

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



**Rediseño del proceso productivo en el área de embotellado de una empresa  
mediante la simulación para incrementar la productividad**

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

**AUTOR**

**Suzetty del Rocio Tavera Cumpa**

**ASESOR**

**Marco Gregorio Baca Lopez**

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

**Chiclayo, 2022**

## ARTÍCULO DE BALANCE DE LÍNEA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>12%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>12%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>2%</b> PUBLICACIONES	<b>5%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.utp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>es.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>revistas.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>4</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>Marco teórico.....</b>	<b>7</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>10</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>10</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>20</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>22</b>

## Resumen

La empresa, está dedicada a la producción de agua de mesa en dos presentaciones, bidones de 20 litros y botellas de 625 que son empaquetadas en paquetes de 15 botellas ha tenido una creciente demanda dentro de los años 2010 al 2014; sin embargo, debido al cambio de gerente, surgieron problemas como la ausencia de estandarización de su proceso productivo en el área de embotellado, movimientos ineficiente por parte de los operarios, fatiga de los mismos y sobrecarga, trabajo monótono, falta de procedimientos para llevar a cabo las actividades, entre otros han repercutido en la baja productividad de la empresa.

La presente investigación tiene por objetivo rediseñar el proceso productivo en el área de embotellado; la metodología seguida consistió en diagnosticar la situación en la que se encontraba la empresa, a través de la herramienta de Pareto, identificándose que el sub proceso de llenado y tapado tuvo un tiempo de ciclo de 3,77 minutos; posteriormente con el estudio de tiempos se recalculó el nuevo tiempo de ciclo, y tiempo estándar, posteriormente se calculó la eficiencia, producción y productividad señalando que, tras la aplicación de la mejora, la eficiencia obtuvo un valor del 91,71%, calculándose también que se requiere de 4 operarios en total, y que la etapa de embotellamiento debe de contar solo con 3 estaciones; siendo de esta manera que la producción en paquetes supera en 603 paquetes/mes a la versión anterior y por ende, la productividad incrementó a 36 paquetes/ h – h.

**Palabras claves:** Estudio de tiempos, balanceo de línea, productividad, eficiencia, producción.

### **Abstract**

The company is dedicated to the production of table water in two presentations, 20-liter drums and 625 bottles that are packaged in packages of 15 bottles. It has had an increasing demand between 2010 and 2014; however, due to the change of manager, problems arose such as the lack of standardization of its production process in the bottling area, inefficient movements by the operators, their fatigue and overload, monotonous work, lack of procedures to carry out activities, among others have had an impact on the low productivity of the company.

The objective of this investigation is to redesign the production process in the bottling area; The methodology followed consisted of diagnosing the situation in which the company was, through the Pareto tool, identifying that the filling and capping sub-process had a cycle time of 3,77 minutes; Subsequently, with the study of times, the new cycle time and standard time were recalculated, later the efficiency, production and productivity were calculated, noting that, after the application of the improvement, the efficiency obtained a value of 91,71%, also calculating that a total of 4 operators are required, and that the bottling stage should only have 3 stations; being in this way that the production in packages exceeds the previous version by 603 packages/month and therefore, productivity increased to 36 packages/h – h.

**Keywords:** Time study, line balancing, productivity, efficiency, production.

## Introducción

El estudio de movimientos ha sido una técnica no muy valorada; sin embargo, esta es utilizada para conseguir trabajo más eficiente y eficaz; dirigido a la mejora de productividad [1]. Según Taylor citado en la investigación de Bravo *et al.* [2] indica que la aplicación de esta técnica supone establecer tiempos estándar permitidos en un proceso en función a la toma de estos, para ello se considera la fatiga, tolerancias, demoras y retrasos de índole inevitable; cabe mencionar que el objeto de estudio recae en la reducción de tiempos o elementos que afectan la productividad, calidad y seguridad en la producción [3]. Esta última premisa, señala que la productividad es medida por el grado de eficiencia con la que se emplean los recursos, estos generalmente son humanos, materiales e insumos, entre otros; con la finalidad de alcanzar un objetivo en específico [3].

La empresa tomada como referencia de la investigación de Bermudez y Villanueva [4] se dedica a la purificación, embotellado y comercialización de agua de mesa. Actualmente la empresa se ha visto afectada debido a la falta de tiempos estándares que tiene cada etapa y el exceso de movimientos, cabe mencionar que la empresa operaba con dos operarios que manejaban todo el proceso productivo; de esta manera se ha manifestado una baja en el volumen de producción y por ende de la productividad. El área de embotellado cuenta con seis etapas; iniciando por el soplado, siendo un proceso manual, la máquina cuenta con una capacidad de 2 botellas cada 15 segundos; llenado y tapado, son procesos consecutivos, siendo semi manuales y se llenan y tapan según la presentación (bidón de 20 litros y botellas de 650 ml) teniendo una producción promedio de 480 botellas/hora para la segunda presentación; etiquetado, según se indica se encontró entre 200 y 250 paquetes; empaquetado y almacenado.

Cabe señalar que el área de embotellado, los procesos en su mayoría son manuales, semimanuales y semiautomáticos; identificándose cansancio entre los operarios, así como fatiga debido a la sobre carga de trabajo, transporte de botellas de estación a estación repercutiendo en el incremento de movimientos innecesarios viéndose afectada la productividad y costos innecesarios que se asumen por no cubrir con la demanda. Por lo tanto, ante lo expuesto cabe hacer la pregunta de investigación ¿De qué manera incide el rediseño del proceso productivo en el área de embotellado de una empresa a través de Promodel en la productividad? Para ello la presente investigación tiene por objetivo general proponer la mejora del proceso productivo para incrementar la productividad de la empresa productora de agua de mesa en el área de embotellado a través de la simulación en el software Promodel, teniendo

como objetivos específicos para el desarrollo de la investigación el diagnóstico de la situación actual en área de embotellado de la empresa; realizar el modelo con la propuesta de mejora de la empresa en el área de embotellado a través de la simulación en Promodel e interpretar dichos datos y finalmente hacer un análisis económico financiero de la propuesta de mejora.

### **Marco teórico**

Según Su y Quiliche [5] en su investigación denominada “Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de una empresa pesquera” identificaron que el área de destajo a pesar de ser uno de los procesos más supervisados; este recibe operarios nuevos casi a diario, sin tener experiencia previa en el avance de destajo, generando demoras; por otro lado al momento de pesar la paneras se generan tiempos ociosos, esto debido a las colas por líneas al esperar su turno. Para ello la finalidad fue proponer el estudio de tiempos y diagrama bimanual para determinar tiempos estándares y movimientos necesarios que debe de realizar cada operario. Los resultados indicaron que la productividad pasó a incrementar 0,72 cajas/ h-h y la eficiencia a 31,48 cajas/ tonelada de materia prima, ambos resultados fueron validados por una prueba t Student dentro del intervalo de confianza del 95%.

Cieza [6] en su investigación “Propuesta de mejora del proceso productivo para satisfacer la demanda en la empresa Agua y Servicios y Derivados SAC mediante herramientas de Lean Manufacturing” encontró como problemática la pérdida económica de 34,40% ya que no se logró atender pedidos en un 24,60%; por ello la finalidad fue plantear mejoras orientadas a reducir el tiempo de ciclo, evidenciar un aumento en la eficiencia y la producción así como la productividad, de esta manera se logra reducir los pedidos no atendidos. Los resultados, se lograron mediante un balanceo de línea, obteniéndose una reducción en el tiempo ciclo a un 10,7 min y un 87,6% en eficiencia; el Just in time señaló producir en función a la demanda. En conclusión, se obtuvo una reducción de pérdidas económicas a un 12,78%, la producción incrementó en 23,85% debido a que aumentó la productividad a 76,92%.

Según Muñoz y Terán [7] señalan en su investigación “Propuesta de mejora en los procesos de producción en agua de mesa la bendición; para incrementar la productividad en la Cooperativa Granja Porcón – Cajamarca” identificando como problema la improductividad en la producción de botellas de 625ml y 20l por parte del recurso humano (36% y 24% respectivamente), razón por la que generó costos adicionales repercutiendo a su vez en la productividad; para ello su metodología consistió en aplicar herramientas de mejora como un

estudio de tiempos, 5's y fórmulas de ingeniería. Se concluyó que la productividad incrementó a 15 und/h – h para botellas de 625ml y 8 und/h – h para agua de 20L, teniendo una producción de 1200 und/día.

Juarez [8] en su tesis titulada “Aplicación de Lean Manufacturing para incrementar la productividad y competitividad en la empresa de agua de mesa Las Magnolias, Las Lomas – Piura” detectó que la empresa utilizaba recursos de manera ineficiente repercutiendo en el bajo stock, insatisfacción de clientes y por ende la productividad se vio afectada, así como la reducción de los ingresos por ventas; por ello dentro de su metodología utilizó herramientas como el Just in Time, Kaisen, y 5s. Dentro de sus resultados se encontró una reducción de un 15% el tiempo de producción de bidones de 20L, siendo beneficiada la productividad, incrementándose en un 16,9%; mientras que la competitividad tuvo un aumento por parte de las ventas, así como su nivel de atención al cliente en 49,8%; siendo de esta manera que las aplicaciones de estas herramientas contribuyeron a la mejora del proceso y de la organización.

Según Chilón *et al.* [9] en su investigación titulada “Implementación de las 5s para incrementar la productividad en una planta embotelladora de agua” encontraron como problema la falta de organización que tienen los operarios en cuanto a sus puestos de trabajo, el alto porcentaje de tiempo ocioso y la falta de orden ha incidido en la baja productividad, siendo el factor a mano de obra el punto clave a optimizar. Por ello se utilizó la metodología 5s para contrarrestar las incidencias. Los resultados obtenidos señalaron que la productividad incrementó de 103,41 lt/h a 133,83 lt/h, es decir representó un incremento de 29% evidenciando mejoras en la productividad.

Del mismo modo De Gracia [10] en su investigación “The implementation of Lean Six Sigma methodology in the wine sector: an analysis of a wine bottling line in Trentino” identificó como punto crítico el área de embotellado de una vitivinícola, esta debido a que el aprovisionamiento de insumos tarda en llegar a la estación, la fatiga de operarios, aparición de colas y malas condiciones de trabajo; para ello se utilizó la metodología de Lean Six Sigma, calculándose el takt time, rendimientos, producción, materia prima defectuosa y un balanceo de línea. Tras la aplicación de la propuesta de mejora se obtuvo un takt time de 0,8 s/botella, haciendo referencia a la reducción de tiempo que inicialmente se encontraba en 1,76 s/botella; de esta manera se señala también que la productividad fue incrementada en un 87,56% siendo su valor óptimo 120 botellas/h – h en dicha línea.

Sivaraman *et al.* [11] en su investigación “Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques” analizaron un sistema de construcción secuencial de motores

terminado con el punto de cambiar aparatos habituales, de esta manera se limitarían los cuellos de botella y mejorarían la rentabilidad, así como la reducción de tiempo de trabajo. Después de la identificación se aplicaron herramientas como el Just in time, Kanban, Suavizado de creación, TPM, KPI (Key performance indicator) y OEE (eficacia global del sistema). La producción reportó una reducción de material, la eficiencia mejoró en un 7% teniendo una expansión de 2,6/día a 3,7/día; la implementación del Kaisen el operario logró clasificar piezas de forma fácil, además se reducir la fatiga de estos.

Según Moktadi *et al.* [12] señala en “Productivity Improvement by Work Study Technique: A Case on Leather Products Industry of Bangladesh” que la técnica del estudio del trabajo en la línea de ensamblaje en la industria del cuero es muy útil para aumentar la productividad; para ello se utilizó la toma de tiempos para detectar el cuello de botella. El objetivo fue analizar el sistema de producción con la ayuda del estudio de tiempos para mejorar la productividad. Como resultados se halló que la producción de la línea fue de 240 piezas bolsa/día con un horario de trabajo de 8h y un total de 97 operarios; siendo su eficiencia de 656 piezas bolsa/día, la productividad mejoró un 12,71%; por ende, el equilibrio de la línea fue el punto clave para aumentar la productividad de determinados productos.

Según Rehman *et al.* [13] en su artículo “Productivity improvement through time study approach: A case study from an apparel manufacturing industry of Pakistan” identificaron como problemática la pérdida de tiempo en la línea de producción debido a excesivas transporte de material y mayor trabajo en el proceso; para ello se utilizó la técnica de medición del trabajo para mejorar la productividad de una línea de prendas de vestir, secuencia de actividades, reasignación de tareas en puestos de trabajo y balance de línea en un tiempo ciclo determinado. Los resultados señalaron la importancia de equilibrar las líneas a la tasa de producción y tiempo de ciclo requeridos; El resultado fue un aumento del 36% de la productividad de la línea de producción, teniendo un valor de 0,70 unidades por hora máquina

El índice de productividad según el libro de Durán [14] lo define como la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtener dicha producción, en términos numéricos se expresa con la siguiente fórmula

Cabe mencionar que existen tres caminos por los cuales obtener una relación de productividad; Aumentar la producción manteniendo constantes los recursos; disminuir los recursos manteniendo constante la producción y finalmente aumentar la producción en una proporción tal que sea mayor al coeficiente de crecimiento de los recursos [14].

Por otro lado, la eficiencia sirve para comparar la cantidad de recursos usados en la producción sin desperdicios o deficiencias y la cantidad de recursos utilizados en su totalidad [15].

La eficacia mide la proporción de los resultados de la producción y las metas establecidas en el periodo [15].

### **Materiales y métodos**

La investigación se ha estructurado a partir de pasos para obtener el balanceo de línea.

Paso 1: Realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso productivos a partir de la investigación, los datos obtenidos serán de utilidad puesto que se calcularán indicadores de producción del sistema como producción, eficiencia de línea y productividad.

Paso 2: Se procede a desglosar las operaciones en sub-operaciones y tomar como referencia los promedios de datos cronometrados, esto indica un tiempo significativo para hacer nuevamente los cálculos de indicadores, calcular la cantidad de operarios necesarios en el proceso y realizar una propuesta de mejora. Posteriormente se modela el proceso en el software Promodel para hacer el respectivo análisis e interpretación de datos.

Paso 3: Se realizará un análisis económico financiero de la propuesta de mejora para el proceso de la empresa en cuanto a la etapa de embotellamiento.

### **Resultados y discusión**

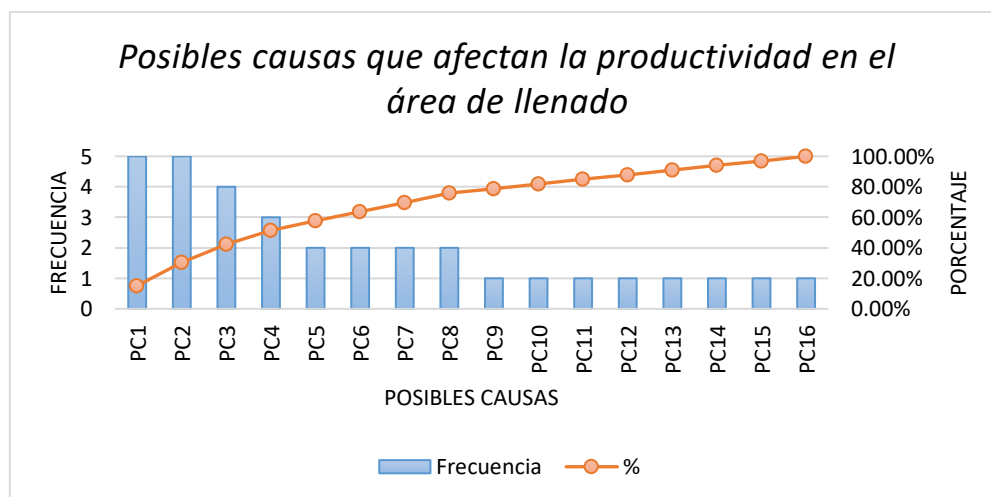
#### *Diagnóstico de la situación actual de la empresa*

Según señala la investigación de Bermudez y Villanueva [4] identificaron las causas principales como se muestra en la Tabla 1, de esta manera se tomó los datos de frecuencia y a partir de ello se muestra un diagrama de Pareto.

**Tabla 1. Posibles causas que afectan la productividad en el área de embotellado**

Código	Descripción de posibles causas	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia R. acumulada
PC1	Falta de tiempos estándar	5	15,15%	15,15%
PC2	Movimientos ineficientes	5	15,15%	30,30%
PC3	Cansancio y fatiga del personal	4	12,12%	42,42%
PC4	Ausencia de procedimientos adecuados	3	9,09%	51,52%
PC5	Sobrecarga de trabajo	2	6,06%	57,58%
PC6	Trabajo repetitivo	2	6,06%	63,64%
PC7	Desorden	2	6,06%	69,70%
PC8	Inadecuado almacenamiento	2	6,06%	75,76%
PC9	Ausencia de operarios	1	3,03%	78,79%
PC10	Distancia del área de llenado lejana	1	3,03%	81,82%
PC11	Maquinaria obsoleta en almacén	1	3,03%	84,85%
PC12	Ausencia de EPP's	1	3,03%	87,88%
PC13	Defectuosa faja transportadora	1	3,03%	90,91%
PC14	Ausencia de máquina etiquetadora	1	3,03%	93,94%
PC15	Ausencia de máquina empaquetadora	1	3,03%	96,97%
PC16	Ausencia de herramientas de control de llenado	1	3,03%	100,00%
Total		33	100%	

**Fuente:** Adaptado de Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4]

**Figura 1. Posibles causas que afectan la productividad**

**Fuente:** Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4]

El diagrama de Pareto, indica que el 20% de las causas probables que afectan la productividad repercuten en el 80% de los resultados. En este caso, tanto la falta de movimientos estándar, movimientos ineficientes, cansancio y fatiga, así como la ausencia de procedimientos adecuados representan un 51,52%. Por lo tanto, dentro de este pequeño análisis,

las causas a las que la empresa debe prestar mayor atención son las PC1 y PC2 como las principales por el porcentaje significativo que se presentan en la tabla 1.

Por otro lado, dentro del diagnóstico señalaron que la producción mensual de botellas en paquetes es de 800 a 1000 paquetes en presentación de 650 ml. De esta manera se tiene la siguiente tabla resumen, misma que fue calculada teniendo en consideración una jornada de 8 horas, trabajando 1 día a la semana por cada etapa. La producción mensual se da en botellas/mes y la productividad en paquetes/mes – hombre; dado que cada paquete consta de 3 filas de 5 botellas.

**Tabla 2. Indicadores actuales del proceso en el área de embotellado**

	Sistema	Soplado	Llenado y tapado	Etiquetado	Empaquetado
Producción por mes de botellas 650 ml	800 a 1000	11 520	15 360	800	1 920
Producción mensual en paquetes (15 und)		768	1024	53	128
Productividad		48	512	27	960

**Fuente:** Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4]

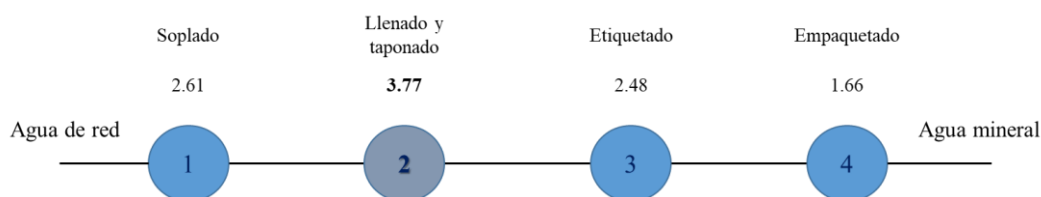
### Proceso de embotellado

Dentro de este punto, se describe las operaciones secuenciales en el proceso de embotellado hasta su disposición final en el empaquetado de estos, con sus respectivos tiempos, ello servirá para calcular los indicadores de producción del sistema. Para ello se toma en cuenta una jornada de 8 horas al día, donde los dos operarios solo trabajan por 1 día por semana, además se debe de tomar en cuenta 13% de tolerancia o suplementos por necesidades personales, fatiga o estar de pie y un factor de calificación de 1,06 según indica Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4]

**Tabla 3. Tiempos del proceso productivo de agua mineral**

Proceso	Tiempo promedio	Factor de calificación	Tiempo normal	Tolerancias	Tiempos estándar
Soplado	2,18	1,06	2,31	0,30	2,61
Llenado y taponado	3,15		3,34	0,43	3,77
Etiquetado	2,07		2,19	0,29	2,48
Empaquetado	1,39		1,47	0,19	1,66
Total	8,79		9,32	1,21	10,53

**Fuente:** Adaptado de Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4]



**Figura 2. Tiempo estándar del proceso de producción de agua mineral**

**Fuente:** Adaptado de Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4]

En la figura 2 se evidencia que la etapa que ocupa más tiempo es la de llenado y taponado de botellas con un tiempo de ciclo de 3,77 minutos.

### Indicadores del sistema de producción

Si se considera una jornada de 8 horas al día, según indica Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4] en su investigación, se identificaron dentro de los sub procesos el área de llenado y taponado se consideran como dos áreas diferentes; sin embargo, debido a la distribución de planta que presenta la empresa se considera una sola. Para efectos de cálculos se opta por considerarlas como una sola área, así mismo cuenta con 2 operarios, con un ciclo o velocidad de producción de una sola línea, de esta manera se calcula la producción y productividad para cada etapa y la eficiencia del área general:

#### Eficiencia de línea

$$E = \frac{10,53}{4 * 3,77} * 100\%$$

$$E = 69,82\%$$

#### Tiempo ocioso

$$E = (4 * 3,77) - 10,53$$

$$E = 4,55 \text{ min}$$

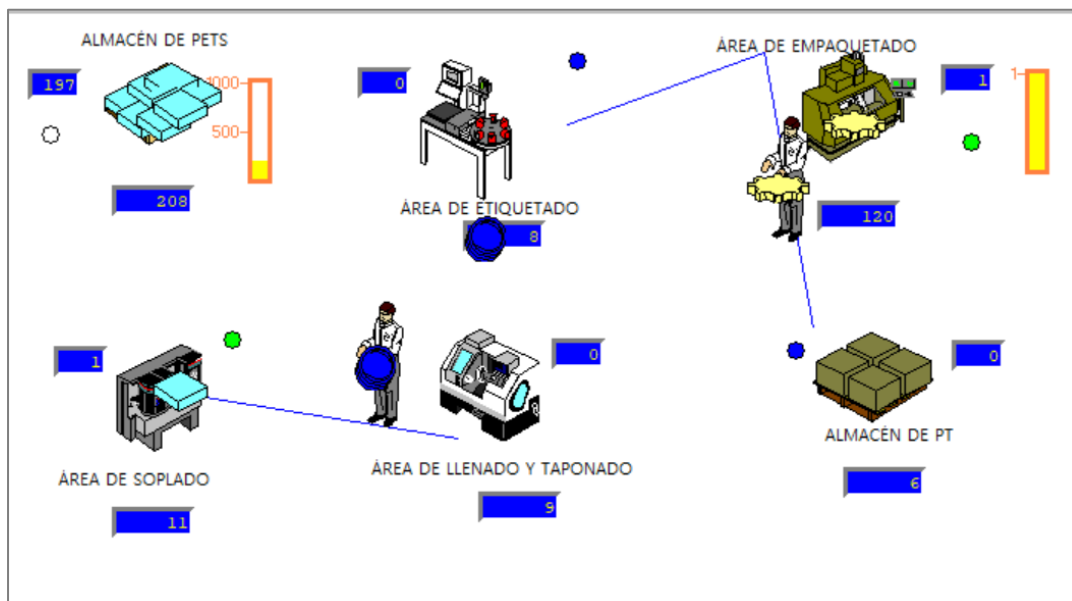
Además, Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4] a través de los datos obtenidos podemos calcular una nueva producción mensual tanto en botellas como en paquetes. Básicamente, estos datos son lo que se manejan dado que se tienen suplementos.

**Tabla 4. Producción mensual por paquetes y botellas**

Área	Soplado	Llenado y tapado	Etiquetado	Empaquetado	
Producción mensual	735	509	774	1 153	Paquetes
	11 029	7 633	11 615	17 298	Botellas
Tiempo estándar	2,61	3,77	2,48	1,67	

**Fuente:** Adaptado de Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4]

## Modelamiento el software Promodel



**Figura 3. Modelo simulado del proceso de producción de agua de mesa en el área de embotellado**

**Fuente:** Elaboración propia

Con los cálculos y resultados obtenidos a través de la bibliografía, se procede a modelar y plantear en el software Promodel de la empresa de agua de mesa en el área de embotellado, para ello se consideró los tiempos registrados en la tabla 3, un total de 6 locaciones, 2 operarios y 3 entidades (botellas PET, botellas con agua y agua de mesa), cabe mencionar que el proceso iniciará cuando la entidad botella PET llega al almacén de PET; de esta manera se evidencia el layout y los principales resultados obtenidos en la figura 3.

General Report (Normal Run - Rep. 1)								
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Entity Activity	Entity States	Variables
<b>PROCESO ANTES DE LA MEJORA.MOD (Normal Run - Rep. 1)</b>								
Name	Scheduled Time (MIN)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down	
ÁREA DE SOPLADO	141.46	23.99	0.00	6.01	14.60	55.40	0.00	
ÁREA DE LLENADO Y TAPONADO	141.46	31.98	0.00	24.11	0.00	43.91	0.00	
ÁREA DE ETIQUETADO	141.46	19.29	0.00	24.74	43.63	12.34	0.00	
ÁREA DE EMPAQUETADO	141.46	11.74	0.00	26.83	61.43	0.00	0.00	
ALMACÉN DE PT	141.46	3.18	0.00	96.82	0.00	0.00	0.00	

**Figura 4 Reporte de la simulación en las locaciones**

**Fuente:** Elaboración propia.

La locación que tiene mayor porcentaje de ocupación es el área de llenado y taponado con un 31,98%, seguido del área de soplado con un 23,99%; esto se debe a que en el área de soplado se da de forma semimanual por lo que el operario lo tiene que hacer el resto de trabajo, al igual que en las primeras áreas mencionadas. Por otro lado, el porcentaje de bloqueado para el área

que tiene cuello de botella tiene un total de 43,91%, ya que no puede pasar a otra locación sin antes la botella ser llenada y taponada.

*Proceso de mejora de la empresa en el área de embotellado*

**Estandarización de tiempos**

A través de las herramientas de mejora, se procede a tomar los datos de tiempos promedios de cada proceso en el área de embotellado según Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4] iniciando por la estandarización de tiempos que se evidencia en la tabla 6 donde se muestra el tiempo estándar por cada actividad en minutos

Además, indican tener un suplemento del 13%, valor señalado por el gerente de la empresa. Generalmente los dos operarios a cargo tienen necesidades personales, fatiga básica y trabajo de pie; sin embargo, en la investigación Cieza Carrasco, C [6] señala que los suplementos para cada uno de ellos son de 5%, 4% y 2% dando un total de 11%. Asimismo, el factor de calificación de operario se toma según la investigación de Kanawaty, G (1996) citado en la tesis de Cieza Carrasco, C [6] que se resumen en la siguiente tabla 5

**Tabla 5 Factor de calificación para suplementos**

Factor	Condición	Valor	Escala
Habilidad	F2	-0,22	Deficiente
Esfuerzo	E1	-0,08	Aceptable
Condiciones	E	-0,03	Deficiente
Consistencia	C	0,01	Buena
Total			-0,32
Factor de calificación			0,68

**Fuente:** Kanawaty, G (1996) citado en la tesis de Cieza Carrasco, C [6]

**Tabla 6. Despliegue de tiempos y cálculo del tiempo estándar**

	DESCRIPCIÓN	TIEMPO	DISTANCIA	FACTOR C	T N	SUPL	T S	TOTAL
SOPLADO	Almacenamiento de PET's	0.5		0.68	0.34	0.037	0.353	1.54
	Encender horno	0.1		0.68	0.068	0.007	0.069	
	Calentar PET's hasta 180°C	0.35		0.68	0.238	0.026	0.244	
	Retira PET's del horno	0.07		0.68	0.0476	0.005	0.048	
	Transportar a inyector de aire	0.13	8	0.68	0.0884	0.010	0.089	
	Colocar PET en el inyector	0.1		0.68	0.068	0.007	0.069	
	Inyectar aire al PET	0.75		0.68	0.51	0.056	0.540	
	Retirar PET del inyector	0.11		0.68	0.0748	0.008	0.075	
	Almacenar PET's soplad	0.07		0.68	0.0476	0.005	0.048	
LLENADO Y TAPONADO	Transporte de PETS	1	15	0.68	0.68	0.075	0.735	2.25
	Colocar PET's bajo el pistón	0.1		0.68	0.068	0.007	0.069	
	Habilitar el paso de flujo	0.12		0.68	0.0816	0.009	0.082	
	Llenado e inspección	0.76		0.68	0.5168	0.057	0.548	
	Detener el paso de flujo	0.09		0.68	0.0612	0.007	0.062	
	Colocar botellas en faja transp	0.1		0.68	0.068	0.007	0.069	
	Transporte de botellas llenas	0.15	10	0.68	0.102	0.011	0.103	
	Sacar botellas de las fajas	0.09		0.68	0.0612	0.007	0.062	
	Colocar botellas en el taponado	0.1		0.68	0.068	0.007	0.069	
	Tapar botellas con ayuda del taponado	0.53		0.68	0.3604	0.040	0.375	
Almacenar botellas llenas	0.11		0.68	0.0748	0.008	0.075		
ETIQUETADO	Transporte al área de etiquetado	1	16	0.68	0.68	0.075	0.735	1.47
	Colocar botellas en mesa de etiquetado	0.12	3	0.68	0.0816	0.009	0.082	
	Colocar botellas en etiquetadora manual	0.08		0.68	0.0544	0.006	0.055	
	Etiquetar botellas	0.32		0.68	0.2176	0.024	0.223	
	Retiro de botella de la etiquetadora	0.13		0.68	0.0884	0.010	0.089	
	Transporte de botellas al sellado	0.16	30	0.68	0.1088	0.012	0.110	
	Sellado de fecha de vencimiento	0.19		0.68	0.1292	0.014	0.131	
	Almacenamiento de producto final	0.07		0.68	0.0476	0.005	0.048	
EMPAQUETADO	Transportar botellas al Á. empaquetado	0.18	1.5	0.68	0.1224	0.013	0.124	0.96
	Buscar empaque	0.08		0.68	0.0544	0.006	0.055	
	Coger producto final	0.12		0.68	0.0816	0.009	0.082	
	Colocar botella dentro del empaque	0.37		0.68	0.2516	0.028	0.259	
	Buscar soplete	0.08		0.68	0.0544	0.006	0.055	
	Preparar soplete	0.08		0.68	0.0544	0.006	0.055	
	Sellar mediante calentamiento	0.3		0.68	0.204	0.022	0.209	
	Soltar soplete	0.04	2	0.68	0.0272	0.003	0.027	
	Transportar a almacén	0.14		0.68	0.0952	0.010	0.096	
	Almacenar paquetes	0.13		0.68	0.0884	0.010	0.089	

**Fuente:** Adaptado de Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4]

Como se evidencia en la tabla 7, el tiempo estándar total equivale a 4,76 min; sin embargo, el tiempo con el que se trabajaba en el área era de 10,53 min, donde la diferencia fue de 5,77 minutos; esto representa una variación de 54,79%. Los tiempos servirán para trabajar un nuevo balance de línea y de esta manera, mejorar los indicadores que manejaba la empresa.

**Tabla 7 Nuevo tiempo estándar**

Proceso	Tiempo promedio	Factor de calificación	Tiempo normal	Tolerancias	Tiempo estándar
Soplado	1,5353	0,68	1,04	0,11	1,16
Llenado y taponado	2,2479		1,53	0,20	1,73
Etiquetado	1,4733		1,00	0,13	1,13
Empaquetado	0,9615		0,65	0,08	0,74
Total	6,22		4,23	0,53	4,76

**Fuente:** Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4]

**Tabla 8. Nueva producción con la mejora**

Área	Soplado	Llenado y tapado	Etiquetado	Empaquetado	
Producción mensual	1 657	1 112	1 696	2 599	Paquetes
	24 852	16 674	25 440	38 980	Botellas
Tiempo estándar	1,16	1,73	1,13	0,74	

Elaboración propia en función de Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4]

### Balance de línea

Considerando que la empresa tiene una demanda esperada de 1 112 paquetes en presentación de 650 ml, se calcula el takt time con los siguientes datos

*Turno = 1 turno de 8 horas*

*Tiempo disponible por turno = 480 min*

*Tiempo disp. por mes (4 días) = 1 920 min*

$$Takt\ time = \frac{1\ 920}{1\ 112}$$

$$Takt\ time = 1,73\ min$$

Como se puede evidenciar, el takt time fue de 1,73 minutos; por lo que ningún tiempo estándar mostrado en la tabla lo supera. Dicho balance se realizó con el objetivo de que las estaciones de trabajo se mantengan equilibradas. Es decir, en función al takt time la empresa debe de establecer su ritmo de producción.

### Número de operarios necesarios

Por otro lado, también se calcula el índice de productividad y la cantidad de operarios necesarios por cada etapa, se considera un 95% de nivel de confianza.

**Tabla 9. Índice de productividad mejorado**

Índice de productividad	paquete/h	paquete/día	Tiempo disp
0.6000	36	288	480

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 10. Número de operarios reales necesarios por estación**

Operación	Tiempo estándar	N. Operarios teórico	N. Operarios reales
Soplado	1,16	0,66	1
Llenado y taponado	1,73	0,98	1
Etiquetado	1,13	0,65	1
Empaquetado	0,74	0,42	1
Total	4,76	2,71	4

**Fuente:** Elaboración propia.

Se calculó en función de los datos obtenidos, el número de operarios, en este caso se deben de asignar dos operarios más, uno ubicado en cada etapa del proceso, así como el tiempo muerto y también se calculó el número de estaciones necesarias con el dato obtenido según el takt time

**Tabla 11. Número de estaciones, eficiencia y tiempo ciclo de la propuesta**

Número de estaciones	Nueva eficiencia de línea	Nuevo tiempo muerto
$n \text{ estaciones} = \frac{4,76}{1,73}$	$= \frac{4,76}{3 * 1,73} * 100\%$	$E = (3 * 1,73) - 4,76$
$n \text{ estaciones} = 3$	$E = 91,71\%$	$E = 0,43 \text{ min}$

**Fuente:** Elaboración propia.

En la siguiente tabla 12, en la que se establece un comparativo entre el antes y después de la mejora se evidencia que un rediseño con enfoque de toma de tiempos y balanceo de línea puede llegar a mejorar, teniendo un incremento que se observa a continuación.

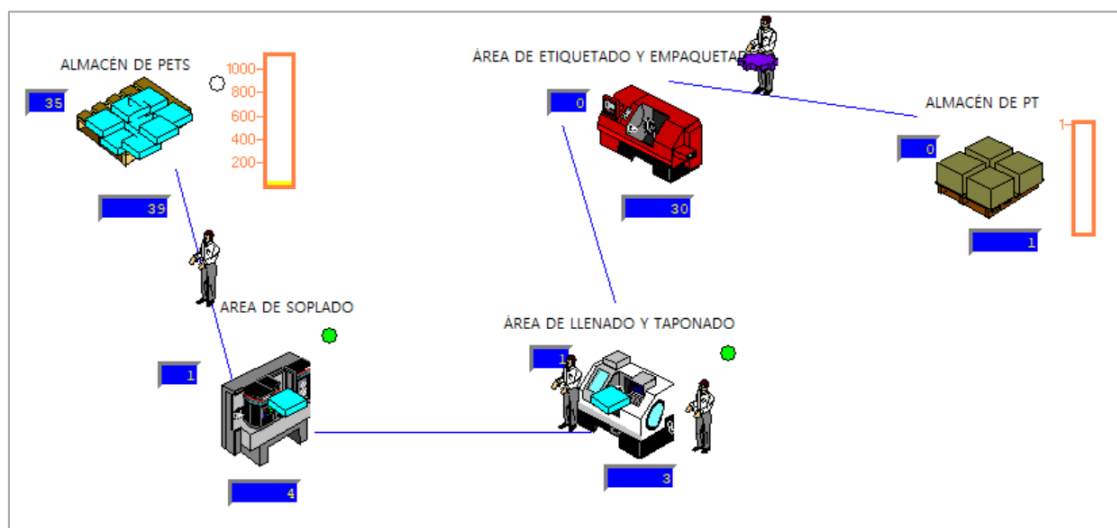
**Tabla 12. Valores actuales y mejorados según indicadores de producción**

	Productividad	Eficiencia	Producción	Núm. operarios	Núm. estaciones	T. muerto
Actual	30	69,82%	900	2	4	4,55 min
Mejora	36	91,71%	1 112	4	3	0,43 min

**Fuente:** Elaboración propia.

### Modelamiento de la mejora en el software Promodel

Con los resultados se realiza el rediseño del proceso productivo de agua de mesa en el área de embotellado, para ello se requiere de 4 operarios en total, 3 estaciones según el cálculo, para ello se optó por unir las estaciones de etiquetado y empaquetado y una nueva producción de 1 112 paquetes mensuales, cabe mencionar que los tiempos fueron reducidos.



**Figura 5. Rediseño del proceso productivo del área de embotellado de la empresa productora de agua de mesa**

**Fuente:** Elaboración propia.

General Report (Normal Run - Rep. 1)								
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Resources	Resource States	Entity Activity	Entity States	Variables
<b>PROCESO MEJORADO.MOD (Normal Run - Rep. 1)</b>								
Name	Scheduled Time (MIN)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down	
AREA DE SOPLADO	226.81	48.91	0.00	40.86	40.23	0.00	0.00	
ÁREA DE LLENADO Y TAPONADO	226.81	48.48	0.00	71.52	0.00	0.00	0.00	
ÁREA DE ETIQUETADO Y EMPAQUETADO	226.81	1.21	0.00	78.79	0.00	0.00	0.00	
ALMACÉN DE PT	226.81	1.40	0.00	89.60	0.00	0.00	0.00	

**Figura 6. Reporte de simulación de locaciones**

**Fuente:** Elaboración propia.

Mediante la simulación se obtuvo que el porcentaje operativo del área de soplado y llenado y empaquetado se encuentran operando casi en la mitad de su capacidad; sin embargo, si comparamos con la figura 4, los tiempos ociosos se dan debido a que el operario en este caso trabaja uno por estación haciendo que la carga sea equilibrada y de esta manera el proceso llegue a los resultados calculados, mismos que fueron obtenidos mediante la bibliografía. También dentro de este análisis se hace referencia a la variable bloqueado, esta indica que ninguna área ha tenido inconveniente en pasar de una estación a otra sin tener que hacer esperas, esto debido a que los “WAIT” en el software Promodel son mínimos.

El resumen de los principales indicadores mediante la estandarización de tiempos en primer lugar disminuyó el tiempo ciclo o cuello de botella de un 3,77 min a 1,73 min, teniéndose una reducción de 2,04 min, esto equivale a una variación del 54.11%; por ello según la investigación de Cieza Carrasco, C [6] quien aplicó herramientas de Lean Manufacturing disminuyendo su tiempo de ciclo de 182,73 segundos a 180,58 segundos hallándose una diferencia de 2,15 segundos; esto debido a que en su estudio de tiempos se buscó la toma de tiempo para hallar un tiempo estándar con el cual trabajara el área de embotellado, que fue de 517,18 segundos. Mientras que el obtenido fue de 4,76 minutos, se puede evidenciar que, a través de un balance de línea y una estandarización de tiempos, es el inicio para empezar una mejora dentro de un proceso. Por otro lado, el cálculo de operarios reales según la investigación de Cieza Carrasco, C [6] y Muñoz Gastolomendo, L [7] indican que es necesario debido al equilibrio de cargas; así mismo por ser el factor más importante es necesario de adquirir mano de obra calificada, en el caso de esta investigación se obtuvo un total de cuatro operarios, pero para la investigación de Muñoz Gastolomendo, L [7] se obtuvo un total de 7.

#### Evaluación económica – financiera de la propuesta

Si se considera las mejoras planteadas como el incremento de la producción, reducción de tiempo de ciclo y el establecimiento de un tiempo estándar, contratación de mano de obra,

incremento de la eficiencia en el proceso de embotellado y por ende la productividad se requiere de analizar los costos y gastos en los que va a incurrir la empresa para obtener los valores mostrados en la investigación; para ello se evalúan los siguientes ítems resumidos en la siguiente tabla.

**Tabla 113. Costos de inversión por la nueva redistribución del proceso de embotellado**

Descripción de la mejora	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Estudio de tiempos	1	S/1 200	S/1 200
Nuevo plano de distribución del Á. embotellado	1	S/600	S/600
Capacitación al personal	2	S/1 000	S/2 000
Botellas	112	S/0,50	S/6,00
Empaque PVC	112	S/0,50	S/56,00
Cronómetro	4	S/75,00	S/300
Total			S/ 4 212,00

**Fuente:** Elaboración propia.

Por otro lado, al disponerse de cuatro operarios en el área de embotellado según los cálculos realizados, se debe de contratar a dos operarios adicionales, para ello se genera una nueva tabla que indica cuáles son los costos de contratarlos.

**Tabla 112. Costos por contratar a operarios**

	Cantidad	Sueldo	Subtotal	Beneficios	Total
Operario	2	S/ 930	S/1 860,00	S/400	S/2 260

**Fuente:** Elaboración propia.

Por lo tanto, si se considera el pago anual a los operarios, el monto asciende a S/ 27 120; por otro lado, la sumatoria entre la tabla 12 y la tabla 13 se obtiene un total de S/ 6 472 en el primer mes, es decir el último dato corresponde a la inversión total que debe de realizar el gerente para empezar a incrementar su producción y por ende su productividad.

## Conclusiones

21

Tras el diagnóstico, mediante un check list y un Pareto propuesto por Bermudez Padilla, M y Villanueva Moreno, G [4] se identificó que las tres causas principales de la baja productividad son la ausencia de tiempos estándares, los movimientos ineficientes por parte de los operarios (2) así como la fatiga y el trabajo monótono, representando el 63,64% de las causas; ante ello se evidencia que la empresa productora de agua de mesa requiere de un plan de mejora que ayude a incrementar los niveles bajos de indicadores de producción del sistema; ante ello se encontró que se tiene una eficiencia del 69,82% y una productividad de 30 paquetes/ h – h, contando con una producción empírica establecida entre 800 a 1000 paquetes de agua en

presentación de 625ml mensual. Por otro lado, en cuanto a la simulación actual del proceso de embotellado de la empresa, se identificó que el área de llenado y taponado es quien mayor tiempo ocupa, esto se contrasta ya que este posee un tiempo de ciclo de 3,77 min.

Por otro lado, tras la estandarización de tiempos se logró reducir el tiempo de ciclo de 3,77min a 1,73min en la etapa de llenado y tapado de botellas, ello representó una variación de 29,24%, incremento de la eficiencia teniendo como diferencia a 21,89%; una producción de 1112 paquetes/mes y una productividad de 36 paquetes/h – h. Además, el cálculo del takt time (1,73min) significó que con dicho valor la empresa debe de empezar a planificar su producción mes a menos, si por el contrario existiese un valor que lo supera, se debe de evaluar cuál es la causa que está lo afectando.

Finalmente, dentro de la evaluación económica se estableció un cuadro con ítems resumiendo los costos en los que debe de incurrir la empresa la empezar a obtener los resultados evidenciados. Por lo que se requiere de un total de S/ 4 212 anual para el rediseño del proceso productivo y para la contratación del nuevo personal (2 operarios) un total de S/ 2 260 al mes, teniéndose para cada uno S/ 1 130 respectivamente

## Referencias

- [1] N. L. Tejada Díaz, V. Gisbert Soler y A. I. Pérez Molina, «Metodología de estudio de tiempo y movimiento; introducción al GSD,» *Empresa, investigación y pensamiento crítico*, pp. 39-49, 2017.
- [2] K. L. Bravo Arroyo, J. Menéndez Dávila y F. Peñaherrera Larenas, «Importancia de los estudios de tiempos en el proceso de comercialización de las empresas,» *Observatorio Economía Latinoamericana*, pp. 1-14, 2018.
- [3] D. Bello Parra, F. Murrieta Domínguez y C. A. Cortes Herrera, «Análisis de tiempos y movimientos en el proceso de producción de vapor de una empresa generadora de,» *Ciencia Administrativa*, n° 1, pp. 1-9, 2020.
- [4] M. Bermudez Padilla y G. Villanueva Moreno, «Estudio de tiempos y movimientos en el área de embotellado para mejorar la productividad de la empresa Santa Teresa, Huaraz 2019,» Huaraz, 2020.
- [5] Y. Y. Su Ramírez y R. M. Quiliche Castellares, «Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de una empresa pesquera,» *InGnosis Revistas de Investigación Científica*, vol. 4, n° 1, pp. 64-77, 2018.
- [6] C. Cieza Carrasco, «Propuesta de mejora del proceso productivo para satisfacer la demanda en la empresa Agua y Servicios y Derivados SAC mediante herramientas de Lean Manufacturing,» Chiclayo, 2019.
- [7] L. E. L. Muñoz Gastolomendo, «Propuesta de Mejora en los Procesos de Producción en Agua de Mesa la Bendición; para Incrementar la Productividad en la Cooperativa Granja Porcón - Cajamarca,» Cajamarca, 2019.
- [8] A. S. Juarez Ordinola, «“Aplicación de Lean Manufacturing para incrementar la productividad y competitividad en la empresa de agua de mesa Las Magnolias, Las Lomas – Piura”,» Piura, 2020.
- [9] X. Chilón Aguilar, L. Esquivel Paredes y W. Estela Tamay, «Implementación de las 5s para incrementar la productividad en una planta embotelladora de agua,» *INGnosis*, vol. 3, n° 1, pp. 130.-139, 2017.
- [10] S. De Gracia, «The implementation of Lean Six Sigma methodology in the wine sector: an analysis of a wine bottling line in Trentino,» España, 2014.

- [11] p. Sivaraman, T. Nithyanandhan, S. Lakshminarasimhan, S. Manikandan y M. Saifudheen, «Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques,» *Materialstoday: Proceedings*, vol. 33, n° 1, pp. 201-207, 2020.
- [12] «Productivity improvement by work study technique: A case on leather,» *Industrial Engineering & Management*, vol. 6, n° 1, pp. 1-11, 2017.
- [13] «Productivity improvement through time study approach: A case study from an apparel manufacturing industry of Pakistan,» *Procedia Manufacturing*, vol. 39, pp. 1447-1454, 2019.
- [14] F. A. Durán, *Ingeniería de métodos Globalización: Técnicas para el manejo eficiente de recursos en organizaciones fabriles, de servicios y hospitalarias*, Guayaquil, 2007.
- [15] C. A. Díaz Valladares, *Ingeniería de métodos*, Tercera ed., Huancayo, 2012.