

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



**Simulación de la mejora del proceso de envasado en una empresa de GLP
para incrementar su productividad**

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

AUTOR

JAVIER SEBASTIAN BACA PINEDO

ASESOR

SANTOS CONFESOR GABRIEL BLAS

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

Chiclayo, 2022

TIB

INFORME DE ORIGINALIDAD

27 %	27 %	1 %	6 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	12 %
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	7 %
3	1library.co Fuente de Internet	2 %
4	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	1 %
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	1 %
6	web.itainnova.es Fuente de Internet	1 %
7	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1 %
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
9	renatiqa.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	

ÍNDICE

Resumen	4
Abstract	5
Introducción	6
Marco teórico	7
Metodología	8
Resultados	9
Discusiones.....	15
Conclusiones	15
Referencias	16

Resumen

El presente trabajo de investigación desarrolla un balance de línea del proceso de envasado de balones de gas en una empresa envasadora de GLP para poder aumentar su productividad.

En primer lugar, se empieza realizando la simulación de la situación actual con ayuda del software ProModel, con ello se hallan los indicadores y se identifica un tiempo muerto de 503,88 segundos en el área de envasado por lo que se requiere una mejora, después se realiza el balance de línea y se simula nuevamente para verificar si existe una mejora y finalmente se realiza un estado económico de la propuesta. El trabajo de investigación da como resultado el aumento de la productividad de mano de obra en 58%, su eficiencia de línea en 11% y utilidades de hasta S/80 444,7 para el segundo mes de realizar la inversión.

Palabras claves: Productividad, gas, simulación, balance

Abstract

The present research work develops a line balance of the gas cylinder packaging process in an LPG bottling company in order to increase its productivity.

In the first place, the simulation of the current situation begins with the help of the ProModel software, with this the indicators are found and a dead time of 503.88 seconds is identified in the packaging area, for which an improvement is required, then the balance of the line is made and it is simulated again to verify if there is an improvement and finally an economic state of the proposal is made. The research work results in an increase in labor productivity by 58%, its line efficiency by 11% and profits of up to S/80,444.7 for the second month of making the investment.

Keywords: Productivity, gas, simulation, balance

Introducción

Actualmente, el GLP (Gas licuado del petróleo) lidera como una de las más importantes fuentes de energía que es usada en todo el mundo, presenta un nivel de producción elevado de hasta 317 millones de toneladas por año y una utilización de 313 millones (tpa) [1].

Existen empresas que se encargan de la producción de este por medio de la extracción de gas natural y el refinado de este, así como empresas que se encargan de brindar el GLP a domicilios, locales, etc.

Este es el caso de una empresa envasadora de GLP, con localización en la región de Lambayeque la cual se dedica únicamente al envasado de balones de 10, 15 y 45 kg, siendo su línea principal, la línea de envasado de balones de 10 kg. También la línea tiene un proceso que cuenta con seis etapas.

La empresa tiene pedidos los cuales no reciben atención por la falta de oferta que se tiene, obteniéndose un total de ingresos no percibidos de 9 165 923,76 soles en el año 2021 debido a la baja productividad con el que cuenta el proceso de envasado, adicionalmente se tiene en cuenta que tiene una baja eficiencia la cual es de 16%. Se halló también que existen tiempos muertos por parte de los operarios de hasta 503,88 segundos ocasionado por la etapa de envasado lo cual genera un gran cuello de botella en todo el proceso.

Ante la problemática presentada surge la interrogante ¿En qué medida incrementará la productividad de una empresa de GLP mediante la simulación de la mejora del proceso de envasado?, la cual tiene como objetivo principal simular una mejora del proceso de envasado en una empresa de GLP para incrementar su productividad. Asimismo, se definieron objetivos específicos los cuales son: realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso de envasado de GLP en una empresa de GLP, simular el proceso de envasado de GLP una vez realizada la mejora y evaluar el estado económico del antes y después de la mejora propuesta.

Marco teórico

Paisig, Cinthya [2] en su investigación *Plan de mejora para incrementar la productividad en el área de producción de la empresa Crismely Calzados- Trujillo* la cual tiene como objetivo elaborar un plan de mejora en el área de producción, para aumentar la productividad de la empresa Crismely Calzados, Trujillo desde un enfoque de la metodología de las 5S, primero se realizó una encuesta a una muestra de operarios, en donde los resultados indicaron que hacia falta de capacitación al personal lo cual afecto directamente a la productividad, asimismo los operarios indican que la remuneración influye en su rendimiento, el trabajo también muestra un panorama completo con respecto al entorno de trabajo el cual se presencia desordenado y con los materiales tirados por toda el área de trabajo por lo que se tiene que aplicar la filosofía 5´S, finalmente se propone distintas estrategias para contrarrestar la situación actual mediante un análisis de materiales, mano de obra y maquina como factores involucrados directamente.

Melgar, Jonathan en su investigación [3] *Mejora de procesos operativos en el área de producción de la distribuidora Multiandina Perú S.A.C.* la cual tiene como fin llevar a cabo una iniciativa para mejorar la productividad y el servicio de la producción y repartición de canastas de productos alimenticios por medio de la supresión de desechos e implementando herramientas y técnicas simples y estadísticas, para lograrlo se planteó como meta un grado de servicio de entrega de peticiones a tiempo de 95% lo cual supone que de cada 10 peticiones de canastas, 95 de ellas lleguen al tiempo predeterminado por el comprador. Se aplicó la metodología de optimización continua que emplea herramientas como: diagrama de causa-efecto, Pareto y de flujo y asimismo los instrumentos del Lean Manufacturing.

Tamashiro y Yacarini [4] en su tesis “Propuesta de mejora de la productividad mediante la aplicación de la metodología de Manufactura Esbelta área de producción de una fábrica de zapatos de dama”, plantea que tiempos TAKT mejorados (de 0,96 min a 0,91 min por zapato a lo largo del montaje) e llevar a cabo KAIZEN, reasignar fábricas y simular el estado presente de las fábricas propuestas usando el programa PROMODEL, obteniendo un promedio de 431 pares de zapatos sin optimización y un promedio de 497 pares de zapatos mejorados por día, finalmente definieron que el plan de utilización de procedimientos de manufactura esbelta era probable y rentable, el plan tuvo un VAN positivo, S/69,124 soles, y una tasa interna de retorno de 18,57 %; además, el plazo de amortización es de 7 meses.

Para que haya un mejor entendimiento del tema, se definirán los principales términos utilizados

Simulación. La simulación de procesos industriales es un instrumento que posibilita reproducir virtualmente los procesos y aprender su comportamiento, para examinar el efecto de las diversas cambiantes que logren intervenir en el mismo, o para equiparar diferentes alternativas de diseño, sin el elevado coste de los experimentos a escala real.

El balanceo de línea. Es un instrumento bastante fundamental para controlar la producción, ya que una línea de construcción balanceada posibilita la mejora de cambiantes que están afectando la productividad de un proceso como, por ejemplo: inventarios de producto en proceso, los tiempos de construcción y las entregas parciales de producción. **Cuello de botella.** Técnica informática basada en la simulación de eventos discretos, que permite la construcción de modelos dinámicos de una planta provechosa o sistema logístico, para analizar su comportamiento bajo diversos escenarios y situaciones, con el propósito de revisar premisa sin la necesidad de llegar a implementarlas, así como, la detección de cuellos de botella.

ProModel. Pertenece a los softwares comerciales de simulación más usados, ya que cuenta con herramientas de diseño y estudio de procesos de construcción, líneas de ensamblajes, entre otros, que permiten laborar de mejor forma la problemática y obtener resultados más confiables para la toma de elecciones.

Producción. La obtención o preparación de bienes materiales y/o servicios por medio de la aportación de trabajo. **Sistema beneficioso:** el grupo de agentes e interrelaciones productivas que poseen sitio en un lugar definido.

Proceso. Un proceso es un grupo de ocupaciones planificadas que involucran la colaboración de un número de individuos y de recursos materiales coordinados para lograr un objetivo antes reconocido.

Productividad. Interacción entre el número de bienes y servicios hechos, y los recursos empleados en un proceso beneficioso; empleada para la medición del rendimiento de maquinarias, conjuntos, operarios, etcétera.

Metodología

El presente trabajo de investigación ha presentado como base el uso del software ProModel.

Primeramente, se realizó el diagnóstico actual de la empresa mediante un muestreo de tiempos para verificar el estado en el que se encontraba cada una de sus actividades y poder determinar el

valor de los indicadores actuales del proceso y a su vez realizar la simulación en el software mencionado.

Posteriormente, se hizo un balance de línea por operarios del proceso productivo enfocado en la eliminación del cuello de botella presente en el área de envasado, el cual fue validado mediante ajustes en la simulación diseñada durante el diagnóstico.

Finalmente, se realizó un análisis económico para determinar la viabilidad de poder mejorar la línea de producción.

Resultados

DIAGNOSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

El presente trabajo de investigación se realizó en una planta encargada de envasar GLP en balones de 10, 15 y 45 kg con ubicación en el parque industrial Lambayeque- Chiclayo.

La organización en la parte operativa tiene bajo su respaldo a 6 operarios por turno de 8 horas, en total son dos turnos. Asimismo, debido a que tienen varios productos solo se tomara en cuenta el producto que genere mayores ingresos para la empresa (tabla 1)

Tabla 01. Ingresos históricos de balones de gas

Presentación	Balones		
	2019	2020	2021
10 kg	1 322 112	1 428 854	1 466 496
15 kg	405	261	2415
45 kg	3970	993	2648

Fuente: Empresa de GLP

Como se observa en la tabla 01 se puede demostrar que el producto más producido por diferencia en el balón de 10 kg, pero hay que tener en cuenta que la empresa trabaja con dos marcas por estrategias comerciales, en la siguiente tabla se podrá mostrar el precio de cada marca a través de los años.

Tabla 02. Precios de venta según balón

Presentación		2019	2020	2021
10 kg	Marca 1	29,15	29,5	28,8
	Marca 2	28,15	28,5	27,8
15 kg		37	37,5	38
45 kg		130	132	133

Fuente: Empresa de GLP

En la tabla 2 se puede observar el precio de venta según el balón y el año, asimismo podemos observar que para el año 2020 el precio está por encima con respecto al 2021 en la marca 1 y 2 de la presentación de 10kg.

Se realizó el uso del software ProModel para realizar la simulación de la situación actual teniendo en cuenta las estaciones de trabajos, la cantidad de operarios y los tiempos de muestra tomados. (ANEXO 1)

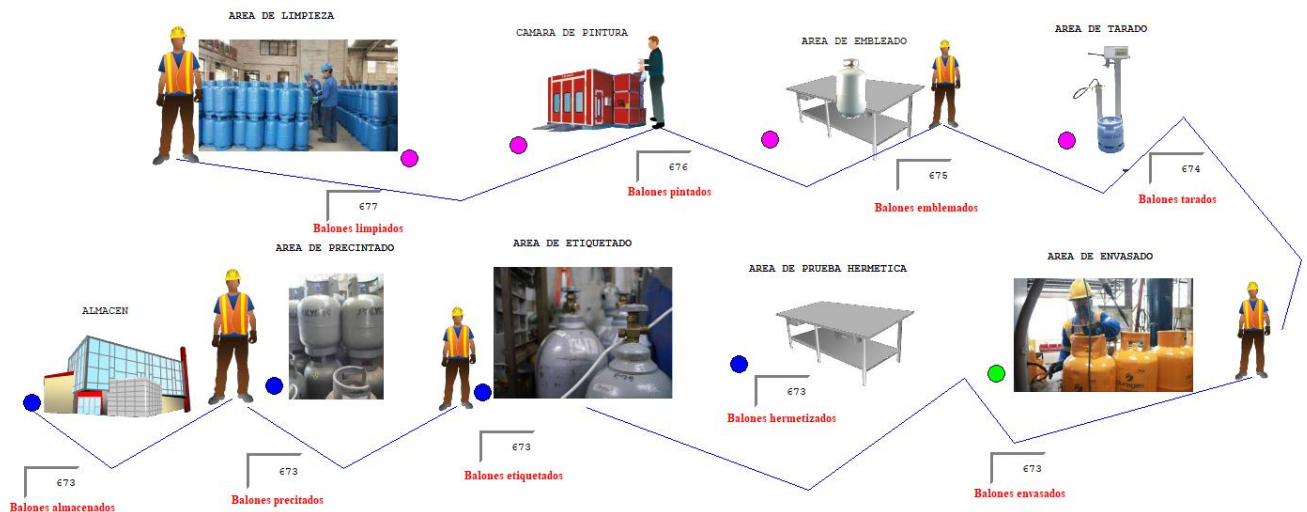


Figura 2: Simulación del proceso actual del proceso de envasado de GLP

Fuente: Elaboración propia

Locación Resumen								
Nombre	Tiempo Programado (H)	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Min)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
AREA DE LIMPIEZA	16.00	1.00	678.00	1.38	0.98	1.00	1.00	97.61
CAMARA DE PINTURA	16.00	1.00	677.00	1.38	0.98	1.00	1.00	97.64
AREA DE EMBLEADO	16.00	1.00	676.00	1.37	0.96	1.00	1.00	96.44
AREA DE TARADO	16.00	1.00	675.00	1.22	0.86	1.00	1.00	85.92
AREA DE ENVASADO	16.00	1.00	674.00	1.32	0.93	1.00	1.00	92.95
AREA DE PRUEBA HERMETICA	16.00	1.00	673.00	0.03	0.02	1.00	0.00	2.43
AREA DE PRECINTADO	16.00	1.00	673.00	0.06	0.04	1.00	0.00	4.46
ALMACEN	16.00	1.00	673.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

Figura 3: Indicadores de locaciones

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del ProModel indican que la empresa produce 673 balones/día, pero esta no cumple la demanda diaria de 2400 balones/día.

Según tiempos tomados (ANEXO 1) se logró identificar también que el tiempo ciclo se encuentra en la etapa de envasado con 75,1 seg, lo cual genera una baja eficiencia en la línea de 16%.

$$Eficiencia\ de\ linea = \frac{\sum Tiempo\ de\ operación}{Número\ de\ estaciones\ x\ T.\ Ciclo} \times 100\%$$

$$Eficiencia\ de\ linea = \frac{96,91\ seg}{8 \times 75,1\ seg} \times 100\% = 16\%$$

También se puede identificar que los operarios generan tiempos muertos durante el proceso productivo, lo cual justifica la baja eficiencia mencionada anteriormente.

$$Tiempo\ muerto = (Número\ de\ estaciones\ x\ Cuello\ Botella) - Tiempo\ de\ operación$$

$$Tiempo\ muerto = (8 \times 75,1\ seg) - 96,915 = 503,88\ seg$$

Posteriormente, se puede decir que el encargado de envasar se encuentra sobre saturado por ser el único en el área y eso genera un valor de 503,88 seg de cuello de botella resultando negativo para la empresa, por lo que se requiere urgente mejora.

Como ultimo indicador podemos medir la productividad de mano de obra la cual resulta 56,08 balones-día/operario

$$Productividad\ de\ mano\ de\ obra = \frac{Producción\ teórica\ diaria}{N^o\ de\ operarios}$$

$$Productividad\ de\ mano\ de\ obra = \frac{673\ balones/día}{12\ operarios} = 56,08\ balones - día/operario$$

SIMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO

Para realizar la mejora del proceso se optó por realizar un balance de línea, lo primero que se tiene que calcular es el índice de producción para posteriormente realizar un balance por operarios en cada etapa.

Tabla 03. Operarios óptimos por etapa

Etapa	Tiempo (s/balón)	Ip	Operarios óptimos
Alimentado	5,1	0,0416667	1
Pintado	4,7	0,0416667	1
Embleonado	2,7	0,0416667	1
Tarado	2,05	0,0416667	1
Envasado	75,1	0,0416667	4
Prueba hermética	2,06	0,0416667	1
Etiquetado	1,355	0,0416667	1
Precintado	3,85	0,0416667	1
TOTAL	96,915		9

Fuente: Empresa de GLP

Una vez se pudo determinar la cantidad de operarios óptimos por cada etapa como se muestra en la tabla anterior, resulta que el proceso debe contar con 9 operarios, agregando 3 nuevos en el área de envasado.

Se realizó la propuesta de mejora mediante el software ProModel y se obtienen los siguientes datos:

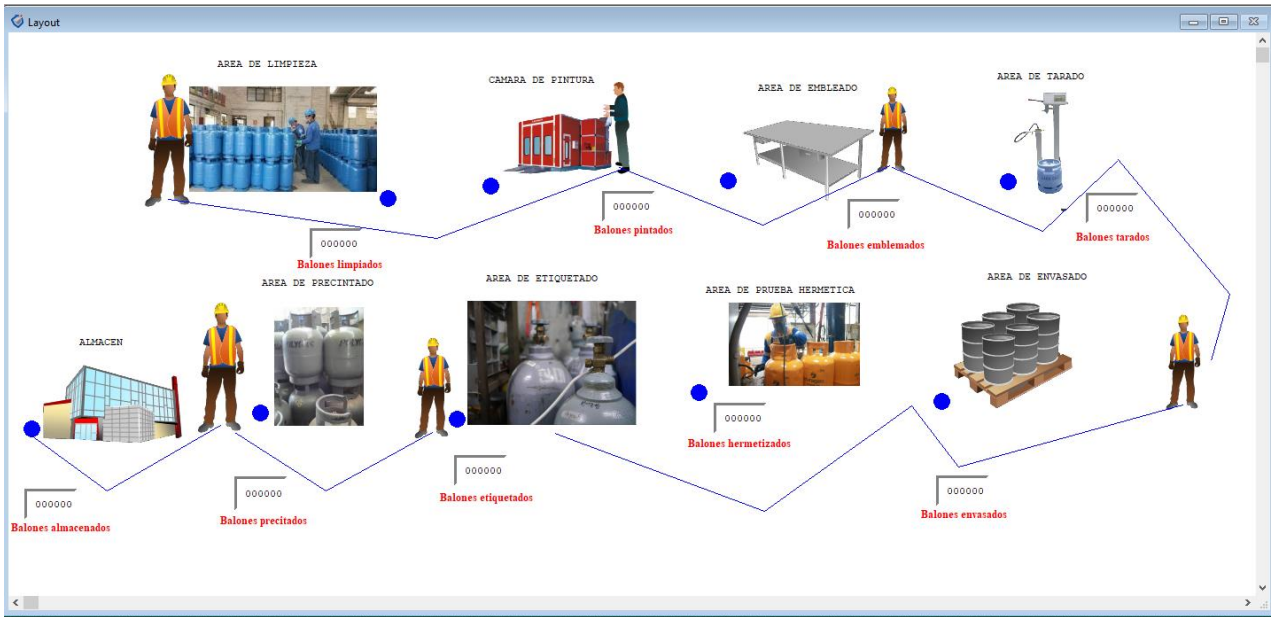


Figura 4: Simulación del proceso mejorado del proceso de envasado de GLP

Fuente: Elaboración propia

Nombre	Capacidad	Total Entradas	Tiempo Por entrada Promedio (Min)	Contenido Promedio	Contenido Máximo	Contenido Actual	% Utilización
AREA DE LIMPIEZA	1.00	2,503.00	0.45	0.93	1.00	1.00	93.06
CAMARA DE PINTURA	1.00	2,502.00	0.45	0.93	1.00	1.00	93.04
AREA DE EMBLEADO	1.00	2,501.00	0.43	0.90	1.00	1.00	89.55
AREA DE TARADO	1.00	2,500.00	0.28	0.58	1.00	1.00	58.32
AREA DE ENVASADO	1.00	2,499.00	0.38	0.79	1.00	1.00	79.15
AREA DE PRUEBA HERMETICA	1.00	2,498.00	0.03	0.07	1.00	0.00	7.15
AREA DE PRECINTADO	1.00	2,498.00	0.06	0.13	1.00	1.00	13.29
ALMACEN	1.00	2,497.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

Figura 5: Indicadores de locaciones con propuesta

Fuente: Elaboración propia

En los resultados de la propuesta de simulación se puede apreciar la mejora de unidades producidas por día por el aumento de operarios al área de envasado, presentando un incremento de 673 balones/día a 2497 balones/día

A su vez el balance de línea logró reducir el cuello de botella del proceso a 18,77 seg, lo cual repercutió en una variación porcentual positiva presentada en la siguiente tabla.

Tabla 04. Variación de indicadores del antes y después de la propuesta

Indicador	Actual	Propuesta	Variación
Producción (balones/día)	673	2497	271%
Productividad de mano de obran (balones-día/operario)	56,08	88,69	58%
Tiempo muerto (segundos)	503.88	109.61	78%

Fuente: Empresa de GLP

Se puede evidenciar la variación porcentual por cada indicador, lo que indica que el balance de línea por operarios resulta beneficioso para el proceso productivo, posteriormente se tiene que realizar una evaluación económica para obtener en términos monetarios el beneficio de la propuesta presentada. A continuación, se presenta los costos que se necesitaría para realizar el balance de línea.

Tabla 05. Costos de la propuesta de mejora

Descripción	Cantidad	Costo
Sueldo de operarios	6	S/7 200
Mesa de operación	3	S/900
Capacitación	1	S/3 500
Total		S/11 600

Fuente: Empresa de GLP

Finalmente se necesita saber la utilidad de la propuesta, en la siguiente tabla se observa:

Tabla 06. Utilidades de la propuesta de mejora

Descripción	Actual	Mejora	Diferencia
Producción diaria(balones/día)	673	2 497	1 824
Producción			
mensual(balones/mes)	17 498	64 922	47 424
Utilidad por balón (soles)	1,35	1,35	0
Utilidad mensual (soles)	23 622,3	87 644,7	64 022

Fuente: Empresa de GLP

Después de presentar la tabla de costos y utilidades se puede observar que se obtienen ganancias de hasta S/ 64 022 de diferencia lo cual es positivo para la empresa, además se tiene que contar que el primer mes será el de inversión lo que significa que se ganaría S/76 064,7 y los meses posteriores S/ 80 444,7.

Discusiones

Paisig, Cinthya [2] logró mejorar la productividad gracias a la aplicación del balance de línea en un 12,46% logrando obtener un beneficio costo de 2,04 soles. Para la propuesta de investigación se logró obtener un aumento de productividad de 58% con un beneficio de inversión pasado el primer mes.

Conclusiones

La empresa envasadora de GLP cuenta con una productividad muy baja debido a que existe un gran cuello de botella en el área de envasado, lo que genera un bajo nivel de producción y que la demanda diaria planificada no sea atendida.

La propuesta de mejora supone un incremento de productividad de mano de obra de 58%. Para eso se realizó un balance de línea y se concluyó que se necesitan contratar 3 operarios nuevos para la etapa de envasado para cada turno.

Finalmente, en el análisis de costos se presentan el contrato para los nuevos 6 operarios, considerando mesas de trabajo y capacitaciones que deben recibir para realizar de manera correcta el trabajo. El costo de mejora resulta ser de S/11 600 y las ganancias previstas son de S/80 444,7 de manera mensual lo cual recuperaría en un mes la inversión realizada.

Referencias

- [1] Gasnova, "Historia del GLP a nivel mundial," 18 Agosto 2020. [Online]. Available: <https://www.gasnova.co/historia-del-glp-a-nivel-mundial/>.
- [2] C. Paisig, "Plan de mejora para incrementar la productividad en el área de producción de la empresa Crismely Calzados," Trujillo, 2020.
- [3] J. Melgar, "Mejora de proceso operativos en el área de producción de la distribuidora Multiandina Perú S.A.C," Lima, 2021.
- [4] E. Tamashiro, "Propuesta de mejora de productividad mediante la aplicación de metodología de manufactura esbelta en el area de produccion de una fabrica de calzados," Lima, 2018.

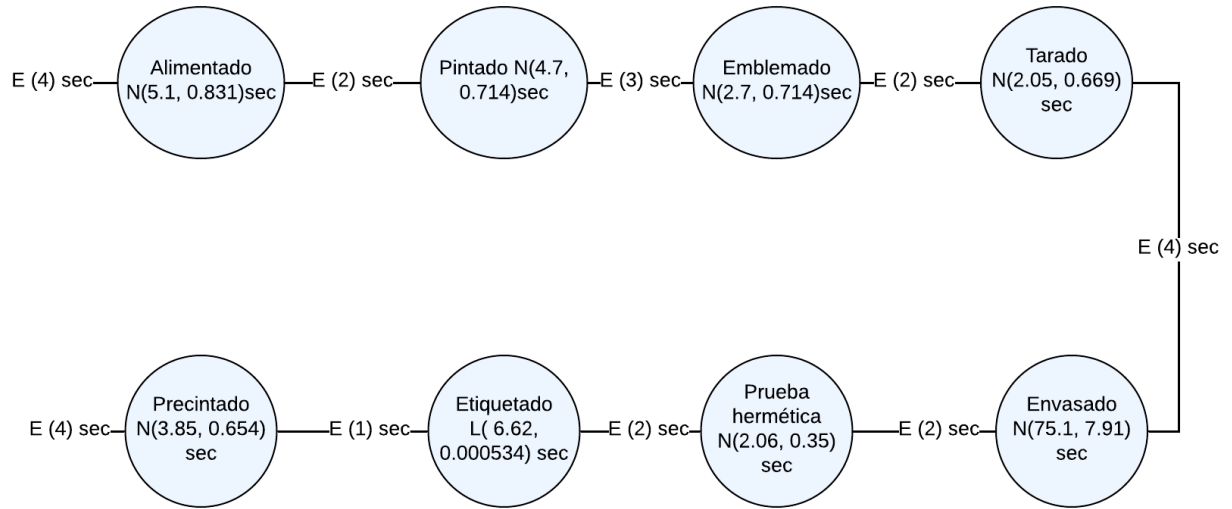
ANEXOS:

ANEXO 1:

Etapa	Tiempo (s)																				Tiempo promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Alimentado	5.0	6.0	5.0	4.0	5.0	4.0	6.0	4.0	4.0	5.0	6.0	5.0	4.0	6.0	6.0	5.0	6.0	6.0	6.0	4.0	5.1
Pintado	4.0	5.0	6.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	6.0	4.0	5.0	4.0	4.0	6.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.7
Emblema do	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	4.0	3.0	2.7
Tarado	2.0	3.0	2.0	2.0	3.0	2.0	1.0	2.0	3.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	3.0	3.0	2.0	2.0	1.0	2.1
Envasado	82.0	84.0	80.0	84.0	70.0	85.0	80.0	63.0	81.0	80.0	76.0	81.0	73.0	65.0	65.0	77.0	82.0	63.0	61.0	70.0	75.1
Prueba hermética	2.1	1.8	2.0	1.0	2.8	2.0	1.8	2.4	2.0	2.0	2.0	2.3	2.6	2.0	2.1	2.4	2.0	2.0	2.0	1.9	2.1
Etiquetado	1.0	1.0	1.2	1.5	1.0	1.2	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	1.2	1.4	2.0	1.0	2.0	1.0	1.2	1.0	1.4	1.4
Precintado	4.0	5.0	4.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.0	4.0	5.0	3.0	4.0	3.9

ANEXO 2:

PROCESO DE ENVASADO DE BALONES DE 10KG



- Entidad 1: Balón de gas vacío
- Entidad 2: Balón de gas limpio
- Entidad 3: Balón de gas pintado
- Entidad 4: Balón pesado
- Entidad 5: Balón lleno de gas
- Entidad 6: Balón etiquetado
- Entidad 6: Balón precintado

: