

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



**REDISEÑO DE LA LÍNEA DE ENVASADO DE GASEOSAS PARA
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA
EMBOTELLADORA**

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

AUTOR

DIEGO ALONSO VILLEGAS CASTAÑEDA

ASESOR

MARCOS GREGORIO BACA LOPEZ

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

Chiclayo, 2022

REDISEÑO DE LA LÍNEA DE ENVASADO DE GASEOSAS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA EMBOTELLADORA

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	1library.co Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	1%
7	Submitted to The University of the South Pacific Trabajo del estudiante	1%
8	renati.sunedu.gob.pe	

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
I. INTRODUCCIÓN	5
II. MARCO TEÓRICO	6
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
V. CONCLUSIONES	15
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo eliminar los cuellos de botella y rediseñar la línea de envasado de una empresa embotelladora para incrementar su productividad. Para ello, se realizó un diagnóstico de la situación actual de la línea de envasado, el cual permitió identificar los cuellos de botella en las estaciones de etiquetado, empaquetado I y paletizado, por lo cual se rediseñó la línea de envasado mediante el software ProModel sustituyendo el trabajo manual en el etiquetado y empaquetado por maquinaria especializada, y asignando un operario de apoyo en el paletizado. Los resultados obtenidos revelaron que el modelo propuesto logró incrementar la productividad un 25,37%, disminuir el tiempo de procesamiento de los cuellos de botella en más de 30%, reducir el tiempo ocioso en varias estaciones más de 10% y el tiempo de ciclo en un 23,7%. Finalmente, se realizó un análisis económico, el cual determinó que el beneficio total por mes sería de S/ 8 287,84, es decir, la inversión total se recuperaría en solo 4 meses.

Palabras clave: Simulación, productividad, cuello de botella, línea de envasado, ProModel.

ABSTRACT

The objective of this research is to eliminate bottlenecks and redesign the packaging line of a bottling company to increase its productivity. To this end, a diagnosis of the current situation of the packaging line was carried out, which allowed identifying the bottlenecks in the labeling, packing I and palletizing stations, for which the packaging line was redesigned using ProModel software, replacing manual labor in labeling and packing with specialized machinery, and assigning a support operator for palletizing. The results obtained revealed that the proposed model was able to increase productivity by 25,37%, decrease bottleneck processing time by more than 30%, reduce idle time at various stations by more than 10% and cycle time by 23,7%. Finally, an economic analysis was carried out, which determined that the total benefit per month would be S/ 8 287,84, which means that the total investment would be recovered in only 4 months.

Keywords: Simulation, productivity, bottleneck, packaging line, ProModel.

I. INTRODUCCIÓN

Un estudio realizado por Research and Markets pronostica que el mercado global de bebidas carbonatadas alcanzará los \$ 551 667,29 millones para 2026, creciendo a una tasa compuesta anual del 4,9% de 2018 a 2026, destacando que factores como el desarrollo de tecnologías de envasado y la creciente distribución en el comercio minorista impulsarán el crecimiento del mercado [1]. Asimismo, la Sociedad Nacional de Industrias (SNI) considera que la industria de bebidas no alcohólicas es una de las ramas industriales que más ha crecido en el Perú en los últimos años, esto debido a las importantes inversiones realizadas en plantas, nuevos centros de distribución y adopción de tecnología, en aras de incrementar su productividad en el corto y largo plazo, pues el mercado peruano tiene potencial de seguir creciendo por su bajo consumo per cápita en la mayoría de categorías de bebidas sin alcohol [2]. Según un informe estadístico publicado por el Ministerio de la Producción, el volumen de producción de bebidas gaseosas en el Perú durante el período de 2019 fue de 22 206 710 hectolitros, lo cual significó un aumento del 16,9% con respecto a lo producido en el año 2018 [3].

De acuerdo a la investigación realizada por Horna [4], que fue tomada como referencia para el presente trabajo, la empresa en estudio se dedica a la producción y comercialización de bebidas no alcohólicas como gaseosas y energizantes en diferentes presentaciones, siendo la gaseosa de 500 ml su producto más demandado, la cual representa el 84,6% de las ventas totales y el 73% de los ingresos anuales. La línea de producción de gaseosas de 500 ml tiene una productividad de 158 paquetes/tanque, equivalente a una producción de 1 105 paquetes al día, y un tiempo de producción de 3 543 segundos. No obstante, la línea presenta una eficiencia del 87,83%, y, por ende, una capacidad ociosa del 12,17%, esto debido principalmente a los 2 cuellos de botella de las etapas realizadas manualmente de etiquetado y de paletizado, que demoran 588 y 546 segundos/tanque respectivamente. Esta capacidad ociosa impide a la empresa producir 40 420 paquetes adicionales al año, lo cual significa una pérdida económica anual de S/ 54 971,20 de utilidades por pedidos de ventas.

Frente a esta problemática, se plantea la interrogante ¿Cómo afectará el rediseño de la línea de envasado de gaseosas en la productividad de la empresa embotelladora de bebidas?, por lo cual se planteó como objetivo general incrementar la productividad con el rediseño de la línea de envasado de gaseosas de la empresa embotelladora de bebidas. Para ello, se propuso como objetivos específicos diagnosticar la situación actual de la línea de envasado, rediseñar la línea de envasado aplicando simulación y realizar la evaluación económica de la propuesta.

II. MARCO TEÓRICO

García *et al.* [5] señalan que la simulación es una herramienta eficaz para conocer el impacto de los cambios en los procesos, sin necesidad de llevarlos a cabo en la realidad, a un costo relativamente bajo y con resultados rápidos, con el fin de tomar decisiones más acertadas en base al comportamiento del sistema bajo los diferentes escenarios. En la actualidad, existen diferentes softwares comerciales cuyo propósito es hacer más dinámica la simulación, tal es el caso de ProModel, que cuenta con herramientas de análisis y diseño que, unidas a la animación de los modelos, permiten conocer mejor el sistema y alcanzar resultados más precisos.

En 2018, Tullume [6], en su investigación titulada “Propuesta de mejora del proceso productivo de bebida gaseosa en la empresa Complejo Industrial San Antonio E.I.R.L. para incremento de su productividad”, planteó como objetivo incrementar la productividad de una embotelladora de bebidas gasificadas. Para ello, se identificó que la deficiencia del proceso productivo se debía al cuello de botella en la actividad de etiquetado, la cual se realiza de forma manual e impide la utilización en su totalidad de la capacidad del tanque de homogenizado, lo cual derivó en tiempo ocioso durante la etapa de preparación de jarabes. Por consiguiente, se propuso la redistribución de planta y el cambio de secuencia de la actividad de etiquetado como actividad siguiente al soplado. Con la implementación de la propuesta se logró reducir el cuello de botella de 0,74 a 0,62 min, permitiendo la utilización completa de la capacidad del tanque de homogenizado y, por ende, el aumento de la producción en un 20%, equivalente a 97 paquetes adicionales diarios.

En 2017, Diaz y Santa Cruz [7], en su investigación titulada “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”, plantearon como objetivo aumentar la productividad de una embotelladora de bebidas cítricas. Para ello, se identificó que el problema principal era el llenado impreciso de botellas, lo cual generaba mermas y desperdicio de tiempo en la estación de tapado. Luego, se aplicó teoría de restricciones para eliminar el cuello de botella y se propuso calibrar la máquina llenadora, adicionarle dos inyectores y adquirir una tapadora-selladora. Se concluye que, para el caso de la bebida de 500 ml, la producción mensual incremento un 31% de 2283 a 2981 packs, que significó un aumento de la productividad de 185 a 198 packs/tanque.

En 2020, Mhlanga y Pradhan [8], en su investigación titulada “Productivity Improvement at a Soft Drink Manufacturing Company: A Case Study”, plantearon como objetivo aumentar la productividad de una empresa embotelladora sudafricana. Para ello, se propuso eliminar las

horas de trabajo innecesarias, realizar pequeños ajustes en la máquina llenadora aumentando su capacidad de 40 a 50 botellas por revolución y capacitar a los operarios en el manejo óptimo de las máquinas, ya que el 90% de la fábrica estaba automatizada. Tras los cambios realizados, la productividad mejoró en un 15% de 34 560 000 a 39 740 000 botellas al mes, lo que significó también un aumento de la productividad laboral en 22,7% y de las máquinas en 15,5%.

En 2021, Phanden *et al.* [9], en su investigación titulada “Improvements in Production Line Using ProModel Simulation Software: A Case Study of Beer Beverage Company in India”, plantearon como objetivo mejorar el rendimiento de la línea de producción de una empresa embotelladora de cerveza en India. Para ello, se realizó un análisis detallado del proceso y se construyó un modelo de simulación del Layout actual utilizando ProModel. El estudio reveló que el tiempo máximo del proceso se consumía en la manipulación del producto por parte del vehículo de guiado automático (AGV) para desplazarse desde el lugar de inspección hasta la zona de empaque; asimismo, mediante la simulación se comprobó que la distancia recorrida era excesiva y se concluyó que dicho cuello de botella era responsable de la baja productividad. Por lo tanto, se propuso dos alternativas de Layout de la línea de producción. En el modelo A se ha introducido el almacenamiento intermedio y la redistribución de máquinas para reducir el desplazamiento; y en modelo B se ha sustituido el AGV por una cinta transportadora y se han sustituido dos máquinas, la de llenado y tapado, por una sola que realiza ambas operaciones. Se concluye que, el modelo A mejora la producción en un 0,9% y reduce el tiempo de transporte en un 35,17%; mientras que el modelo B aumenta la producción en un 2,6% y reduce el tiempo de transporte en un 66,31%; además, ambos modelos lograron que los porcentajes de utilización de las máquinas despaletizadora, llenadora y taponadora se equilibren a un nivel uniforme.

En 2018, Talapatra *et al.* [10], en su investigación “Simulation Modeling for Productivity Improvement of a Production Line: A Case Study”, plantearon como objetivo incrementar la productividad de la línea de producción de botellas de agua del Grupo Industrial Meghna. Para ello, se realizó un análisis del proceso y se desarrolló un modelo de simulación del proceso actual en el software Arena para identificar el cuello de botella, obteniendo como resultado que las estaciones de Colocación de fechas y Sellado manual de tapas tenían el mayor tiempo de espera en todo el flujo. Por ende, se propuso desarrollar un modelo alternativo que consistió en reemplazar la operación manual por una máquina de sellado semiautomática, la cual aumente la capacidad de 16 a 40 botellas/min. El modelo propuesto disminuye el tiempo de espera en un 14,11% y aumenta la productividad en un 4%.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada en el presente documento abarca 2 etapas principales: el diagnóstico del estado actual y el desarrollo del modelo de simulación de la línea de envasado de la empresa en estudio. La etapa de diagnóstico consistió en la recopilación y análisis de datos cuantitativos como tiempos de procesamiento, indicadores de producción y de capacidad, así como también de información sobre las actividades, máquinas y defectos de la línea de envasado actual. Luego se desarrolló el modelo de simulación de la línea de envasado actual en ProModel y se analizó para identificar las áreas problemáticas o cuellos de botella. Posteriormente, se diseñó y propuso una nueva línea de envasado modificada, cuyos resultados se compararon con los de la antigua línea de envasado para evaluar el efecto que tuvo en la productividad y la eficiencia. Finalmente, se elaboró un análisis económico del rediseño propuesto que justifique su viabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras un estudio y análisis detallado de las actividades de la línea de envasado, se ha observado que hay 2 actividades con un tiempo de ciclo muy elevado en comparación al resto, las cuales son responsables de la capacidad ociosa (12,17%) de la línea de envasado y de la disminución de su producción. El estudio reveló que la actividad de etiquetado se realiza manualmente por 2 operarios, quienes tardan en promedio 588 segundos en etiquetar las botellas y recién cuando culminan las ponen a disposición de la siguiente estación de enjuagado, del mismo modo ocurre en la actividad de paletizado, el operario a cargo recoge los paquetes del horno y los traslada al pallet, así hasta completar 158 paquetes de un lote de producción, luego se dedica a arreglar los paquetes y apilarlos en el pallet, lo cual demora alrededor de 546 segundos.

Además, se pudo evidenciar que, la actividad de empaquetado se divide en dos, esto es porque la fase inicial de agrupar y embalar las 12 botellas con el plástico termoencogible lo realiza un operario, mientras que otro operario se encarga de transportarlas a la siguiente fase en el horno termoencogible, este proceso suele realizarse de forma automática en la mayoría de las embotelladoras, por ende, también se la ha considerado como un factor que contribuye a la baja producción. Por lo tanto, se concluye que los cuellos de botella y las poco eficientes actividades manuales repetitivas en la línea de envasado son las principales causas de la baja productividad. El tiempo de procesamiento de cada actividad de la línea de envasado se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Actividades secuenciales de la línea de envasado de gaseosas.

Actividades	Descripción	Tiempo de ciclo (Seg)
Etiquetado	En este proceso de tipo Batch, las botellas PET que llegan de la sopladora de preformas son etiquetadas de forma manual por 2 operarios hasta que todas estén terminadas.	N (588, 2.28)
Enjuagado	Las botellas pasan a una enjuagadora para ser lavadas con agua tratada y enseguida se envían a través de una faja transportadora a la máquina llenadora.	N (36.9, 1.14)
Llenado	El tanque de 1 200 litros donde se prepara el jarabe envía la gaseosa mediante tuberías a la llenadora, la cual embotella 500 ml de producto terminado en las botellas etiquetadas.	BI (16, 0.85)
Tapado	Las botellas llegan a la capsuladora que enroscará las tapas previamente codificadas. Este proceso, al igual que el llenado, está bajo la supervisión de un técnico.	BI (6, 0.85)
Empaquetado I y II	Las botellas se trasladan a una mesa de acero inoxidable, donde 2 operarios agrupan 12 botellas en paquetes con plástico termoencogible para conducirlos hasta el horno termocontraible para la adhesión de dicho plástico.	BI (16, 0.93) BI (12, 0.96)
Paletizado	Un operario recoge los paquetes del horno y los traslada al pallet, cuando haya completado 158 paquetes, los arregla en el pallet y lo traslada al almacén de producto terminado.	BI (550, 0.99)

Fuente: Elaboración propia. En base a Horna [4].

Para el entorno de simulación de esta investigación, el Layout de la línea de envasado inicial se diseñó para producir en lotes de 158 paquetes, con las cantidades exactas de los materiales para producirlos, sin considerar pérdidas y programando el reaprovisionamiento de estos materiales (entidades) cada vez que un lote esta por completarse. El tamaño de lote se determinó mediante su producción anual de 291 658 botellas y su cronograma de producción de 22 días al mes.

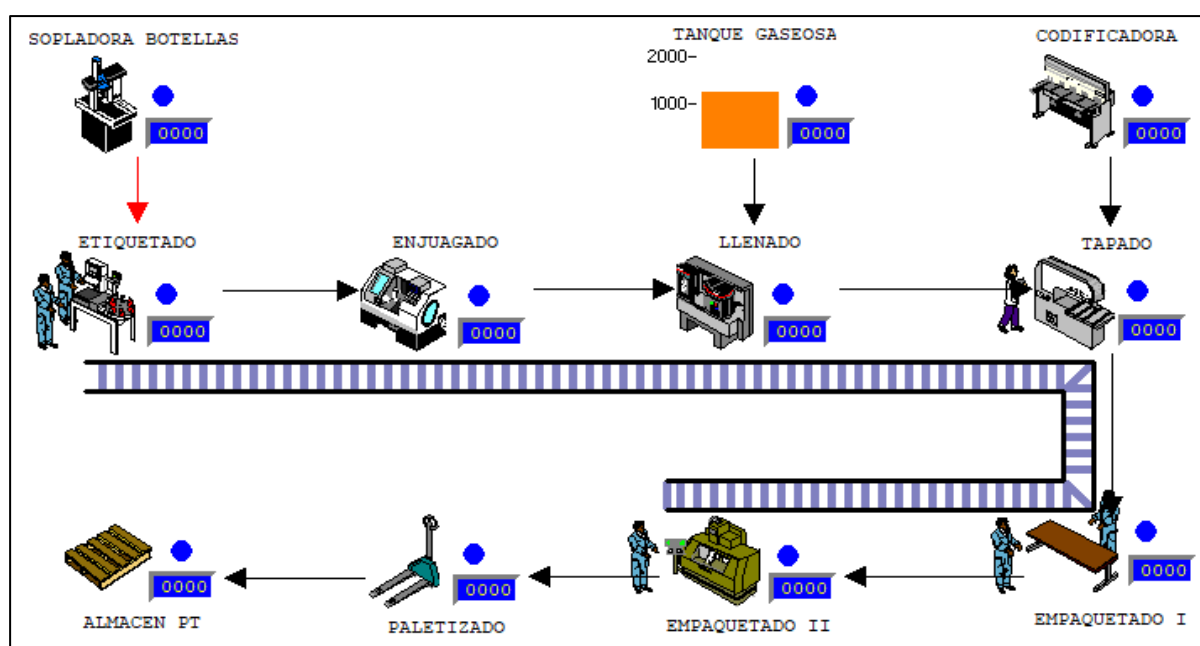


Fig. 1 Layout de la línea de envasado actual.

Con el propósito de aumentar la tasa de producción, se han sugerido algunas modificaciones en el Layout de la línea de envasado original. En el modelo alternativo propuesto se ha eliminado el cuello de botella en la actividad de etiquetado sustituyendo el trabajo manual de los operarios por una máquina etiquetadora automática ZONESUN modelo ZS-TB200 con una capacidad de 30-160 botellas/minuto. También se sustituyó la actividad manual de embalado en la estación de empaquetado I por una máquina de embalaje automática tipo cortina modelo TS6540SA con una capacidad de 600-1200 paquetes/hora. Ambas máquinas fueron seleccionadas teniendo en cuenta la capacidad diseñada de la línea en caso de posibles expansiones y en función a otros parámetros técnicos. Además, esta mejora permitiría dejar libre a 4 operarios, no obstante, se decidió dejar un operario a cargo en cada máquina que supervise la producción en dichos puntos y se asignó un operario a la actividad de paletizado, la cual también representaba un cuello de botella, de tal forma que sea el encargado de ordenar y apilar los paquetes en el pallet a medida que el operario actual los entrega, por lo cual solo quedaría un operario libre.

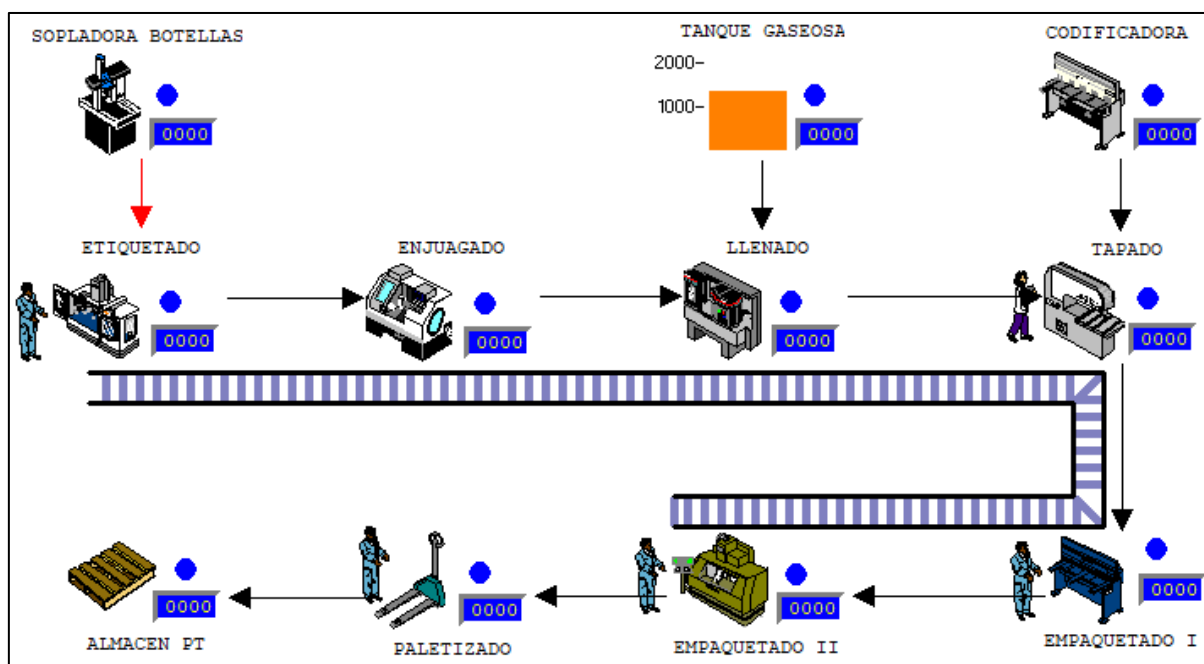


Fig. 2 Layout de la línea de envasado del modelo propuesto.

El modelo de simulación se programó para realizar la simulación durante un día de producción, es decir, se aplicaron 8 horas de tiempo de funcionamiento. La Tabla 2 muestra los resultados del tiempo promedio por entrada de las estaciones en las que se realizaron mejoras. Se puede observar que el tiempo promedio de procesamiento en la estación de etiquetado disminuyó un 99% a 0,31 minutos, esto debido a que el proceso ya no era de tipo Batch sino de flujo continuo; asimismo, se disminuyó un 38% el tiempo de procesamiento en la estación de empaquetado I,

lo cual permitió que el tiempo de procesamiento del tapado se redujera un 63% a 0,10 minutos, debido a que ya no se formaban colas de espera en la posterior estación de empaquetado I; por último, también disminuyó el tiempo de procesamiento en la estación de paletizado un 32%, lo cual representa una reducción de más de 10 minutos. Además, cabe señalar que la utilización de la estación de etiquetado aumento en un 35,34%.

Tabla 2. Tiempos promedio de procesamiento antes y después del rediseño

Estación	Actual	Propuesto	Variación
Etiquetado	35,96 min	0,31 min	-99%
Tapado	0,27 min	0,10 min	-63%
Empaquetado I	0,29 min	0,18 min	-38%
Paletizado	36,84 min	25,00 min	-32%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 se muestran los resultados del porcentaje de tiempo ocioso de las estaciones que no fueron modificadas, pero sí afectadas por el rediseño. Se puede apreciar que en las estaciones de enjuagado, llenado y tapado se logró disminuir el tiempo ocioso más de 11%, alcanzando un tiempo ocioso de 6,56%, 7,28% y 10,2% respectivamente, lo que les permite tener una eficiencia superior al 90%. En el caso de las estaciones de empaquetado I y II, el tiempo ocioso se redujo 6,7% y 10% respectivamente. Asimismo, cabe destacar que el tiempo promedio en el sistema o tiempo de ciclo que toma producir una botella de gaseosa se redujo de 38,46 a 30,0 minutos, mientras que el tiempo de ciclo desde que las botellas se empaquetan hasta que se completa el lote se redujo de 35,14 a 26,19 minutos, esto gracias a que se eliminaron los cuellos de botella tanto al inicio (etiquetado) como al final (paletizado) de la línea de envasado.

Tabla 3. Tiempos ociosos antes y después del rediseño

Estación	Actual	Propuesto	Variación
Enjuagado	18,21%	6,56%	-11,7%
Llenado	19,12%	7,28%	-11,8%
Tapado	21,42%	10,20%	-11,2%
Empaquetado I	25,86%	19,19%	-6,7%
Empaquetado II	55,30%	45,30%	-10,0%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4 muestra la producción diaria alcanzada por los modelos de simulación de la línea de envasado. En el modelo actual, la línea produce 6 lotes y 144 paquetes al día, mientras que, en el modelo propuesto, alcanza a producir 8 lotes y 105 paquetes al día, lo cual demuestra que el modelo propuesto del rediseño permite incrementar la productividad un 25,37%, equivalente a

277 paquetes adicionales al día. Asimismo, la tasa de producción de botellas aumento de 1 683 a 2 055 botellas/hora, superando su capacidad efectiva establecida en 1 887 botellas/hora.

Tabla 4. Producción diaria antes y después del rediseño

Cantidad	Actual	Propuesto	Variación
Litros consumidos	6 566,5	8 227	1 660,5
Botellas etiquetadas	13 272	16 489	3 217
Botellas producidas	13 109	16 443	3 334
Paquetes terminados	1 092	1 369	277
Lotes completados	6	8	2

Fuente: Elaboración propia

Al comparar estos resultados con los obtenidos por Horna [4], cuya investigación fue realizada en la misma empresa embotelladora, difieren en el grado de impacto que tuvieron en la línea de envasado, ya que mediante la aplicación de herramientas Lean como JIT, Shojinka y Heijunka, el autor solo consiguió aumentar la productividad un 2%, a diferencia del 25,4% alcanzado en el presente trabajo; también logró reducir el tiempo ocioso un 3,7%, que frente al 11% obtenido resulta insuficiente; e incluso disminuyó el cuello de botella del etiquetado un 7%, no obstante, dicho cuello de botella se redujo un 99% en la presente investigación. Si bien esta propuesta de Lean Manufacturing parece no ser muy efectiva, debido a que las herramientas empleadas están más enfocadas en la gestión de recursos y la flexibilidad, hay evidencia de casos en los se aplicó Lean Manufacturing y se obtuvieron resultados similares a los de la presente investigación.

Por ejemplo, Abdul *et al.* [12], en su investigación realizada en una embotelladora, señalan que el problema principal era el cuello de botella en el llenado y tapado, así que decidieron aplicar las herramientas VSM y Jidoka, logrando reducir el tiempo improductivo un 12,6% y aumentar la eficiencia de línea por encima del 90%. Otro caso parecido fue la investigación desarrollada por Diaz y Santa Cruz [7], en la cual se aplicó teoría de restricciones para eliminar el cuello de botella en la estación de tapado, para ello se propuso adquirir una tapadora-selladora y adicionar 2 inyectores a la llenadora, lo cual permitió aumentar un 31% la productividad de 2 283 a 2 981 paquetes/mes. Asimismo, es importante resaltar que en dicha investigación se optó por adoptar tecnología y automatizar la línea de producción, siguiendo un enfoque similar al que se tuvo al realizar la propuesta de rediseño de la presente investigación.

Estos resultados también se asemejan a los de Tullume [6], puesto que su investigación describe problemas similares a los del presente documento como el cuello de botella en el etiquetado manual y el tiempo ocioso en la preparación de jarabes. Mediante la redistribución de planta y

el cambio de secuencia de la actividad de etiquetado consiguió reducir el cuello de botella un 16,2% y aumentar la productividad un 20%, resultado similar al 25,4% alcanzado en la presente investigación. Asimismo, este último resultado de productividad concuerda, aunque en menor magnitud, con el resultado de la investigación realizada por Mhlanga y Pradhan [8], en la cual se propuso realizar ajustes en la máquina llenadora que elevaron su capacidad un 25%, logrando así aumentar la productividad un 15%. Esto se relaciona con el aumento de la utilización de la estación de etiquetado en un 35,34% en la presente investigación, ya que elevar la capacidad de la máquina reajustando parámetros, se refiere a aumentar la utilización de dicha máquina.

En lo que concierne a los resultados de investigaciones que hayan aplicado la simulación como metodología de investigación, existe evidencia de que es posible aumentar la productividad si se rediseña la línea de producción incorporando mejores máquinas o automatizando actividades manuales, pero con un incremento mucho menor al obtenido en la presente investigación. Según los resultados de la investigación de Phanden *et al.* [9], mediante el rediseño de la línea a través de la adquisición de mejores máquinas (máquina multifunción) y equipos (faja transportadora), la productividad aumento un 2,6%, este bajo porcentaje de incremento puede ser debido a que el autor ha trabajado sus tiempos de procesamiento en función a Lotes, ya que el tiempo que se le asigna al llenado y tapado fue de 4 minutos, mientras que en la presente investigación fue de 0,25 y 0,1 minutos; también está el hecho de que su cuello de botella no era demasiado extenso con relación al resto de tiempos de procesamiento; teniendo en cuenta que la simulación duro también 8 horas, dichas condiciones del modelo restringieron el margen de incremento.

Los resultados obtenidos también se contrastaron con los de la investigación de Talapatra *et al.* [10], en la cual se propuso el rediseño de la línea que consistió en sustituir la actividad de sellado manual por una máquina semiautomática, lo cual aumento la productividad en un 4%, que al igual que la anterior investigación representa un bajo porcentaje de incremento, debido a que existen 2 cuellos de botella continuos y solo el segundo fue eliminado, contrario a lo sucedido en la presente investigación, donde los cuellos de botella se encuentran al inicio y final, siendo ambos eliminados. Por otro lado, en la investigación realizada por Oljira *et al.* [11], en la cual también se aplicó simulación, se propuso mantenimiento preventivo como solución a problemas de rendimiento ineficiente de las máquinas, pérdidas de tiempo por averías y cuellos de botella en las estaciones de lavado y llenado, logrando aumentar la utilización de la capacidad diseñada un 32,9% y reduciendo el tiempo de ciclo en un 33,33%, similar al resultado obtenido de 23,7% en la presente investigación.

Tal como se mencionó anteriormente en reiteradas ocasiones, la propuesta de rediseño consistió en automatizar la línea de envasado sustituyendo las actividades manuales que representaban un cuello de botella por máquinas de mayor capacidad, esto ya que las Plantas de las principales compañías de la industria de bebidas no alcohólicas están completamente automatizadas, pero esto no significa que carezcan de problemas que afecten la productividad Planta industrial. De acuerdo a la investigación realizada por Zamalloa [13] en una Planta industrial automatizada en Arequipa y a la investigación realizada por Castro [14] en otra Planta industrial automatizada en Lambayeque, ambas propiedad de la empresa Ajeper S.A., concluyeron que el problema del incumplimiento del plan de producción es uno de los principales en ese tipo de embotelladoras, y coincidieron en que la aplicación de herramientas Lean como SMED, OEE y Mantenimiento autónomo son muy efectivas para mejorar la productividad de las diferentes líneas de envasado. Finalmente, es preciso destacar que los principales cuellos de botella en las líneas de envasado de estas grandes plantas automatizadas se encuentran en las estaciones de llenado, paletizado y etiquetado con 3,66 seg/paq, 3,33 seg/paq y 3,44 seg/paq respectivamente.

Con el propósito de justificar la viabilidad económica de la propuesta de rediseño de la línea de envasado se realizó un análisis económico. La inversión que la empresa deberá realizar es en la adquisición de la máquina de embalaje y la etiquetadora valuadas ambas en S/ 27 970,00 según el portal web de Alibaba. Asimismo, los costos de consumo energético de las nuevas máquinas se determinaron tomando en cuenta la potencia eléctrica de estas y la tarifa eléctrica industrial, no obstante, dichos costos serán cubiertos por el ahorro en costos de mano de obra.

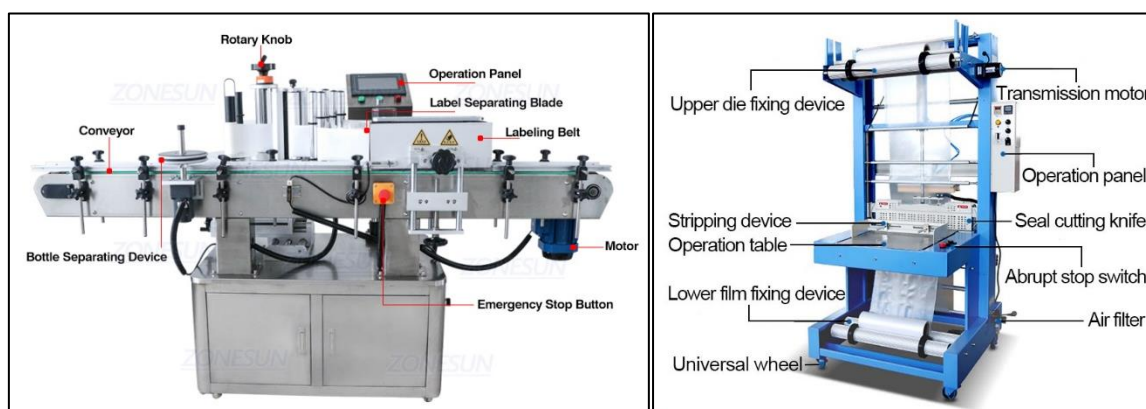


Fig. 3 Round Bottle Labeling Machine / Semi-automatic Sleeve Film Machine.

La empresa obtiene un 20% de beneficios con la venta del producto, es decir, una utilidad de S/ 1,36 por paquete. Los beneficios obtenidos del rediseño representan la producción adicional de paquetes que serán vendidos. Si mediante el rediseño la empresa obtiene un beneficio de 277

paquetes al día, entonces, suponiendo que dicho ratio se mantiene durante 22 días, la cantidad mensual sería 6 094 paquetes. Por lo tanto, el beneficio total por mes sería de S/ 8 287,84, es decir, la inversión total se recuperaría en tan sólo 4 meses aproximadamente.

Tabla 5. Resumen de la inversión y beneficios económicos de la propuesta

INVERSIÓN Y COSTOS			
Descripción	Unidad	Cantidad	Costo total
Máquina Etiquetadora ZS-TB200	Maq.	1	S/17 571,00
Máquina de Embalaje TS6540SA	Maq.	1	S/10 398,80
Consumo Energético ZS-TB200	kW/mes	211,2	S/154,90
Consumo Energético TS6540SA	kW/mes	345,6	S/253,50
BENEFICIOS Y AHORROS			
Descripción	Unidad	Cantidad	Ganancia total
Producción Extra Mensual	Paquetes	6094	S/8 287,84
Reducción de Mano de Obra	Salario	1	S/950,00

Fuente: Elaboración propia

V. CONCLUSIONES

A partir del diagnóstico realizado a la línea de envasado de gaseosas, se identificó que la línea presenta una capacidad ociosa del 12,17% debido a los cuellos de botella en las estaciones de etiquetado y paletizado, las cuales demoran 588 y 546 segundos respectivamente, pues se llevan a cabo manualmente. Al igual que la fase inicial del empaquetado, realizada también de forma manual, que genera colas de espera en la estación de tapado.

Se rediseño la línea de envasado original utilizando el software de simulación ProModel. El rediseño consistió en eliminar los cuellos de botella sustituyendo el trabajo manual y repetitivo en las estaciones de etiquetado y empaquetado por máquinas, y asignando un operario de apoyo en la estación de paletizado. Mediante el rediseño de la línea de envasado se logró incrementar la productividad un 25,37%, equivalente a 277 paquetes adicionales al día.

Los resultados revelaron que el modelo propuesto disminuyó el tiempo de procesamiento de las estaciones de etiquetado, empaquetado I y paletizado un 99%, 38% y 32% respectivamente. El rediseño también logró disminuir el tiempo ocioso más de 10% en las estaciones de enjuagado, llenado, tapado y empaquetado II. Por consiguiente, el tiempo de ciclo disminuyó un 23,7% y la utilización de la estación de etiquetado aumentó un 35,34%. El análisis económico realizado concluyó que, si la empresa adopta los cambios propuestos en el rediseño, el beneficio total por mes sería de S/ 8 287,84, es decir, la inversión total se recuperaría en solo 4 meses.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Research and Markets, «Global Carbonated Soft Drinks Market Analysis 2020,» Dublin, 2020.
- [2] Sociedad Nacional de Industrias (SNI), «Reporte Sectorial de Bebidas No Alcohólicas,» Lima, 2018.
- [3] Ministerio de la Producción, «Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno 2019,» Lima, 2020.
- [4] G. Horna Inga, «Mejora en la línea de producción de bebidas gasificadas de una embotelladora para disminuir las pérdidas económicas por desperdicios,» Chiclayo, 2019.
- [5] E. García Dunna, H. García Reyes y L. Cárdenas Barrón, Simulación y análisis de sistemas con ProModel (Segunda edición), México: Pearson, 2013.
- [6] L. Tullume Fenco, «Propuesta de mejora del proceso productivo de bebida gaseosa en la empresa Complejo Industrial San Antonio E.I.R.L. para incremento de su productividad,» Chiclayo, 2018.
- [7] 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.
- [8] J. Mhlanga y A. Pradhan, «Productivity Improvement at a Soft Drink Manufacturing Company: A Case Study,» de *10th Annual Conference IEOM*, Dubai, 2020.
- [9] 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.
- [10] S. Talapatra, R. Tarannum y J. Shefa, «Simulation Modeling for Productivity Improvement of a Production Line: A Case Study,» de *2nd European IEOM Paris Conference*, Paris, 2018.
- [11] D. Geleta, T. Garoma, G. Ofgera y M. Gopal, «Manufacturing System Modeling and Performance Analysis of Mineral Water Production Line using ARENA Simulation,» *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, vol. IX, n° 5, pp. 312-317, 2020.
- [12] S. D. A.K., E. Elsayed, A. Rahaman y R. Karthikeyan, «Role of Lean Manufacturing Tools in Soft Drink Company,» *SSRG International Journal of Mechanical Engineering*, vol. V, n° 1, pp. 1-7, 2018.
- [13] A. Zamalloa Morote, «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,» Arequipa, 2019.
- [14] J. Castro Vásquez, «Propuesta de implementación de la metodología Lean Manufacturing para la mejora del proceso productivo en la línea de envasado PET de la empresa Ajeper S.A.,» Trujillo, 2016.