

Mhlanga y Pradhan [3] en su artículo "*Productivity Improvement at a Soft Drink Manufacturing Company: A Case Study*", tuvieron como objetivo incrementar la productividad de una organización embotelladora sudafricana. Para eso, se planteó remover las horas de trabajo innecesarias, hacer pequeños ajustes en la máquina llenadora incrementando su capacidad de 40 a 50 botellas por revolución y capacitar a los operarios en el desempeño óptimo de las máquinas, debido a que el 90% de la fábrica estaba automatizada. Tras los cambios hechos, la productividad mejoró en un 15% de 34 560 000 a 39 740 000 botellas al mes, lo cual representó además un crecimiento de la productividad gremial en 22,7% y de las máquinas en 15,5%.

Talapatra, Tarannum y Shefa [4] en su investigación titulada "*Simulation Modeling for Productivity Improvement of a Production Line: A Case Study*", se propusieron incrementar la productividad de la línea de producción de botellas de agua del Grupo Industrial Meghna. Por lo que se hizo un estudio del proceso y se desarrolló un modelo de simulación en el programa Arena para detectar el cuello de botella, obteniendo como consecuencia que las estaciones de Colocación de fechas y Sellado manual de tapas tenían el más grande tiempo de espera a lo largo del flujo. Por ende, se planteó desarrollar un modelo alternativo que consistió en suplir la operación manual por una máquina de sellado semiautomática, la cual incrementa la función de 16 a 40 botellas/min. El modelo planteado reduce la era de espera en un 14,11% e incrementa la productividad en un 4%.

Zapata, Ortiz y Guerra [5] en su artículo: "*Análisis del proceso productivo en una empresa de plásticos usando simulación discreta*", explica que, para cualquier empresa, desperdiciar materia prima eleva el costo de producción. La empresa que se encarga en vender soluciones en los envases de plástico elaborados a base de producto reciclable lo que produce fallas en el resultado final lo que genera pérdidas económicas. Por lo que se propusieron reducir el desperdicio que se genera para aumentar la rentabilidad económica y generar mayor ganancia. Debido a la simulación, se logró

determinar que es viable realizar el plan de mantenimiento, disminuyendo los desperdicios hasta el 5%. También, se propuso comprar una nueva máquina impresora flexográfica y realizar capacitaciones a los operarios, ya que disminuye el tiempo de procesamiento en un 70%.

Zamalloa [6] en su investigación “*Análisis y propuesta de mejora en el proceso de producción para incrementar la productividad de una planta embotelladora de bebidas no alcohólicas en la Ciudad de Arequipa*” explica que la empresa embotelladora no tiene una planta flexible en la cual se pueda realizar variaciones de productos para satisfacer a su demanda. Por ello, se plantean incrementar la productividad a través de una línea piloto. Se logró determinar las deficiencias de la línea de producción actual 5S, SMED y Poka Yoke, obteniendo como resultado el incremento del OEE de la línea 5 en 7,2%.

Juárez y Otiniano [7] en su tesis “*Diseño de un sistema Scada para la identificación de envases defectuosos durante la etapa de soldado en la Empresa de Envases los Pinos S.A.C.*”, explicó que en la empresa de estudio se producen envases defectuosos por lo que se proponen diseñar un sistema que permita detectar en la etapa de soldado los envases que salen dañados por la máquina Soudronic Welder FBB- 420. Debido a la simulación en el programa SCADA, utilizando los datos obtenidos en la etapa de observación y mediante un algoritmo de identificación se logre detectar los envases de buena calidad y en mal estado al 100%.

Trujillo [8] en su investigación “*Propuesta de mejora de estandarización de procesos basado en la metodología del PEVA para mejorar el margen bruto de la empresa envases en Metal S.A.C*”, describe que la empresa tiene diferentes problemas como una pésima ubicación de máquinas en la planta, un excesivo tiempo improductivo, entre otros. Por lo que se plantearon como objetivo principal estandarizar eficientemente los procesos en la empresa utilizando el programa CORALEP para el rediseño de planta, disminuir el tiempo improductivo de dos operarios, como también la estimación de la capacidad de la planta. Como resultados se obtuvo que, mediante la simulación de la situación actual de la empresa en PROMODEL 2016 y la propuesta, evidenciando los beneficios como que se redujo un 35% de la cantidad recorrida y una mejora del rendimiento del trabajo en un 91%.

González, Martínez y Barreto [9] en su artículo “**Modelo con enfoque logístico para diagnosticar la gestión de mantenimiento de una entidad productora de envases**” tuvo como objetivo principal desarrollar un modelo que permita diagnosticar la

situación actual de la empresa productora de envases para bebidas, de manera que aumente los ingresos no percibidos por la deficiente gestión de mantenimiento. Se obtuvo mediante el diagnóstico que la empresa no gastaba ni el 2% de sus ingresos en la gestión del mantenimiento, además que el cumplimiento del plan de ventas anual ha ido decayendo hasta un 66,42%. Asimismo, se propuso el enfoque multicriterio, con el cual se propuso priorizar los equipos que necesitaban mantenimiento urgentemente.

Díaz y Santacruz [10] en su investigación **“Diseño de un plan de mejora basado en la teoría de restricciones para aumentar la productividad en el área de producción de la Embotelladora Wara S.A.C. Chiclayo”**, en la cual se aplicó teoría de limitaciones para remover el cuello de botella y se planteó calibrar la máquina llenadora, adicionarle 2 inyectores y conseguir una tapadora-selladora. Se concluye que, para la bebida de 500 ml, la producción mensual tiene un crecimiento del 31% de 2283 a 2981 packs, que representó un crecimiento de la productividad de 185 a 198 packs/tanque.

Phanden *et al.* [11], en su artículo del 2021, **“Improvements in production line using ProModel simulation software: A case study of beer beverage company in India”**, se propusieron determinar la manera de mejorar el rendimiento de la línea de producción. Para eso, se hizo un estudio descriptivo del proceso y se construyó un modelo de simulación del Layout de la situación actual usando ProModel. En el modelo “A” implementó el almacenamiento intermedio y la redistribución de aparatos para minimizar el movimiento; y en modelo “B” se sustituyó el AGV por una cinta transportadora y 2 máquinas como son la de llenado y tapado, por una sola que hace las dos operaciones. Por lo que, el modelo “A” donde se optimizó la producción en un 0,9%, disminuye la época de transporte en un 35,17%; por otro lado, el modelo “B” se incrementa la producción en un 2,6% y disminuye el tiempo de transporte en un 66,31%. Por último, los dos modelos permitieron que los porcentajes de poner en funcionamiento las máquinas llenadoras, taponadora y despaletizadora sean uniformes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada en la investigación consta de 3 etapas principales: el diagnóstico del estado actual de la planta de contenedores flexibles y el desarrollo de la propuesta mediante simulación en ProModel, para luego analizar la factibilidad económica de la propuesta. La fase de diagnóstico consistió en la recolección y estudio de datos cuantitativos como tiempos de procesamiento, indicadores de producción y de capacidad, así como información acerca de los procesos, máquinas y deficiencias de la línea de producción de los contenedores flexibles para demostrarlo a través de simulación en ProModel identificar las áreas problemáticas. Después, se planteó el modelo de mejora en simulación de la línea de producción en ProModel y se analizó para comparar con la antigua línea para evaluar las diferencias y mejoras en la productividad y la eficiencia. Por último, se analizó la viabilidad económica que justifique el rediseño propuesto.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de la situación actual de la empresa

La materia prima que se utiliza es la tela de polietileno o polipropileno y como único insumo, hilo multifilamento.

El principal producto son los “Flexible Intermediate Bulk Container” o FIBC, del cual tiene 9 presentaciones diferentes dependiendo de los requerimientos que solicita el cliente, usualmente está recubierto con un espesor de tejido adicional, por lo que no se necesita de un embalaje secundaria permitiendo un ahorro de espacio cuando se almacena, y se usa para transportar productos perecibles, químicos y minerales

El proceso de producción básico de cualquier contenedor flexible consiste en:

- Recepción de materia prima
- Área de cortado, se realiza el corte del rollo de tela dependiendo de las dimensiones solicitadas por el cliente
- Área de costura, se procede a utilizar el hilo multifilamento para tejer las correas con las cintas del polipropileno.
- Área de ensamble, utilizando la máquina de coser industrial se procede a juntar todas las partes elaboradas para la bolsa.
- Inspección, el jefe de calidad es el que inspecciona y asegura que la calidad y los requisitos del producto terminado estén conformes con el pedido.

- Área de doblado y enfardelado, en el cual después de ser inspeccionado, se procede a doblar y empaquetar.
- Almacenamiento, se procede a trasladar y depositar el producto terminado al almacén de producto terminado para su posterior distribución.

En el siguiente diagrama de flujo se evidencia a mayor detalle las entradas y salidas del sistema:

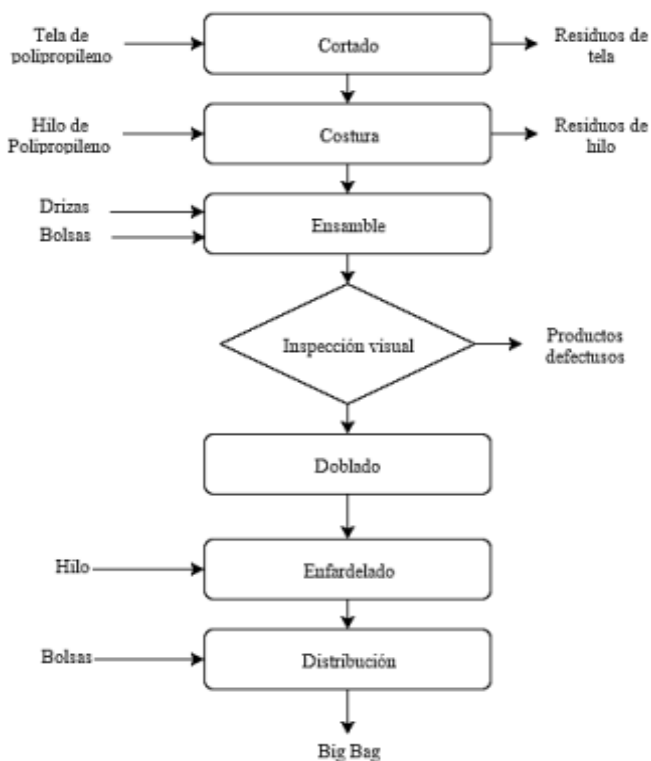


Figura 1 Diagrama de flujo

Fuente: Datos de la empresa

Como análisis de tiempo se utiliza como muestra el proceso de Big Bag con Válvula de Carga y Descarga (BBVCVD), ya que en promedio es el producto con mayor demanda durante un mes en los últimos años por ser reutilizable y económico.

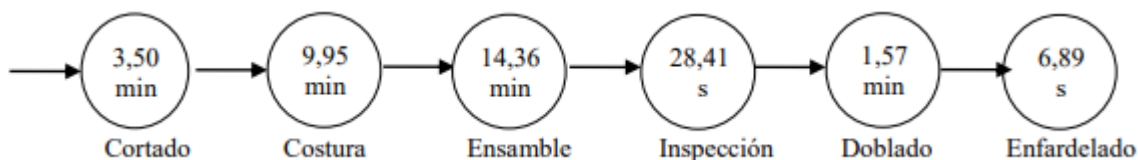


Figura 2 Tiempo de producción en cada estación de Big Bag con Válvula de Carga y Descarga

Fuente: Datos de la empresa

En la siguiente tabla, se aprecia el tiempo que se usa para producir 100 unidades al día, las tareas que realizan los mismos 10 operarios, que en la etapa de costura y ensamble se utiliza 2 máquinas y, por último, que la etapa con el cuello de botella mayor es cuando

se realiza el ensamble del producto lo que genera que se demore 29.97 min en producir un solo contenedor flexible:

Tabla 1 Análisis de tiempos

Operación	Tiempo de ciclo	Operarios	Método
Cortado	3.50 min	Op. 1 y 2	Manual
Costura	9.95 min	Op. 3, 4 y 5	Máquina
Ensamble	13.36 min	Op. 6 y 7	Máquina
Inspección	28.41 s	Op. 8	Manual
Doblado	1.57 min	Op. 9	Manual
Enfardelado	6.89 s	Op. 10	Manual
Total	29.97 min	10 operarios	

Fuente: datos de la empresa

Los pedidos no atendidos registrados en los años 2015 y 2016, tienen un valor económico de 277 240 soles debido a que la capacidad de la planta distribuida de esa forma por años ha sido superada con respecto a la demanda:

Tabla 2 Pedidos atendidos y no atendidos

Meses	Pedidos atendidos	Pedidos no atendidos	Total de pedidos
Ene-15	2 590	0	2590
Feb-15	2 660	1100	3760
Mar-15	2 750	0	2750
Abr-15	2 750	0	2750
May-15	2 520	0	2520
Jun-15	2 850	250	3100
Jul-15	2 840	500	3340
Ago-15	2 710	0	2710
Set-15	2 804	1500	4304
Oct-15	3 040	0	3040
Nov-15	3 240	0	3240
Dic-15	3 070	1900	4970
Ene-16	2 950	0	2950
Feb-16	2 950	1000	3950
Mar-16	2 900	0	2900
Abr-16	2 880	790	3670
May-16	3 100	0	3100
Jun-16	2 800	0	2800
Jul-16	2 590	2010	4600
Ago-16	3 350	0	3350
Set-16	3 200	0	3200
Oct-16	3 030	1100	4130
Nov-16	3 290	700	3990
Dic-16	2 750	900	3650
Total	69 874	11 750	81624

Fuente: datos de la empresa

Los indicadores del proceso son:

- Producción:

$$\text{Producción BBVCVD} = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{Ciclo}}$$

$$\text{Producción BBVCVD} = \frac{480 \frac{\text{min}}{\text{día}}}{4,79 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}}$$

$$\text{Producción BBVCVD} = 100 \frac{\text{unidades}}{\text{día}}$$

- Productividad:

$$\text{Productividad} = \frac{1 \text{ Big Bag con Válvula de descarga}}{9,52 \text{ metros}} = 0,1050 \text{ BBVCVD/m}$$

- Productividad de la mano de obra:

$$\text{Productividad} = \frac{100 \text{ Bigbag con valvula de carga y descarga}}{10 \text{ operarios}}$$

$$= 10,0 \text{ BBVCVD/operario * día}$$

- Productividad económica: Para determinar la productividad económica se tienen las siguientes tablas:

Tabla 3 Costo unitario del producto

Materiales	Cantidad m	Precio \$/.	Uso m	Índice de consumo	Total
Tela PP	200	250	9.52	0.048	11.9
Rollo driza	182	85	6.48	0.036	3.03
Carrete Hilo	150	20	17.4	0.116	2.32
Costo unitario de materiales					17.25
Mano de obra	Cantidad op.	Salario	Días	Producción diaria	Total
Cortado	2	850	26	100	0.65
costura/ensamble	6	1200	26	100	2.77
Doblado/enfardelado	2	850	26	100	0.65
Costo unitario de mano de obra					4.08
Costo total					21.32

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Productividad} = \frac{106 \text{ Big Bag con Válvula de Carga y Válvula de Descarga}}{21,32 \text{ S/. * unidad}} = 0,0469 \frac{\text{BBVCVD}}{\text{S/.}}$$

- Capacidad teórica de diseño:

$$\text{Capacidad de diseño} = 38610 \frac{\text{BB}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} = 3220 \frac{\text{BB}}{\text{mes}}$$

$$\text{Capacidad de diseño de Big Bags} = 3220 \frac{\text{BB}}{\text{mes}}$$

- Utilización:

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Capacidad real}}{\text{Capacidad diseñada}}$$

$$\text{Utilización BB} = \frac{33324 \frac{\text{Big Bags}}{\text{año}}}{38610 \frac{\text{Big Bags}}{\text{año}}} = 86,36 \%$$

- Eficiencia del producto:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad real}}{\text{Capacidad efectiva}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{33324 \frac{\text{Big Bags}}{\text{año}}}{36000 \frac{\text{Big Bags}}{\text{año}}} = 92,57 \%$$

Para evidenciar todos los indicadores, se diseñó el sistema de producción actual teniendo en cuenta el análisis de tiempos y ubicación de cada área en el plano de la planta, para una jornada normal de 8 horas diarias:

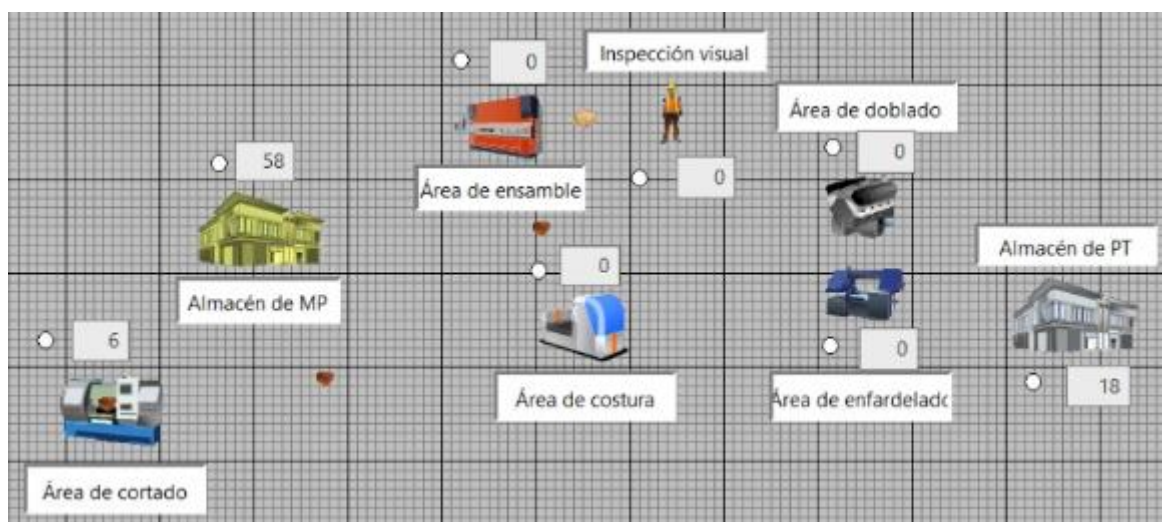


Figura 3 Simulación del proceso actual

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente resumen se aprecia la capacidad por área y el tiempo por entrada promedio.

Locación Resumen									
Nombre	Tiempo Programado (Day)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización	
Área de cortado	0.32	6.00	100.00	0.26	3.40	6.00	0.00	56.70	
Almacén de MP	0.32	100.00	100.00	2.12	27.97	100.00	0.00	27.97	
Área de costura	0.32	6.00	100.00	0.20	2.70	6.00	0.00	45.02	
Área de ensamble	0.32	6.00	100.00	0.22	2.94	6.00	0.00	49.08	
Inspección visual	0.32	6.00	100.00	0.01	0.11	6.00	0.00	1.76	
Área de doblado	0.32	6.00	100.00	0.03	0.34	6.00	0.00	5.72	
Área de enfardelado	0.32	6.00	100.00	0.00	0.03	6.00	0.00	0.44	
Almacén de PT	0.32	100.00	100.00	2.00	26.41	42.00	0.00	26.41	

Figura 4 Locación Resumen del proceso actual

Fuente: Elaboración propia

Además, el total de salidas es de 100 unidades de contenedores flexibles tipo BBVCVD:

Cuadro de indicadores		
Nombre	Total Salidas	Tiempo En Si
Tela de polipropileno	0.00	
Producto terminado	100.00	

Figura 5 Cuadro de indicadores del proceso actual

Fuente: Elaboración propia

4.2. Propuesta de mejora para aumentar la productividad

Como propuesta de mejora se tiene que ser rediseñará la distribución de planta, de manera que se aproveche eficientemente los espacios reduciéndolos y permitiendo que ingresen dos máquinas más, una para el área de costura y la otra para el área de ensamble:

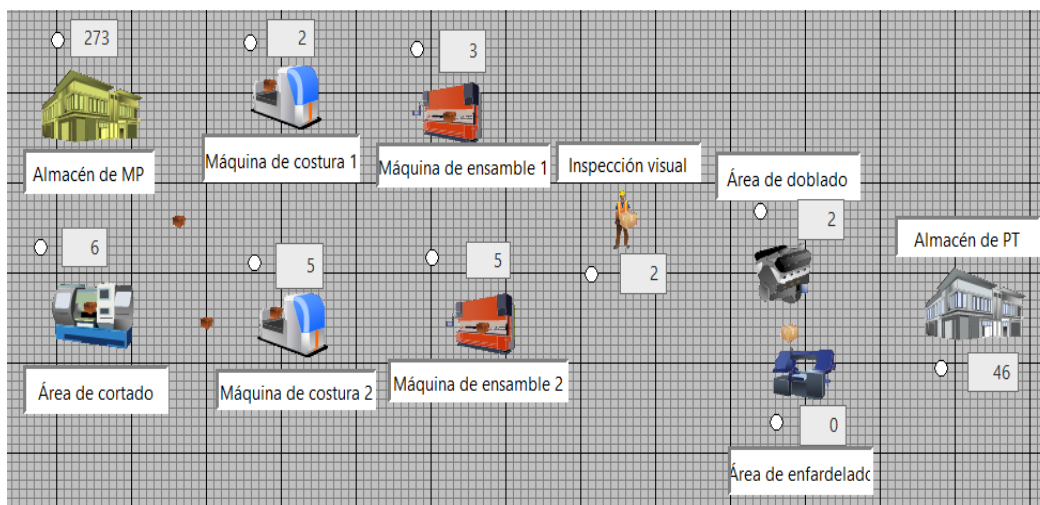


Figura 6 Simulación de la propuesta de mejora

Fuente: Elaboración propia

Lo que permite reducir el tiempo a la mitad de la etapa de costura y de ensamble, pero lo que aumenta medio minuto en la etapa de inspección. Todo esto permite que se aumente hasta un 73% de productividad a la que se tenía, pudiendo elaborar hasta 173 unidades en 8 horas diarias:

Cuadro de indicadores		
Nombre	Total Salidas	Tiempo En
Tela de polipropileno	0.00	
Producto terminado	173.00	

Figura 7 Cuadro de indicadores de la propuesta

Fuente: Elaboración propia

Como también, se obtenga un total de entradas diferentes en un tiempo promedio menor:

Locación Resumen								
Nombre	Tiempo Programado (Day)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Hr)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
Área de cortado	0.33	6.00	87.00	0.53	5.75	6.00	6.00	95.88
Almacén de MP	0.33	300.00	300.00	6.78	254.42	300.00	213.00	84.81
Máquina de costura 1	0.33	3.00	86.00	0.09	0.91	3.00	1.00	30.47
Máquina de ensamble 1	0.33	3.00	84.00	0.11	1.19	3.00	1.00	39.54
Inspección visual	0.33	2.00	238.00	0.02	0.51	2.00	0.00	25.29
Área de doblado	0.33	6.00	238.00	0.03	0.77	2.00	2.00	12.81
Área de enfieltrado	0.33	6.00	235.00	0.00	0.06	2.00	0.00	0.98
Almacén de PT	0.33	150.00	235.00	1.73	50.86	67.00	62.00	33.91
Máquina de costura 2	0.33	3.00	161.00	0.10	1.93	3.00	2.00	64.35
Máquina de ensamble 2	0.33	3.00	158.00	0.11	2.24	3.00	2.00	74.51

Figura 8 Locación Resumen de la propuesta

Fuente: Elaboración propia

Los indicadores del nuevo proceso son:

- Producción: es de 173 unidades de BBVCD/día
- Productividad de la mano de obra:

$$Productividad = \frac{173 \text{ Bigbag con válvula de carga y descarg}}{11 \text{ operario}} \times \text{día}$$

$$Productividad nueva = 15.73 \frac{BBVCVD}{operario} \times \text{día}$$

- Eficiencia del producto:

$$Eficiencia = \frac{Capacidad \text{ real}}{Capacidad \text{ efectiva}}$$

$$Eficiencia = \frac{63145 \text{ Big Bag con Válvula de Carga y descarga}}{36000 \frac{\text{Big Bags}}{\text{año}}} \\ = 175.40\%$$

- Productividad económica: Para determinar la productividad económica se tienen las siguientes tablas:

$$Productividad = \frac{173 \text{ Big Bag con Válvula de Carga y descarga}}{19.87 \text{ S/.} \times \text{unidad}}$$

$$Productividad = 8.71 \frac{BBVCVD}{\text{S/.}}$$

Tabla 4 Costo unitario del producto con la propuesta nueva

Materiales	Cantidad m	Precio \$/.	Uso m	Índice de consumo	Total
Tela PP	200	250	9.52	0.048	11.9
Rollo driza	182	85	6.48	0.036	3.03
Carrete Hilo	150	20	17.4	0.116	2.32
Costo unitario de materiales					17.25
Mano de obra	Cantidad op.	Salario	Días	Producción diaria	Total
Cortado	2	850	26	173	0.38
costura/ensamble	7	1200	26	173	1.87
Doblado/enfardelado	2	850	26	173	0.38
Costo unitario de mano de obra					2.62
Costo total					19.87

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se observa las diferencias entre los indicadores del sistema actual y el propuesto:

Tabla 5 Diferencias de los indicadores

Indicadores	Actual	Propuesto
Ciclo total	29.97 min	17.31 min
Cuello de botella	13.46 min	6.68 min
Operarios	10	11
Eficiencia	92.57	175.40
Producción	100 unidades	173 unidades
Capacidad	3220 unidades	12000 unidades

Fuente: Elaboración propia

4.3. Análisis económico:

Para realizar el análisis económico, es necesario que se determine el costo-beneficio de la propuesta. Entonces, se tiene que el beneficio de la producción de 73 unidades de BBVCVD al día y que al año sería 22 776 unidades, ya que se trabaja 26 días por cada mes. Además, se tiene en cuenta también que el precio de cada contenedor flexible tipo BBVCVD es de 38 soles que sería al año un ingreso total de 865488 soles, en la siguiente tabla se resume:

Tabla 6 Beneficio de la propuesta

Beneficio	
Beneficio de producción	73
Días de producción/año	312
Precio de venta unitario	S/ 38.00
Beneficio anual	S/ 865,488.00

Fuente: elaboración propia

Para determinar los costos que demanda la implementación de la propuesta se tiene en cuenta el cálculo del nuevo costo unitario de cada producto y teniendo en cuenta el salario del nuevo operario y el incremento de la materia prima a utilizar. Además, se incluye la demolición de una pared que tiene de longitud 8.24 m por 4m de altura por 0.2m de grosor, la que se demolerá con una retroexcavadora que hará el trabajo en 3h y recogerá los escombros en menos de 1 h para la redistribución de planta. También, se considera el salario del capacitador para el nuevo operario que cobra 85 soles la hora y que brindará 5 horas de asesoría. Las dos máquinas que se instalaran no demandan gastos de compra ni de traslado ya que se encuentran en el mismo almacén de producto terminado lo que daría mayor espacio para almacenar más productos. Por lo que sí se incluiría el costo de mantenimiento, teniendo en cuenta el salario del técnico que es 1500 soles y el repuesto importado desde China a un costo de 2500 soles. En la siguiente tabla se detallan los costos de la propuesta:

Tabla 7 Costo de la propuesta

Costo	
Nuevo costo de producción unitario	S/ 19.87
costos anuales de producción	S/ 452,559.12
costo de demolición por m ² /hora	200
costo de demolición	S/ 6,592.00
Salario de capacitador/hora	S/ 85.00
Costo de capacitación	S/ 425.00
Salario de técnico	S/ 1,500.00
Costo de repuesto	S/ 2,500.00
Costo de mantenimiento	S/ 4,000.00

Fuente: elaboración propia

Por último, se determina la relación beneficio/costo de la propuesta en la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{costo}} = \frac{S/.865\ 488.00}{S/.463\ 576.12} = 1.87$$

Como se observa, la relación obtenida es mayor de 1, lo que indica que el proyecto es viable, ya que los ingresos son mayores que los egresos, generando una utilidad de 401911. 88 soles.

V. DISCUSIÓN

Respecto al diagnóstico de la situación actual de la empresa, de acuerdo a los resultados se identificó que el cuello de botella es de 13.36 min en la etapa de ensamble en la elaboración de Big Bag con Válvula de Carga y Descarga (BBVCVD), lo que representa un grave problema, ya que al día se puede producir 100 unidades del producto y como en la investigación de Talapatra, Tarannum y Shefa [4] fue necesario determinar los indicadores de productividad para determinar el plan de acción para mejorar el proceso y así poder comparar entre dos situaciones diferentes.

Así mismo, se coincide con la investigación de Zapata, Ortiz y Guerra [5] que al implementar mayor número de máquinas y capacitar al personal a cargo, permite disminuir los tiempos y mejorar la productividad de la empresa hasta un 70%. Con la simulación de la propuesta se evidenció que se logró producir hasta 173 unidades de BBVCVD para satisfacer la demanda y evitar perder pedidos por falta de capacidad en la planta y verificar que la propuesta sea rentable.

VI. CONCLUSIONES

- Se logró diagnosticar la situación actual de la empresa tomando como muestra el proceso de elaboración del producto Big Bag con Válvula de Carga y Descarga (BBVCVD), así como también diferentes indicadores que muestran la problemática de la empresa. Ya que, la capacidad de producción debe ser mucho mayor pero solo se produce hasta 100 unidades al día, teniendo 10 operarios y en un promedio de tiempo de 29.97 min.
- Se diseñó la propuesta de mejora, teniendo en cuenta las máquinas que se tienen en almacén sin utilizar y en buen estado para rediseñar la distribución de la planta aumentando dos máquinas en cada área de trabajo mecanizado y un operario más, de manera que redujo el cuello de botella de 13.36 min y 9.95 min en la mitad, permitiendo producir hasta 73 unidades más en una jornada laboral de 8 horas normales.
- Se analizó la propuesta de mejora, de manera que se garantizó que sea viable económicamente a través de la relación de beneficio/costo, en la cual se pudo apreciar que la propuesta es rentable ya que se tiene un margen neto de utilidad de S/.401 911.88.

VII. REFERENCIAS

- [1] T. Fontalvo Herrera, E. De La Hoz Granadillo y J. Morelos Gómez, «SCIELO,» 2018. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-85632018000100047. [Último acceso: 7 Noviembre 2021].
- [2] J. J. J. Eneque Morales, «Repositorio de USAT,» 2019. [En línea]. Available: <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2164>. [Último acceso: Diciembre 2021].
- [3] J. Mhlanga y A. Pradhan, «Productivity Improvement at a Soft Drink Manufacturing Company: A Case Study,» *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Marzo 2020.
- [4] S. Talapatra, R. Tarannum y J. Shefa, «Simulation Modeling for Productivity Improvement of a Production Line: A Case Study,» *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2018.
- [5] D. Zapata Chaves, R. A. Ortíz García y D. Guerra Ocampo, «Análisis del proceso productivo en una empresa de plásticos usando simulación discreta,» *Avances Investigación en Ingeniería*, vol. 6, n° 2, 2019.
- [6] A. Zamalloa Morote , «Repositorio de Tesis UCSM,» 2019. [En línea]. Available: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/9607>.
- [7] E. M. Juárez Avila y S. L. A. Otiniano Alcalde, «Repositorio de tesis de UPAO,» 2019. [En línea]. Available: <http://200.62.226.186/handle/20.500.12759/5556>. [Último acceso: Diciembre 2021].
- [8] M. E. Trujillo Aguirre, «Repositorio de tesis de UPC,» Diciembre 2018. [En línea]. Available: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624958>. [Último acceso: Diciembre 2021].
- [9] J. A. González Echavarría, E. Martínez Delgado y E. L. Barreto San Germán, «Modelo con enfoque logístico para diagnosticar la gestión de mantenimiento de una entidad productora de envases,» *Ingeniería Mecánica*, vol. 23, n° 2, 2020.
- [10] C. Diaz Cubas y C. Santa Cruz Pérez, «Diseño de un plan de mejora basado en la teoría de restricciones para aumentar la productividad en el área de producción de la Embotelladora Wara S.A.C. Chiclayo - 2016,» Chiclayo, 2017.
- [11] R. Phanden, J. Chhabra, T. Chaudhary y A. Kaliramna, «Improvements in Production Line Using ProModel Simulation Software: A Case Study of Beer Beverage Company in India,» *Advances in Industrial and Production Engineering*, vol. XVIII, pp. 9-21, 2021.