

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



**Mejora del proceso de embotellado de jugo de naranja aplicando ProModel  
en una empresa de bebidas para incrementar su productividad**

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

**AUTOR**

**Pierre Edgardo Huacchillo Dominguez**

**ASESOR**

**Santos Confesor Gabriel Blas**

<https://orcid.org/0000-0003-0306-108X>

**Chiclayo, 2023**

# Mejora del proceso de embotellado de jugo de naranja aplicando ProModel en una empresa de bebidas para incrementar su productividad

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>15%</b>	<b>15%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.uandina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.ug.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional de Trujillo</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.usil.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## Índice

Resumen .....	4
Abstract .....	5
Introducción .....	6
Revisión de literatura .....	7
I. Materiales y métodos .....	11
II. Resultados y Discusión .....	12
III. Conclusiones y recomendaciones .....	25
Anexos.....	30

## Resumen

El objetivo de la presente investigación fue diseñar la mejora del proceso de embotellado de jugo de naranja aplicando el software ProModel para incrementar la productividad de una empresa de bebidas. Como diagnóstico inicial, se evidenció como cuello de botella la etapa de llenado con 0,6098 minutos; asimismo, se presentó una producción de 710 botellas/día y una productividad de maquinaria de 142 botellas/día – máquina; a causa de la obsolescencia de las máquinas de llenado y tapado respectivamente. Con base en ello, se propuso el reemplazo de las máquinas de llenado y tapado por una máquina automatizada caracterizada por realizar ambas funciones a la vez. Dicha propuesta fue simulada en el software ProModel, donde se obtuvo como resultado que el nuevo cuello de botella pasó a ser la etapa de secado con 0,3450 minutos; mostrando una reducción del 50,07%; además, la producción se incrementó en un 34,79% y la productividad de maquinaria aumentó en un 68,49%. Finalmente, el beneficio – costo del diseño de la propuesta de mejora arrojó un valor de 1,40, demostrando que los beneficios económicos superaron los costos asociados.

**Palabras Clave:** Producción, productividad, ProModel

### **Abstract**

The objective of this research was to design the improvement of the orange juice bottling process by applying the ProModel software to increase the productivity of a beverage company. As an initial diagnosis, the filling stage with 0,6098 minutes was evidenced as a bottleneck; It happened, there was a production of 710 bottles/day and a machinery production of 142 bottles/day – machine; due to the obsolescence of the filling and capping machines respectively. Based on this, the filling and capping machines will be replaced by an automated machine characterized by performing both functions at the same time. Said proposal was simulated in the ProModel software, where it was obtained as a result that the new bottleneck became the drying stage with 0,3450 minutes; showing a reduction of 50,07%; In addition, production increased by 34,79% and machinery productivity increased by 68,49%. Finally, the benefit - cost of the design of the improvement proposal yielded a value of 1,40, demonstrating that the economic benefits exceeded the associated costs.

**Keywords:** Production, productivity, ProModel

## Introducción

A nivel mundial, en la campaña 2020/21, la producción de naranja fue de 48,6 millones de toneladas, representando un crecimiento del 5,5% con respecto a la campaña 2019/20, siendo los mayores productores Brasil (30%) y Estados Unidos (10%) [1]. El 80% de las naranjas producidas se usan para la elaboración de jugos y extractos [2], resaltando que, después del agua, el jugo de naranja es la bebida no alcohólica con mayor consumo en Europa [3]. Sin embargo, existen problemas en el embotellado de mencionada bebida, tales como largos tiempo de transporte entre áreas a causa de un inadecuado diseño de planta, falta de coordinación entre operarios, y maquinaria con baja capacidad u obsoleta; impactando directamente en el ritmo de producción y productividad de las empresas [4].

A nivel nacional, en la misma campaña 2020/21, el Perú produjo 553 000 toneladas de naranja Valencia, evidenciándose un crecimiento anual constante del 3% desde el 2010, siendo este fruto utilizado principalmente para la producción de jugo [5]. En la industria peruana, las empresas líderes en jugos de naranja son San Miguel, Delicias y Sabores, FoodPack, Ajegroup, Greenpress, Soma y Zuma [3]. No obstante, al igual que en el panorama internacional, existen problemas relacionados a una baja eficiencia y productividad en las empresas a causa de la escasez de mano de obra calificada, demoras en el proceso de embotellado, fallas en las máquinas, y presencia de productos defectuosos [6].

A nivel local, se encuentra activa una empresa embotelladora de jugo de naranja (500 ml) ubicada en la carretera a Lambayeque, cuyo proceso se divide en cinco etapas principales: enjuagado, secado, llenado, tapado y etiquetado. El problema radica en un decremento de la productividad de maquinaria, la cual fue de 142 botellas/día – máquina al final del 2022, evidenciándose una disminución del 5,22% con respecto al inicio de dicho año, principalmente a causa de la obsolescencia tanto de la máquina de llenado como la de tapado, con una frecuencia relativa acumulada de 57,14%. Adicional a ello, cabe mencionar que el cuello de botella está dado por el llenado con un tiempo de 0,6098 minutos por botella. Por consiguiente, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿En qué medida el diseño de la mejora del proceso de embotellado de jugo de naranja aplicando el software ProModel en una empresa de bebidas incrementará su productividad? Para lograr ello, se tiene como objetivo general diseñar la mejora del proceso de embotellado de jugo de naranja aplicando el software ProModel para incrementar la productividad de la empresa. Es así como, se tiene como primer objetivo específico diagnosticar el proceso de embotellado y la productividad de la empresa en estudio; como segundo objetivo específico, elaborar el diseño de la mejora del proceso de embotellado de jugo de naranja aplicando el software ProModel en una empresa de bebidas para incrementar

su productividad; y, como tercer objetivo específico, determinar el beneficio – costo del diseño de la mejora del proceso de embotellado.

La presente investigación es importante socialmente, ya que la mejora en el proceso de embotellado permitirá satisfacer la demanda del jugo de naranja de manera rápida y eficiente, beneficiando tanto a los consumidores como a los trabajadores de la empresa. De igual modo, desde una perspectiva económica, la investigación es importante porque tendrá un impacto significativo en los costos operativos; y, finalmente, en el aspecto académico, la investigación servirá como referencia o fuente bibliográfica para estudiantes o profesionales que requieran realizar la mejora del proceso de embotellado de cualquier bebida empleando el software ProModel.

### **Revisión de literatura**

La simulación de procesos industriales es una herramienta para comprender y mejorar procesos en un entorno industrial proporcionando una representación virtual precisa, permitiendo así evaluar diferentes escenarios y tomar decisiones informadas para optimizar el rendimiento, la eficiencia y la productividad [7].

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, ProModel es un software de simulación y modelado de procesos utilizado en entornos industriales y empresariales, que permite representar y definir elementos como flujos de materiales, recursos, operaciones, tiempos de procesamiento, restricciones y reglas de decisión; con la finalidad de evaluar el rendimiento, eficiencia, cuellos de botella y utilización de recursos [8].

Una herramienta de análisis clave para identificar la causa raíz de un problema es el diagrama de Ishikawa, conocido también como "diagrama de causa y efecto" o "diagrama de espina de pescado", el cual es utilizado para identificar las posibles causas de un problema o efecto específico, organizando las causas en categorías principales: mano de obra, materiales, maquinaria, método, medición y medio ambiente [9].

Por su parte, el diagrama de operaciones del proceso (DOP) es una representación gráfica de las diferentes operaciones o pasos necesarios para llevar a cabo un proceso o actividad, mostrando la secuencia lógica de las tareas, los tiempos requeridos y las relaciones entre ellas, proporcionando una visión general del proceso [10].

Por otro lado, el flujograma analítico es un diagrama que muestra de manera secuencial las etapas o actividades de un proceso, así como las decisiones y condiciones que se presentan en cada una, mostrando tanto actividades productivas como improductivas (se incluyen traslados y esperas, a diferencia del DOP) [10].

Cabe mencionar que por medio del flujograma analítico se puede identificar el cuello de botella, el cual hace referencia a la etapa que limita la capacidad de producción general, siendo el punto más lento o la restricción que impide que el proceso funcione a su máxima capacidad [11].

Uno de los indicadores clave en la ingeniería industrial, y por no decir el más importante, es la productividad, la cual expresa la relación entre la producción obtenida y los recursos empleados para obtenerla (mano de obra, materia prima, maquinaria, energía, capital, etc.) [12].

Con base en ello, J. Mhlanga y A. Pradhan [13] evidenciaron que en una empresa sudafricana embotelladora de refrescos se contaba con una productividad de mano de obra de 180 000 unidades/hora - hombre y una productividad de maquinaria de 51 428 unidades/hora - máquina. Es así que, se propuso como objetivo mejorar la productividad de la empresa en estudio. En lo que respecta a la metodología, se capacitó a los operarios en habilidades de manejo de maquinaria y se aumentó la capacidad de la máquina llenadora de 40 a 50 botellas por revolución. Como resultado, la productividad de mano de obra y de maquinaria aumentaron en un 22,67% y 15,53% respectivamente. Como conclusión, las mejoras implementadas hicieron que la empresa sea más productiva y competitiva.

De igual manera, R. Phanden et al. [14] en su investigación centrada en una empresa embotelladora de cerveza ubicada en Sonipat (India), evidenciaron dos problemas; en primer lugar, la presencia de máquinas semiautomáticas y operadas manualmente; y, en segundo lugar, la existencia de altos tiempos de transporte entre locaciones como consecuencia de un inadecuado diseño de planta. Por ende, se planteó como objetivo mejorar el diseño de las instalaciones de la empresa en estudio. En lo referente a la metodología, se empleó el software ProModel, donde se elaboró el layout inicial de la empresa, para luego proponer dos modelos. Por un lado, en el modelo A, se realizó la reorganización de las máquinas en el diseño de la fábrica, donde se incluyó un almacenamiento intermedio para acortar la distancia entre locaciones. Por otro lado, en el modelo B, se implementó una cinta transportadora y se reemplazó tanto la máquina llenadora como la tapadora por una sola máquina automatizada que realizaba ambas funciones a la vez. Como resultado, se evidenció que los modelos A y B disminuyeron el tiempo de transporte por botella en un 35,17% y 66,31% respectivamente. Con ello, se concluyó que ambos modelos resultaron beneficiosos para la empresa, ya que permitieron recortar distancias; y, por ende, disminuir tiempos de transporte.

A su vez, S. Talapatra, R. Tarannum y J. Shefa [15] en su investigación enfocada en una empresa embotelladora de agua, evidenciaron que el sellado manual representaba el cuello de botella de la línea de producción. Por tal motivo, se propuso como objetivo reducir dicho cuello

de botella para incrementar la productividad. En lo que respecta a la metodología, se empleó el software Arena para simular el tiempo de procesamiento de las estaciones de trabajo durante cinco días, donde efectivamente se observó que la etapa de sellado manual tenía un porcentaje de utilización del 98,5%, a causa de la formación de una cola en dicha estación. Complementando ello, el software arrojó como dato que el tiempo de espera en dicha etapa era de 180,19 segundos. Entonces, se propuso una nueva línea empleando una máquina de sellado de tapas semiautomática en lugar de la operación manual. Como resultado, la capacidad de sellado aumentó de 16 botellas/minuto a 40 botellas/minuto, evidenciándose una disminución del tiempo de espera a 7,49 segundos. Además, la productividad de maquinaria se incrementó en un 4%; y, por medio del análisis del punto de equilibrio, la inversión de la máquina de sellado tuvo un periodo de recuperación de un mes. Como conclusión, la propuesta de la máquina de sellado semiautomática permitió la oportunidad de presentar mejoras en la empresa en estudio.

Paralelamente, D. Geleta et al. [16] en su investigación realizada en una empresa productora de agua mineral, evidenciaron la presencia de un tiempo de ciclo excesivo, fallas frecuentes de las máquinas y baja eficiencia en la utilización de recursos. Por esa razón, se planteó como objetivo desarrollar un modelo de simulación en la etapa de embotellado. Como metodología, se realizó un mapeo de procesos, un estudio de tiempos y la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para finalmente simular la propuesta en el software Arena, donde se tuvo en cuenta aspectos relacionados a los parámetros de las máquinas, tales como la velocidad de ejecución, capacidad, dimensiones, unidades perdidas después de una falla y confiabilidad. Como resultado, el rendimiento en la línea de producción aumentó de 21,12% a 54,03% y cuello de botella se redujo en un 33,33%. Como conclusión, la estrategia de mantenimiento preventivo fue una alternativa eficiente para evidenciar una mejora en el proceso productivo.

Simultáneamente, C. Cieza [17] en su investigación realizada en una empresa embotelladora de agua, evidenció que en un año no se atendió el 24,60% de pedidos solicitados. Por lo cual, se planteó como objetivo proponer la mejora del proceso productivo para cumplir con la demanda. En lo que respecta a la metodología, se empleó la estandarización de tiempos, se desarrolló un balance de línea, se aplicó el just in time y finalmente se elaboró un cronograma de capacitaciones a los operarios. Como resultado, la producción aumentó en un 23,85%, el porcentaje de pedidos no atendidos disminuyó en un 16% y la productividad aumentó en un 76,92%. Asimismo, se obtuvo un costo – beneficio de 1,28, demostrando que la propuesta fue viable económicamente. Como conclusión, las cuatro propuestas trajeron consigo mejoras a la empresa, en términos de atención a la demanda y productividad.

De igual forma, L. Muñoz y H. Terán [18] en su investigación en una empresa peruana embotelladora de agua de mesa en 625 ml, evidenciaron una productividad de mano de obra de 15 botellas/hora - hombre y un porcentaje de operaciones improductivas del 36%. Por ello, se planteó como objetivo proponer la mejora en el proceso productivo para incrementar la productividad. En lo referente a la metodología, se realizó un estudio de tiempos, se propuso la herramienta 5S, y se elaboró un balance de línea. Como resultado, el porcentaje de actividades improductivas disminuyó en un 7%, la eficiencia de la línea aumentó en un 12%, y la productividad de mano de obra aumentó a 30 botellas/hora-hombre. Como conclusión, las propuestas de mejora presentaron una oportunidad para incrementar la productividad y eficiencia de la empresa.

Por otro lado, G. Horna [19] en su investigación centrada en una empresa embotelladora de bebidas gasificadas, evidenció una pérdida económica anual de S/ 296 223,20. Debido a ello, se planteó como objetivo proponer la mejora del proceso productivo para disminuir pérdidas económicas. Como datos adicionales, se presentó una producción mensual de 291 657 gaseosas, un tiempo de ciclo de 588 con la etapa de etiquetado como cuello de botella, y una productividad de mano de obra de 1 657 botellas/día - hombre. En lo referente a la metodología, se emplearon herramientas tales como Heijunka, JIT y Shojinka. Adicional a ello, se realizó una redistribución de planta para minimizar la distancia entre etapas; y, por ende, reducir los tiempos improductivos. Como resultado, la producción mensual aumentó en un 2%, el tiempo de producción disminuyó en un 3%, el cuello de botella disminuyó en un 7% y la productividad de mano de obra aumentó en un 6%. Como conclusión, se evidenció que la propuesta trajo consigo beneficios a la empresa.

Del mismo modo, S. Tavera [20], en su investigación desarrollada en el área de embotellado de una empresa, observó la presencia de falta de estandarización en el proceso productivo, actividades improductivas y fatiga de los operarios; causando una productividad de mano de obra de 30 paquetes/hora - hombre. Por ello, se planteó como objetivo rediseñar el proceso de embotellado en la empresa en estudio. En lo referente a la metodología, se ejecutó la estandarización de tiempos, teniendo en cuenta los factores de calificación para suplementos; y finalmente se elaboró un balance de línea. Como resultado, el cuello de botella, representado por el llenado y tapado, se redujo en un 54,11% y la productividad de mano de obra aumentó a 36 paquetes/hora - hombre; es decir, en un 20%. Como conclusión, el desarrollo de las propuestas permitió un aumento de la productividad en la empresa.

Asimismo, D. Villegas [21] evidenció que en una empresa envasadora de gaseosas existía una baja productividad a causa de altos tiempos en los procesos manuales de etiquetado,

empaquetado y paletizado. Por ello, se planteó como objetivo rediseñar el proceso de envasado para incrementar la productividad. En lo que concierne a la metodología, se reemplazó el trabajo manual de etiquetado y empaquetado por máquinas semiautomáticas con una mayor capacidad. Además, se adicionó un nuevo operario en el paletizado ya que la propuesta de las máquinas automáticas permitió ello. Cabe mencionar que se ejecutó la simulación en el software ProModel, donde se obtuvo como resultado que la productividad se incrementó en un 25,37% y el cuello de botella se redujo en un 32%. Finalmente, se observó que la inversión se recuperaría en cuatro meses. Como conclusión, se observó que las propuestas resultaron totalmente viables.

Finalmente, A. Cruz [22] en su investigación realizada en una empresa de néctares, evidenció una baja productividad a causa de altos tiempos de producción. De tal forma, se planteó como objetivo proponer la mejora del proceso productivo para incrementar la productividad. En lo referente a la metodología, se realizó un estudio de tiempos, se hallaron los tiempos estándar y se realizó la combinación tanto de la etapa de etiquetado como empaquetado; dejando de ser etapas independientes. Como resultado, se simuló la propuesta en el software ProModel, y se obtuvo como resultado que el tiempo de ciclo se redujo en un 42,32% y la productividad aumentó en un 16,71%. Adicional a ello, se obtuvo un beneficio – costo de 1,26. Como conclusión, las propuestas desarrolladas permitieron un incremento en la productividad de la empresa y resultaron viables económicamente.

### **Materiales y métodos**

Para el logro del primer objetivo específico se realizó un diagrama de Ishikawa [23], donde se evidenciaron las principales causas de la baja productividad en la empresa en estudio. Luego se realizó la clasificación ABC [24] y el diagrama de Pareto [25]. Seguidamente, se elaboró el diagrama de operaciones del proceso (DOP) [10] y el flujograma analítico [10]. Posteriormente, se simuló la situación inicial del proceso en el software ProModel [8] teniendo en cuenta la distribución de los tiempos calculados por la herramienta Statfit [26].

Para el logro del segundo objetivo específico se realizó el diseño de la mejora en el software ProModel [8], basado en el reemplazo de las máquinas de llenado y tapado por una sola máquina automatizada encargada de realizar ambas funciones [27]. Después, se analizaron los resultados y se hallaron los nuevos indicadores.

Por último, para el logro del tercer objetivo específico se calculó el beneficio - costo [28] del diseño de la mejora del proceso de embotellado de jugo de naranja, esperando obtener un valor superior a 1,05.

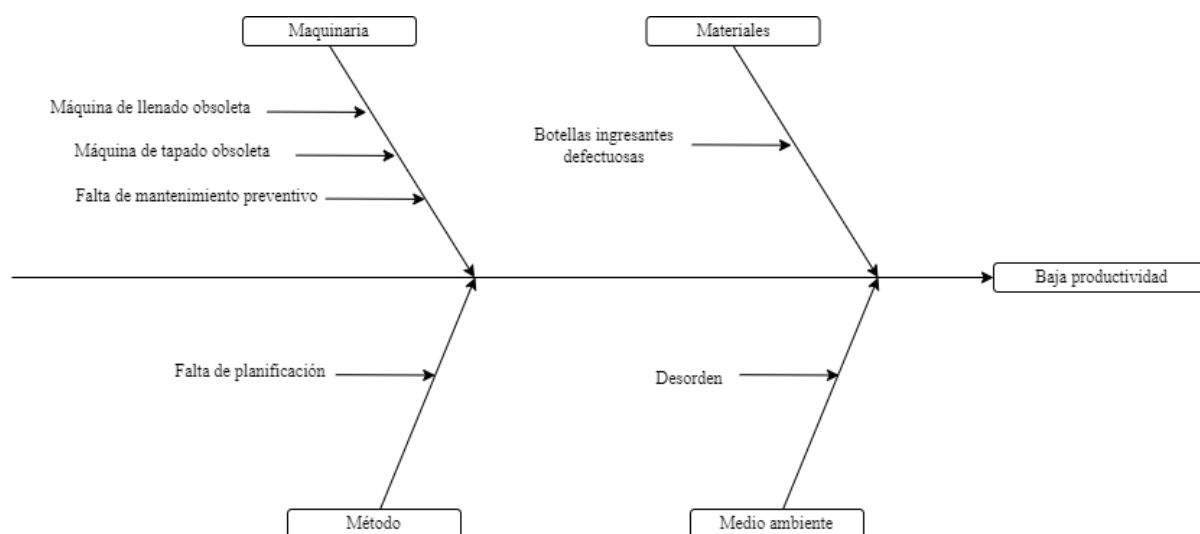
## Resultados y Discusión

### Resultados

#### Diagnóstico del proceso de embotellado y la productividad de la empresa

En la Figura 1 se presenta el diagrama causa – efecto, donde se evidencian las causas de la baja productividad en la empresa embotelladora de jugo de naranja. Cabe mencionar que se presentaron causas que no pueden ser solucionadas con el software ProModel, por lo que posteriormente se hizo el respectivo análisis para seleccionar aquellas causas aptas.

Figura 1. Diagrama causa - efecto



Fuente: Empresa embotelladora

Con base en ello, en la Tabla 1 se realizó la clasificación ABC, para identificar las causas con un mayor impacto en la baja productividad.

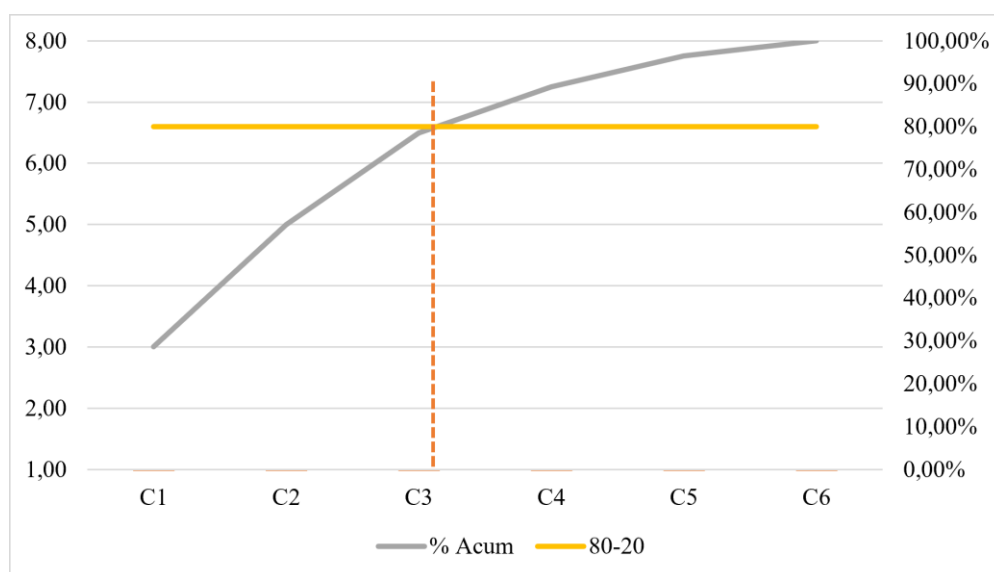
Tabla 1. Principales causas de la baja productividad en la empresa embotelladora

N°	Descripción de la causa	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa acumulada	Clasificación
C1	Máquina de llenado obsoleta	8	28,57%	28,57%	A
C2	Máquina de tapado obsoleta	8	28,57%	57,14%	
C3	Botellas ingresantes defectuosas	6	21,43%	78,57%	B
C4	Falta de mantenimiento preventivo	3	10,71%	89,29%	
C5	Falta de planificación	2	7,14%	96,43%	C
C6	Desorden en el ambiente de trabajo	1	3,57%	100,00%	
		28	100,00%		

Fuente: Empresa embotelladora

Entonces, se elaboró el diagrama de Pareto (Figura 2).

Figura 2. Diagrama de Pareto



Fuente: Empresa embotelladora

En el diagrama de Pareto se puede observar que las principales causas de la baja productividad en la empresa embotelladora de jugo de naranja son: C1 (máquina de llenado obsoleta), C2 (máquina de tapado obsoleta) y C3 (botellas ingresantes defectuosas). Sin embargo, en el presente trabajo de investigación se optó por abarcar solo las causas C1 y C2, que justamente sí pueden ser resueltas empleando el software ProModel.

Para la elaboración del DOP y del flujograma analítico, se presenta un estudio de tiempos (Tabla 2).

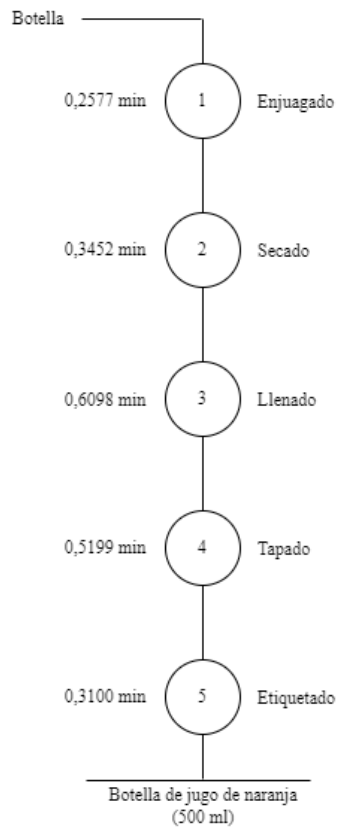
Tabla 2. Estudio de tiempos (en minutos)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom.
Transporte a enjuagado	0,02	0,023	0,023	0,02	0,022	0,023	0,021	0,02	0,021	0,022	0,0215
Enjuagado	0,247	0,261	0,251	0,261	0,252	0,262	0,256	0,256	0,265	0,266	0,2577
Transporte a secado	0,02	0,021	0,021	0,023	0,02	0,021	0,02	0,023	0,023	0,02	0,0212
Secado	0,342	0,342	0,347	0,348	0,347	0,346	0,347	0,347	0,344	0,342	0,3452
Transporte a llenado	0,02	0,021	0,021	0,022	0,022	0,022	0,021	0,022	0,022	0,022	0,0215
Llenado	0,588	0,596	0,636	0,611	0,589	0,588	0,618	0,6	0,631	0,641	0,6098
Transporte a tapado	0,02	0,023	0,021	0,022	0,022	0,02	0,022	0,023	0,022	0,021	0,0220
Tapado	0,507	0,524	0,529	0,505	0,533	0,524	0,51	0,529	0,506	0,532	0,5199
Transporte a etiquetado	0,02	0,021	0,02	0,023	0,022	0,022	0,02	0,021	0,022	0,022	0,0213
Etiquetado	0,3	0,319	0,318	0,311	0,317	0,3	0,295	0,314	0,315	0,311	0,3100
Transporte a almacén	0,06	0,086	0,083	0,082	0,085	0,076	0,084	0,083	0,069	0,075	0,0783

Fuente: Empresa embotelladora

Una vez hallado el promedio de las 10 muestras, se presenta el Diagrama de Operaciones (DOP) del proceso productivo (Figura 3).

Figura 3. DOP del proceso de embotellado



Fuente: Empresa embotelladora

Cabe destacar que, se debe tener en cuenta los traslados del producto entre etapas, por lo que se presenta el flujograma analítico (Figura 4).

Figura 4. Flujograma de análisis del proceso

Diagrama N°1	Hoja N° 1 de 1	Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)
Proceso	Embotellado de agua	Operación	○	5	2,0426
Actividad	Embotellado de jugo de naranja	Transporte	→	6	0,1858
Método	Actual	Espera	D	0	0
Lugar	Área de producción	Inspección	□	0	0
		Almacenar	▽	1	0
Total				12	2,2284

Descripción	Tiempo (min)	○	→	D	□	▽
Transporte a enjuagado	0,0215					
Enjuagado	0,2577	●				
Transporte a secado	0,0212					
Secado	0,3452	●				
Transporte a llenado	0,0215					
Llenado	0,6098	●				
Transporte a tapado	0,0220					
Tapado	0,5199	●				
Transporte a etiquetado	0,0213					
Etiquetado	0,3100	●				
Transporte a almacén	0,0783					
Almacén	-					●

Fuente: Empresa embotelladora

Como se observa, para obtener una botella de 500 ml de jugo de naranja, se tiene un tiempo total de 2,2284 min; donde se aprecia que la etapa que más demora es el llenado con 0,6098 min; siendo el cuello de botella del proceso. Por ende, se calculó la producción diaria teniendo en cuenta que se trabaja 7 horas con 30 minutos.

$$\text{Producción} = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{cuello de botella}}$$

$$\text{Producción} = \frac{450 \text{ min/día}}{0,6098 \text{ min/botellas}} = 737,95 \text{ botellas/día}$$

$$\text{Producción} \approx 738 \text{ botellas/día}$$

Una vez hallada la producción diaria, se simuló el proceso actual en el software ProModel con la finalidad de examinar si la producción arrojada por el software es similar.

Figura 5. Simulación en ProModel



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Arribos

Entidad...	Locación...	Cant. por Arribo...	Primera Vez...	Ocurrencias	Frecuencia
Botella	Llegada_de_botellas	200	0	inf	E(100)min

Fuente: ProModel

Según la Figura 6, se estableció que arriban 200 botellas cada 100 minutos para que en los resultados se pueda analizar con base a 1000 botellas ingresantes.

Figura 7. Locaciones

Icono	Nombre	Cap.	Unidades	TMs...	Estadist	Reglas...
	Llegada_de_botellas	1000	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo
	Enjuagado	1	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo
	Secado	1	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo
	Llenado	1	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo
	Tapado	1	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo
	Etiquetado	1	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo
	Almacén	1	1	Ninguna	Series de tiempo	Más Tiempo

Fuente: ProModel

Como se observa en la Figura 7, se consideró que la capacidad de la locación “llegada de botellas” es 1000, puesto que dicha cantidad es la demanda diaria de botellas de jugo de naranja.

Figura 8. Entidades

Icono	Nombre	Velocidad (Ppm)	Estadist
	Botella	150	Series de tiempo
	Botella_lavada	150	Series de tiempo
	Botella_secada	150	Series de tiempo
	Botella_llenada	150	Series de tiempo
	Botella_tapada	150	Series de tiempo
	Botella_etiquetada	150	Series de tiempo
	Botella_almacenada	150	Series de tiempo

Fuente: ProModel

Según el proceso de embotellado de jugo de naranja, en la Figura 8 se observa que se establecieron un total de 7 entidades.

Entonces, para la simulación inicial se tomaron en cuenta los datos obtenidos en el estudio de tiempo (Tabla 2), donde las 10 muestras fueron colocadas en la herramienta Statfit de ProModel con la finalidad de hallar la distribución con mayor rank. Dichas distribuciones se encuentran en el Anexo 1.

Posteriormente, se simuló por 7 horas con 30 minutos, el cual es el horario de trabajo. Con base en ello, el único resultado para comparar con el flujograma analítico es la del resumen de variables, como se muestra a continuación.

Figura 9. Resumen de variables

Variable Resumen						
Nombre	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Min)	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Actual	Valor Promedio
VNBotellas ingresantes	1,000.00	0.45	0.00	1,000.00	1,000.00	551.92
VNBotellas lavadas	714.00	0.63	0.00	714.00	714.00	357.34
VNBotellas secadas	713.00	0.63	0.00	713.00	713.00	356.35
VNBotellas llenadas	712.00	0.63	0.00	712.00	712.00	355.35
VNBotellas tapadas	711.00	0.63	0.00	711.00	711.00	354.49
VNBotellas etiquetadas	710.00	0.63	0.00	710.00	710.00	353.88
VNBotellas almacenadas	710.00	0.63	0.00	710.00	710.00	353.88

Fuente: ProModel

En la Figura 9 se puede apreciar que, de las 1000 botellas ingresantes en la jornada laboral diaria, 714 fueron lavadas, 713 secadas, 712 llenadas, 711 tapadas, 710 etiquetadas y

710 almacenadas. Asimismo, en el cálculo efectuado con el flujograma analítico se obtuvo que la producción fue de 738 botellas; valor muy cercano a la cifra de 710 botellas obtenidas mediante el software ProModel, evidenciando una cercanía del 96,21%. Cabe mencionar que como indicador de producción inicial se tomó el arrojado por ProModel.

Figura 10. Locación Estados (Indiv. Cap)

Locación Estados (Indiv. Cap)							
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% Operación	% Configuración	% Inactivo	% Esperando	% Bloqueado	% Down
Enjuagado	7.50	41.01	0.00	3.40	0.01	55.58	0.00
Secado	7.50	54.71	0.00	3.42	0.00	41.87	0.00
Llenado	7.50	96.46	0.00	3.54	0.00	0.00	0.00
Tapado	7.50	82.32	0.00	17.68	0.00	0.00	0.00
Etiquetado	7.50	48.95	0.00	51.05	0.00	0.00	0.00
Almacén	7.50	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: ProModel

Por su parte, en la Figura 10 se observa que la máquina de llenado tiene un exceso de trabajo del 96,46%, y está bloqueando a la máquina de secado, la cual tiene un bloqueo del 41,87%; es decir, la etapa de llenado es el cuello de botella, justamente como se evidenció en el flujograma analítico.

#### *Productividad de maquinaria*

A continuación, se presenta el registro de productividad de maquinaria en el año 2022 de la empresa en estudio.

Tabla 3. Productividad de maquinaria (2022)

Mes	Días trabajados (a)	Horas por día	Horas totales	Producción (botellas/mes) (b)	N° de máquinas (c)	Productividad de	% de variación con respecto a Ene - 22
						maquinaria (botellas/día - máquina) (b/a)/c	
Ene-22	26	7,5	195	18 928	5	145,60	0,00%
Feb-22	26	7,5	195	18 876	5	145,20	-0,27%
Mar-22	26	7,5	195	18 824	5	144,80	-0,55%
Abr-22	26	7,5	195	18 642	5	143,40	-1,51%
May-22	26	7,5	195	18 590	5	143,00	-1,79%
Jun-22	26	7,5	195	18 460	5	142,00	-2,47%
Jul-22	26	7,5	195	18 408	5	141,60	-2,75%
Ago-22	26	7,5	195	18 330	5	141,00	-3,16%
Set-22	26	7,5	195	18 252	5	140,40	-3,57%
Oct-22	26	7,5	195	18 200	5	140,00	-3,85%
Nov-22	26	7,5	195	18 070	5	139,00	-4,53%
Dic-22	26	7,5	195	17 940	5	138,00	-5,22%
	312	7,5	2 340	221 520	5	142,00	

Fuente: Empresa embotelladora

Como se evidencia, en el año 2022 la productividad de maquinaria fue de 142,00 botellas/día - máquina con una disminución de 5,22% en diciembre con respecto a enero.

A modo de comparación, cabe recordar que en el software ProModel la producción diaria fue de 710 botellas, entonces se calculó la productividad de maquinaria:

$$\text{Productividad de maquinaria} = \frac{710 \text{ botellas/día}}{5 \text{ máquinas}} = 142 \frac{\text{botellas}}{\text{día} - \text{máquina}}$$

Como se observa, la productividad ente el registro de la empresa y el software ProModel es la misma, con un 100% de coincidencia.

### *Resumen de indicadores*

Con base en el diagnóstico de la situación del proceso de embotellado, se presenta el resumen de indicadores hallados.

Tabla 4. Resumen de indicadores

Indicador	Valor
Cuello de botella	Llenado (0,6098 min)
Producción	710 botellas/día
Productividad de maquinaria	142,00 botellas/día - máquina


Fuente: Empresa embotelladora

### *Diseño de la mejora del proceso de embotellado de jugo de naranja*

Como se observó en el diagnóstico, las principales causas de la baja productividad son: C1 (máquina de llenado obsoleta) y C2 (máquina de tapado obsoleta). En función de eso, en el flujograma analítico justamente se apreció que efectivamente las etapas de llenado (0,6098 min) y tapado (0,5199 min) son las que más demoran; siendo la primera el cuello de botella.

Entonces, como propuesta de mejora se plantea sustituir la máquina de llenado y la máquina de tapado por una sola máquina automatizada que realice ambas funciones a la vez. La selección de dicha máquina fue tomando en cuenta la capacidad de la línea; puesto que no se puede adquirir una máquina con una enorme capacidad si la planta no lo requiere, ya que lo que se busca es minimizar costos. Por dicha razón, se propone la máquina de llenado y tapado de botellas de mesa giratoria con alimentador de tapas del modelo TFC – 01, cuyos parámetros técnicos se muestran a continuación.

Tabla 5. Parámetros técnicos de la máquina automatizada de llenado y tapado TFC – 01

Imagen referencial	
	
Modelo	TFC-01
Capacidad	10 - 100 ml, 25 - 250 ml, 50 - 500 ml (se puede hacer según su pedido)
Velocidad	20 – 30 botellas por minuto (dentro de 10 – 100 ml)
Precisión	<+0.5%
Fuente de alimentación	220 V/50 Hz
Tamaño (largo x ancho x alto)	1000*1000*1200 mm
Peso	200 kg

Fuente: [27]

En la Tabla 5 se observa que la máquina de llenado y tapado TFC – 01 tiene una capacidad de botellas de 10 a 500 ml. Por ende, la empresa en estudio sí puede emplear esta máquina ya que el jugo de naranja se embotella en 500 ml. De igual manera, se aprecia que la velocidad de llenado y tapado es 20 – 30 botellas por minuto; es decir, entre 2 y 3 segundos por botella (considerando la medida de 100 ml). Sin embargo, como se está trabajando con botellas de 500 ml, se estima que se llenarán y tapanán 4 – 6 botellas por minuto; es decir, entre 10 y 15 segundos por botella (o entre 0,1667 minutos y 0,25 minutos por botella). Teniendo como premisa ello, se establecieron valores aleatorios entre ambos tiempos para hallar la nueva distribución por medio de la herramienta Statfit.

Tabla 6. Distribución de llenado y tapado

Llenado y tapado	
N°	Tiempo
1	0.2180
2	0.2280
3	0.1870
4	0.2050
5	0.2210
6	0.2140
7	0.2090
8	0.2380
9	0.1930
10	0.2220

Distribución N (0.214,0.0147) min

Fuente: Statfit

Habiendo hallado la distribución de la operación de llenado y tapado se procedió a elaborar el nuevo diseño, teniendo en cuenta que la principal diferencia con la situación inicial es que las máquinas de llenado y tapado fueron reemplazadas por la máquina propuesta que realiza ambas funciones a la vez; además, el tiempo de traslado que existía inicialmente entre el llenado y tapado se eliminó completamente, ya que dichas operaciones se realizarán en el mismo lugar. Finalmente, se estableció que arriban 200 botellas cada 105 minutos para que los resultados se puedan analizar con base a 1000 botellas ingresantes y así poder comparar los resultados con la situación inicial.

Figura 11. Simulación de la mejora



Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Resumen de variables

Nombre	Variable Resumen					
	Total Cambios	Tiempo Por cambio Promedio (Min)	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Actual	Valor Promedio
VNBotellas ingresantes	1,000.00	0.39	0.00	1,000.00	1,000.00	654.13
VNBotellas lavadas	960.00	0.47	0.00	960.00	960.00	519.42
VNBotellas secadas	959.00	0.47	0.00	959.00	959.00	518.64
VNBotellas llenadas y tapadas	958.00	0.47	0.00	958.00	958.00	518.14
VNBotellas etiquetadas	957.00	0.47	0.00	957.00	957.00	517.31
VNBotellas almacenadas	957.00	0.47	0.00	957.00	957.00	517.31

Fuente: ProModel

Al igual que en la situación inicial, se simuló por 7 horas con 30 minutos, el cual es el horario de trabajo. Como se aprecia en la Figura 12, de las 1000 botellas ingresantes, 960 fueron lavadas, 959 secadas, 958 llenadas y tapadas, 957 etiquetadas y 957 almacenadas. Es decir, se produjeron 957 botellas al finalizar el día, evidenciando un aumento en la producción, ya que en la situación inicial se produjeron 710 botellas de las 1000 ingresantes.

Figura 13. Locación Estados (Indiv. Cap)

Locación Estados (Indiv. Cap)							
Nombre	Tiempo Programado (Hr)	% Operación	% Configuración	% Inactivo	% Esperando	% Bloqueado	% Down
Enjuagado	7.50	55.10	0.00	26.49	0.00	18.41	0.00
Secado	7.50	73.57	0.00	26.43	0.00	0.00	0.00
Llenado y tapado	7.50	45.46	0.00	54.43	0.00	0.11	0.00
Etiquetado	7.50	66.00	0.00	34.00	0.00	0.00	0.00
Almacén	7.50	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: ProModel

Ahora, según la Figura 13, se observa que la etapa de llenado dejó de ser el cuello de botella. Con la mejora se evidencia que la máquina de secado tiene un exceso de trabajo del 73,57%, y está bloqueando a la máquina de enjuagado, la cual tiene un bloqueo del 18,41%; es decir, la etapa de secado es el nuevo cuello de botella. Teniendo como premisa ello, en el Anexo 2 se hallaron las nuevas distribuciones de los tiempos, donde se muestra que el secado tiene un tiempo de 0,345 minutos; siendo este tiempo el más extenso; justificando esta etapa como nuevo cuello de botella.

#### *Nueva producción*

Por medio del resumen de variables mostrado anteriormente en la Figura 12, se obtuvo la nueva producción.

$$\text{Producción} = 957 \text{ botellas/día}$$

#### *Nueva productividad de maquinaria*

En la situación inicial se contaba con 5 máquinas (enjuagadora, secadora, llenadora, tapadora y etiquetadora). Sin embargo, ahora se cuentan con 4 máquinas, ya que se propuso la máquina que realiza las funciones de llenado y tapado a la vez. A partir de eso, se calculó la nueva productividad de maquinaria, teniendo en cuenta que la producción también aumentó.

$$\text{Productividad maquinaria} = \frac{957 \text{ botellas/día}}{4 \text{ máquinas}}$$

$$\text{Productividad maquinaria} = 239,25 \frac{\text{botellas}}{\text{día} - \text{máquina}}$$

*Cuadro comparativo de indicadores*

Tabla 7. Comparación de indicadores

Indicador	Situación inicial	Situación con la mejora	Variación porcentual
Cuello de botella	Llenado (0,6098 min)	Secado (0,3450 min)	<b>-50,07%</b>
Producción	710 botellas/día	957 botellas/día	<b>34,79%</b>
Productividad de maquinaria	142 botellas/día - máquina	239,25 botellas/día - máquina	<b>68,49%</b>

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia, el nuevo cuello de botella pasó a ser la etapa de secado con 0,3450 min) evidenciando una disminución del 50,07%, ya que inicialmente el cuello de botella estaba representado por la etapa de llenado con 0,6098 min. Además, con base en 1000 botellas ingresantes, en la situación inicial se produjeron 710 botellas/día, y con la propuesta de mejora mediante el software ProModel se producen 957 botellas/día; evidenciando así un aumento del 34,79% en la producción.

Por otro lado, con base en 1000 botellas ingresantes, en la situación inicial se tuvo una productividad de maquinaria de 142 botellas/día - máquina, y con la propuesta de mejora mediante el software ProModel se tiene una productividad de maquinaria de 239,25 botellas/día – máquina; lográndose un aumento del 68,49%.

*Relación beneficio - costo del diseño de la mejora del proceso de embotellado*

Para el cálculo de la relación beneficio - costo, se observó que en la situación inicial se produjeron 710 botellas/día y con la propuesta mediante el software ProModel se espera producir 957 botellas/día. Con base en ello, se obtuvo un aumento de 247 botellas al día. Entonces, se establece que cada mes se producen 6 422 botellas (247 botellas/día \* 26 días al mes). Asimismo, el precio por botella de jugo de naranja de 500 ml. es de S/ 1,20. Por otra parte, en lo que respecta a los egresos, se consideró el costo de la máquina de llenado y tapado propuesta; y el costo de producción, cuyo monto fue S/ 3 852,20 (S/ 0,6 por botella \* 6 422 botellas). En adición, se estableció un porcentaje de imprevistos del 5%. Finalmente, cabe destacar que se espera una TMAR (Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento) del 16%, y con base en ello se halló el indicador beneficio – costo.

Todo lo expuesto se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Flujo de caja económico

Ítems	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b><u>INGRESOS</u></b>													
Unidades		6 422	6 422	6 422	6 422	6 422	6 422	6 422	6 422	6 422	6 422	6 422	6 422
Precio unitario		S/ 1,50	S/ 1,50	S/ 1,50	S/ 1,50	S/ 1,50	S/ 1,50	S/ 1,50	S/ 1,50	S/ 1,50	S/ 1,50	S/ 1,50	S/ 1,50
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>S/ 9 633,00</b>	<b>S/ 9 633,00</b>	<b>S/ 9 633,00</b>	<b>S/ 9 633,00</b>	<b>S/ 9 633,00</b>	<b>S/ 9 633,00</b>	<b>S/ 9 633,00</b>	<b>S/ 9 633,00</b>	<b>S/ 9 633,00</b>	<b>S/ 9 633,00</b>	<b>S/ 9 633,00</b>	<b>S/ 9 633,00</b>
<b><u>EGRESOS</u></b>													
Máquina de llenado y tapado	S/ 15 000,00												
Costos de producción		S/ 3 853,20	S/ 3 853,20	S/ 3 853,20	S/ 3 853,20	S/ 3 853,20	S/ 3 853,20	S/ 3 853,20	S/ 3 853,20	S/ 3 853,20	S/ 3 853,20	S/ 3 853,20	S/ 3 853,20
Imprevistos (5%)	S/ 750,00												
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>S/ 15 750,00</b>	<b>S/ 3 853,20</b>	<b>S/ 3 853,20</b>	<b>S/ 3 853,20</b>	<b>S/ 3 853,20</b>	<b>S/ 3 853,20</b>	<b>S/ 3 853,20</b>	<b>S/ 3 853,20</b>	<b>S/ 3 853,20</b>	<b>S/ 3 853,20</b>	<b>S/ 3 853,20</b>	<b>S/ 3 853,20</b>	<b>S/ 3 853,20</b>
<b>FLUJO DE FONDOS</b>	<b>-S/ 15 750,00</b>	<b>S/ 5 779,80</b>	<b>S/ 5 779,80</b>	<b>S/ 5 779,80</b>	<b>S/ 5 779,80</b>	<b>S/ 5 779,80</b>	<b>S/ 5 779,80</b>	<b>S/ 5 779,80</b>	<b>S/ 5 779,80</b>	<b>S/ 5 779,80</b>	<b>S/ 5 779,80</b>	<b>S/ 5 779,80</b>	<b>S/ 5 779,80</b>

Para el cálculo del beneficio – costo se usó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{VAN(TMAR; ingresos mes 1 a mes 12)}}{\text{VAN(TMAR; egresos mes 1 a mes 12) + egresos mes 0}}$$

TMAR		16%
Indicador	Resultado	Análisis
b/c	1,40	Sí es viable, porque b/c > 1.05

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, el diseño de la propuesta de mejora del proceso de embotellado de jugo de naranja en la empresa de bebidas tiene un beneficio – costo de 1,40; siendo viable ya que dicho valor es superior a 1,05.

## Discusión de resultados

En el diagnóstico se observó que el cuello de botella estaba representado por la etapa de llenado con 0,6098 minutos y con el diseño de la mejora el cuello de botella pasó a ser la etapa de secado con 0,3450 minutos, mostrando una disminución del 50,07%; con base en eso, en [16] se obtuvo que el cuello de botella se redujo en un 33,33%; en [19] se redujo en un 7%; y en [21] se redujo en un 32%. Las tres investigaciones evidenciaron una disminución del cuello de botella en menor porcentaje al hallado en la empresa en estudio, mostrando que el diseño de la propuesta mediante el software ProModel resultó ser más factible.

De igual manera, en la empresa en estudio se evidenció un incremento en la producción del 34,79%; mientras que, en [16] se observó un aumento del 54,03% (empleando el software Arena). Dicho valor fue superior debido a que se realizaron un conjunto de propuestas de mejora; tales como un mapeo de procesos, estudio de tiempos y elaboración de un plan de mantenimiento. Asimismo, en [17] la producción aumentó en un 23,85% y en [19] tan solo en un 2%; ambos valores inferiores al hallado en la empresa en estudio; básicamente porque las propuestas de balance de línea y rediseño de planta que propusieron dichos autores no fueron tan significantes. Por otro lado, en la empresa en estudio se observó que la productividad de maquinaria aumentó en un 68,49%; mientras que, en [13], cuya propuesta fue capacitar a los operarios y aumentar la capacidad de la llenadora, la productividad de maquinaria aumentó en un 15,53%; y en [15], cuya propuesta fue emplear una máquina de sellado semiautomática, aumentó en un 4%. Además, tanto en [21] como en [22] la propuesta de mejora fue implementar una máquina de etiquetado y empaquetado semiautomática y se simuló la mejora en el software ProModel, obteniendo un aumento en la productividad de maquinaria del 25,37% y 16,71% respectivamente. Como se observa, todas las investigaciones anteriormente expuestas evidenciaron un incremento de la productividad inferior al obtenido en la empresa en estudio; sin embargo; en [17], el aumento de la productividad fue del 76,92% (valor superior al hallado) puesto que se aplicó el just in time.

Finalmente, en lo que concierne al beneficio – costo del diseño propuesto; en la empresa en estudio se obtuvo un valor de 1,40; mientras que en [17] se obtuvo un b/c de 1,28 y en [22] un b/c de 1,26; demostrando así que el diseño de la propuesta de mejora aplicando el software ProModel en la empresa en estudio tuvo mayores beneficios que costos.

## **Conclusiones y recomendaciones**

### **Conclusiones**

El diseño de la mejora del proceso de embotellado de jugo de naranja aplicando el software ProModel permitió reducir el cuello de botella en un 50,07%, incrementar la producción en un 34,79% y aumentar la productividad de maquinaria en un 68,49%. Con base en ello, se destacó la importancia del software ProModel para simular la mejora del proceso y su implicancia proporcionó un enfoque a la empresa en estudio para abordar los problemas de la baja productividad.

Se diagnosticó el proceso de embotellado y la productividad de la empresa en estudio, donde se observó que los principales problemas de la baja productividad era la obsolescencia de las máquinas de llenado y tapado con una frecuencia relativa acumulada del 57,14%. Asimismo, se observó como cuello de botella la etapa de llenado con un tiempo de 0,6098 minutos. Además, se evidenció una producción de 710 botellas/día y una productividad de maquinaria de 142 botellas/día – máquina; indicadores que no permitían atender la demanda diaria correspondiente a 1000 botellas/día. Es así como, el diagnóstico resaltó la importancia de realizar una evaluación exhaustiva de la productividad antes de proponer el diseño de la mejora.

Se diseñó la mejora del proceso de embotellado de jugo de naranja mediante el software ProModel, basado en el reemplazo de las máquinas de llenado y tapado por una sola máquina automatizada caracterizada por realizar ambas funciones a la vez, lo cual permitió la reducción del cuello de botella en un 50,07%. Además, se evidenció un aumento del 34,79% en la producción y un incremento del 68,49% en la productividad de maquinaria. Cabe mencionar que la simulación brindó datos cuantitativos lo más cercanos a la realidad y ofreció un enfoque tanto práctico como aplicable que puede implementarse en la empresa.

El diseño de la mejora del proceso de embotellado aplicando el software ProModel tuvo un beneficio – costo de 1,40; demostrando que los beneficios económicos superaron los costos asociados.

### **Recomendaciones**

En vista de que el diseño de la mejora del proceso mostró el secado como nuevo cuello de botella con 0,3450 min, se recomienda buscar una solución para disminuir dicho tiempo, como un plan de mantenimiento preventivo para garantizar el buen funcionamiento de la máquina de secado, o también optar por el reemplazo de la misma.

## Referencias

- [1] I. Restrepo, «Programa de formación exportadora iniciativa cluster cítricos,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.camaramedellin.com.co/DesktopModules/EasyDNNNews/DocumentDownload.ashx?portalid=0&moduleid=569&articleid=1279&documentid=963>. [Último acceso: 23 mayo 2023].
- [2] Federación Argentina del Citrus, «FAO: 80% de las naranjas del mundo se usan para jugos y extractos,» 7 octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.federacitrus.org/fao-80-de-las-naranjas-del-mundo-se-usan-para-jugos-y-extractos/>. [Último acceso: 23 mayo 2023].
- [3] C. E. Orrego, N. Salgado y M. S. Díaz, «Productividad y competitividad frutícola andina,» 2020. [En línea]. Available: [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111\\_-\\_Producto\\_9.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16111_-_Producto_9.pdf). [Último acceso: 23 mayo 2023].
- [4] E. G. Desimavilla Espinoza, «Propuesta metodológica DMAIC para la disminución de defectos en el proceso de envasado de agua en una industria de bebidas,» 2021. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21464/1/UPS-GT003543.pdf>. [Último acceso: 23 mayo 2023].
- [5] La Cámara, Revista digital de la Cámara de Comercio de Lima, «Oportunidades comerciales de frutas cítricas en el mundo,» 21 marzo 2021. [En línea]. Available: <https://lacamara.pe/oportunidades-comerciales-de-frutas-citricas-en-el-mundo/>. [Último acceso: 23 mayo 2023].
- [6] J. Llontop Jesús, G. E. Viacava Campos y M. I. Málaga Lasanta, «Propuesta de mejora del proceso de producción en una planta embotelladora de productos de consumo masivo mediante técnicas Lean,» 15 junio 2018. [En línea]. Available: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624509/Llontop.J-Viacava.G-M%C3%A1laga.M.I..pdf?sequence=5&isAllowed=y>. [Último acceso: 23 mayo 2023].
- [7] F. García Jacobo, «Diseño de un modelo de simulación de eventos discretos, para la mejora en la línea de producción de tejido industrial sección C, en la empresa Guante Internacionales,» junio 2020. [En línea]. Available:

- <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/411/1/GarciaJacobFelipe%20MMANAV%202020.pdf>. [Último acceso: 23 mayo 2023].
- [8] E. García Dunna, H. García Reyes y L. E. Cárdenas Barrón, *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*, México: Pearson, 2013.
- [9] Instituto uruguayo de Normas Técnicas, *Herramientas para la mejora de la calidad*, Uruguay: UNIT, 2009.
- [10] M. J. Romero, «Guía de laboratorio Ingeniería de métodos,» abril 2017. [En línea]. Available:  
[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/3344/4/DO\\_FIN\\_108\\_GL\\_A0244\\_2018.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/3344/4/DO_FIN_108_GL_A0244_2018.pdf). [Último acceso: 22 junio 2023].
- [11] Universidad Privada del Norte, «¿Qué es un cuello de botella en el proceso de producción?,» 14 noviembre 2016. [En línea]. Available:  
<https://blogs.upn.edu.pe/ingenieria/2016/11/14/que-es-un-cuello-de-botella-en-el-proceso-de-produccion/>. [Último acceso: 21 junio 2023].
- [12] G. A. Bocángel Weydert, C. W. Rosas Echevarría, G. A. Bocángel Marin, R. S. Perales Flores y J. R. Hilario Cardenas, «Ingeniería Industrial: Ingeniería de métodos I,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.unheval.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2021/09/LIBRO-INGENIERIA-DE-METODOS-I.pdf>. [Último acceso: 23 mayo 2023].
- [13] M. Judith y P. Anup, «Productivity Improvement at a Soft Drink Manufacturing Company: A Case Study,» *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, pp. 1171-1178, 2020.
- [14] K. P. Rakesh, C. Jatinder, C. Tushar y K. Akash, «Improvements in Production Line Using ProModel© Simulation Software: A Case Study of Beer Beverage Company in India,» *Advances in Industrial and Production Engineering*, pp. 9-21, 2021.
- [15] 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.
- [16] D. Gelete Oljira, T. Garoma Abeya, G. Ofgera y M. Gopal, «Manufacturing system modeling and performance analysis of mineral water production line using Arena simulation,» *International Journal of Engineering and Advance Technology*, vol. 9, pp. 312-317, Junio 2020.

- [17] C. Cieza Carrasco, «Propueta de mejora del proceso productivo para satisfacer la demanda en la empresa Agua y Servicios y Derivados SAC mediante herramientas de lean manufacturing,» 2019. [En línea]. Available: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2417/1/TL\\_CiezaCarrascoCinthy.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2417/1/TL_CiezaCarrascoCinthy.pdf). [Último acceso: 18 mayo 2023].
- [18] L. E. Muñoz Gastolomendo y H. E. Terán Bacón, «Propuesta de Mejora en los Procesos de Producción en Agua de Mesa la Bendición; para Incrementar la Productividad en la Cooperativa Granja Porcón - Cajamarca,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22444/Mu%c3%bluz%20Gastolomendo%20Luz%20Esther%20Lita%20-%20Ter%c3%aln%20Bac%c3%bn%20Hortencia%20Esther.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 23 mayo 2023].
- [19] G. M. Horna Inga, «Mejora en la línea de producción de bebidas gasificadas de una embotelladora para disminuir las pérdidas económicas por desperdicios,» 2019. [En línea]. Available: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2541/1/TL\\_HornaIngaGraciela.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2541/1/TL_HornaIngaGraciela.pdf). [Último acceso: 18 mayo 2023].
- [20] S. d. R. Tavera Cumpa, «Rediseño del proceso productivo en el área de embotellado de una empresa mediante la simulación para incrementar la productividad,» 2022. [En línea]. Available: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5880/1/TIB\\_TaveraCumpaSuzetty.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5880/1/TIB_TaveraCumpaSuzetty.pdf). [Último acceso: 18 mayo 2023].
- [21] D. A. Villegas Castañeda, «Rediseño de la línea de envasado en gaseosas para incrementar la productividad en una empresa embotelladora,» 2022. [En línea]. Available: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5569/1/TIB\\_VillegasCasta%C3%B1edaDiego.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5569/1/TIB_VillegasCasta%C3%B1edaDiego.pdf). [Último acceso: 18 mayo 2023].
- [22] A. Cruz Llamo, «Propuesta de un modelo de simulación del sistema productivo de néctar para mejorar la productividad de una empresa néctares,» 2022. [En línea]. Available: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5613/1/TIB\\_CruzLlamoAgustin.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5613/1/TIB_CruzLlamoAgustin.pdf). [Último acceso: 18 mayo 2023].

- [23] D. D. Burgasí Delgado, D. V. Cobo Panchi, K. T. Pérez Salazar, R. L. Pilacuan Pinos y M. B. Rocha Guano, «The Ishikawa diagram as a quality tool in education. A review of the last 7 years: literature review,» enero 2021. [En línea]. Available: [https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA\\_FINAL-PDF.pdf](https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf). [Último acceso: 20 junio 2023].
- [24] C. A. Pulla Morocho, «Gestión de inventarios a través de la clasificación ABC a empresas dedicadas a la venta de materiales de construcción,» 15 setiembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.eumed.net/rev/oel/2020/07/inventarios-abc.pdf>. [Último acceso: 20 junio 2023].
- [25] E. Garro, 7 herramientas de calidad, Costa Rica, 2017.
- [26] E. García Dunna, H. García Reyes y L. Cárdenas Barrón, Simulación y análisis de sistemas con ProModel, México: Pearson, 2013.
- [27] Guangzhou CX Industrial Ltd, «Máquina de llenado y tapado de botellas de mesa giratoria con alimentador de tapas,» [En línea]. Available: <http://www.fillingmachinefactory.com/rotary-filling-and-capping-machine/rotary-table-bottle-filling-and-cappi.html>. [Último acceso: 2023 julio 4].
- [28] J. A. Acosta Villa y M. P. de la LLave, Ingeniería económica, México: Red IBAI, 2021.

## Anexos

### Anexo 1. Distribución de tiempos inicial

Transporte a enjuagado	N (0.0215,0.0012) min
Enjuagado	N (0.258,0.006) min
Transporte a secado	N (0.0212,0.00125) min
Secado	N (0.345,0.00232) min
Transporte a llenado	N (0.0215,0.000671) min
Llenado	N (0.61,0.0196) min
Transporte a tapado	N (0.0216,0.00102) min
Tapado	N (0.52,0.0109) min
Transporte a etiquetado	N (0.0213,0.001) min
Etiquetado	N (0.31,0.00814) min
Transporte a almacén	N (0.0783,0.00795) min

### Anexo 2. Distribución de tiempos con el diseño de la mejora

Transporte a enjuagado	N (0.0215,0.0012) min
Enjuagado	N (0.258,0.006) min
Transporte a secado	N (0.0212,0.00125) min
Secado	N (0.345,0.00232) min
Transporte a llenado y tapado	N (0.0215,0.000671) min
Llenado y tapado	N (0.214,0.0147) min
Transporte a etiquetado	N (0.0213,0.001) min
Etiquetado	N (0.31,0.00814) min
Transporte a almacén	N (0.0783,0.00795) min