

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



Diseño y simulación de la automatización del proceso de conserva de espárragos para el incremento de la productividad

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

AUTOR

Jeniffer Carranza Santos

ASESOR

Marcos Gregorio Baca Lopez

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

Chiclayo, 2021

Índice

Resumen	3
Abstract	4
Introducción.....	5
Marco teórico.....	6
Materiales y métodos	9
Resultados y discusión	10
Conclusiones	16
Referencias.....	17

Resumen

Actualmente la automatización se ha convertido en una de las tecnologías más relevantes en los procesos industriales de muchas empresas lo que permite traer consigo muchas mejoras y beneficios que resultan ventajosas. Es por ello que es objetivo del presente trabajo de investigación fue automatizar e implementar tecnología en el proceso de conserva de espárragos, así mismo al llevarse a cabo la maquinaria propuesta redujo el tiempo total de operación en un 17,5 %, 55% en eficiencia y 58,4% en productividad laboral. De tal forma, para tenerse y comparar mejor los indicadores y situaciones entre el proceso actual y automatizado, se simuló a través del software ProModel

Palabras clave: Simulación, automatización, productividad

Abstract

Automation has now become one of the most relevant technologies in the industrial processes of many companies, which allows bringing many improvements and benefits that are advantageous. That is why it is the objective of this research work was to automate and implement technology in the process of preserving asparagus, also when the proposed machinery was carried out reduced the total operating time by 17, 5 %, 55% in efficiency and 58, 4% in labor productivity. Thus, to have and compare better the indicators and situations between the current and automated process, they were simulated through ProModel software

Keywords: Simulation, automation, productivity

Introducción

El espárrago es una planta originaria de Asia, la cuál es considerada una fuente importante de proteína la cual la hacen atractivo para su adquisición, así mismo destaca por ser una de las hortalizas que ha logrado un mayor crecimiento, especialmente en el caso de la refrigeración fresca ya que representa el 21,8% de las ventas de exportación. Su verdadero desarrollo se produjo luego de que se quiso sustituir parte de los cultivos tradicionales por los de exportación, presentando de esta forma un sinnúmero de países interesados en esta hortaliza. [1]

Cabe resaltar que, en el Perú, el espárrago es considerado uno de los cultivos más importantes, ya que con esta hortaliza se establecieron muchas empresas de la industria agrícola. [2]. Aproximadamente 28 000 hectáreas a nivel nacional están dedicadas a su cultivo, entre las cuales destaca la región Ica con un 45% y La libertad con 43%, teniendo un rendimiento de 14 hasta 18 toneladas/hectárea. La gran competencia y mercado internacional de espárragos permitió en el 2017 la exportación del 80% a Estados Unidos, las cuales se procesan y se envían enlatadas con el fin de preservar sus propiedades. [3]

En este contexto, la empresa agroindustrial tomada como referencia de la investigación de Bustamante [4]; se encuentra ubicada en la Provincia de Lambayeque en la que cuenta con 20 años de experiencia dedicada a producción, selección, envasado, comercialización y exportación de productos alimenticios en conserva dirigido a un mercado internacional donde destacan como clientes los Estados Unidos y Centro América. La empresa ofrece una variedad de productos, entre las cuales destaca la conserva de espárragos verdes.

Actualmente, la demanda de la empresa ha ido en aumento lo que resulta ser ventajosa, pero a su vez la empresa se ha visto afectada por la disminución de su productividad ya que en el 2018 se originó una pérdida económica de s/: 118 130,89 los cuáles representa el 14% de la venta anual y esto se debe a los tiempos innecesarios en los procesos los cuáles no generan valor para el producto, y el aumento de mermas por lo que la empresa necesita con un modelo de optimización de sus procesos de tal forma que se pueda mejorar la productividad, rentabilidad y reducir las deficiencias del sistema de producción, sobre todo en las etapas críticas de selección – clasificación y corte que generan cuellos de botella y demoras.

Frente a ello surge la siguiente interrogante, ¿La automatización del proceso de conserva de espárragos aumentará la productividad en la agroindustria? Para ello la presente investigación tiene por objetivo general diseñar un modelo de simulación del proceso automatizado de la conserva de espárragos para el incremento de la productividad, teniéndose como objetivos específicos describir y analizar la situación actual del proceso de conserva de espárragos de una agroindustria, realizar la propuesta del diseño automatizado del proceso de

conserva de espárragos y simular el antes y después del sistema automatizado en la empresa de conservas de espárragos.

Marco teórico

Los continuos cambios y avances en el sistema productivo han hecho imprescindible la mejora y la toma de decisiones, ya que la simulación es una de las herramientas para ayudar a este tipo de procedimientos, ya que permite reproducir casi todos los procesos estudiados, ya sea analizando el impacto potencial de estos cambios o por comparación con alternativas, sin incurrir en altos costos de prueba.

Esparza, Martínez y Monroy [5] , definen a la simulación como un modo de utilizar un modelo el cual permite diseñar varios escenarios o situaciones de posibles cambios en un proceso de tal modo que se refleje los cambios que se desea implementar, con el fin de generar u obtener una solución. Así mismo el uso de simulación para automatizar un modelo operativo para una organización permite el conocimiento, conciencia predictiva de resultados potenciales.

Construir y automatizar un modelo operativo para una organización, La computación, la simulación es una herramienta poderosa y eficiente para Generación de conocimiento, conciencia predictiva de resultados potenciales. Presentarse en la realidad, utilizar algún conocimiento o implementar una solución para Trate de resolver el problema e incluso capacite al supervisor.

Además, Emilio [6], nos comenta que la automatización de procesos industriales implica un conjunto de elementos tecnológicos y equipos que aseguren la posibilidad de control y correcto funcionamiento del proceso. En general, la automatización debe ser capaz de dar respuesta a situaciones esperadas, pero también inesperadas, con el fin de poner en las mejores condiciones el proceso y los recursos humanos que lo apoyan.

Por otro lado, en los últimos años se han realizado diversos estudios sobre el tema en cuestión, es por ello que Sullón [6] en su tesis que lleva por título “Propuesta de instalación de una línea empaquetadora de espárrago verde para una empresa del sector agroindustrial de Chapén”, que tuvo como objetivo principal elaborar una propuesta para la instalación de una línea de llenado de espárragos verdes para una empresa agroexportadora. industria. Teniendo como resultado que la capacidad de la planta que requiere diseñar es de 208 478,32 kg/mes de espárrago, así mismo elaboró un diseño tecnológico que será necesario para el procesamiento del espárrago, además de considerar una sola área de paletizado para las 3 líneas de productos que contaría la empresa.

Así mismo Risco [7] en su investigación titulada “El impacto del costo por procesos y la cadena productiva del espárrago en la agroexportación”, el cuál logró identificar como problemática el costo apropiado de cada proceso según la cadena productiva del espárrago el cuál se subdivide en siembra, cosecha y proceso de empaquetado, en la que cada una tiene subdivisiones propias de actividades que se deben realizar, teniéndose como objetivo principal el demostrar el impacto positivo de los sistemas de costos por procesos en la cadena productiva del espárrago aplicada en la empresa agroindustrial Vivadis Perú S.A.C. Teniendo como resultado el detalle de cada proceso y los costos que son necesarios desde su cosecha hasta su empaquetado, identificando que etapa es el que requiere mayormente de una maquinaria o de mano de obra el cuál se encontraba en 22.19% en promedio aproximadamente, lo que les permitió realizar cambios en cada proceso y etapa anteriormente mencionado

Por su parte Julca [8], en su investigación “Estudio del trabajo en el área de envasado de espárragos de una empresa agrícola” el cual tuvo como objetivo principal proponer mejoras a una empresa que se dedica al envasado de espárragos, debido a que no se está logrando tener la producción esperada, es por ello que evalúan la productividad, producción y su capacidad ocupada teniendo como resultado que 10741 latas /día se dejaban de producir, proceden a realizar las mejoras en cuanto a los movimientos que realizan los operarios en cada etapa, logrando disminuir el tiempo de elaboración de la conserva y aumentar su producción a 4712 latas /día.

Saldaña [9], en su tesis titulada “Propuesta de mejora en el área de producción para reducir los costos operativos de la línea de producción de espárrago blanco fresco en la empresa agroindustrial Tal S.A.” teniendo como objetivo principal la evaluación del impacto de las herramientas de manufactura para la reducción de costos en la línea de producción de espárragos, en las cuales la empresa en la que se desarrollaba la investigación presentaba grandes pérdidas económicas de s/ 587 488.66 por campaña, luego de realizar la implementación se ubicó el cuello de botella para la aplicación de MRP y balance de línea teniendo como resultado un incremento en la productividad de 16.76% logrando disminuir algunos costos.

Huamán [10], en su investigación “Optimización de procesos industriales aplicando herramientas del Lean Manufacturing en el Complejo Agroindustrial Beta 2020” que tiene por objetivo principal el determinar a qué grado se puede lograr optimizar y aplicar herramientas de lean manufacturing en las áreas de proceso de los productos (espárrago, uva, arándano, palta, granada) que maneja el Complejo Agroindustrial Beta, ya que se ha presentado

descartes innecesarios produciendo grandes pérdidas que estas a su vez provocaban que los pedidos completos no se pudieran entregar a los clientes. Como resultados se tiene que a través de la aplicación de la herramienta y la concientización de los encargados se logra optimizar de forma adecuada y estandarizar los procesos en ejecución, lo que permite reducir tiempos innecesarios, desperdicios, etc, que benefician a la agroindustria.

Almeda [11] en su tesis titulada “ Diseño de un sistema de mejora continua para la reducción de mermas en el área de almacén de producto terminado en la Empresa Viru S.A.” que tiene como objetivo principal diseñar un sistema de mejora para la reducción de merma en el área de almacén de productos (Alcachofa, espárragos) de la empresa, para ello utilizaron la metodología PHVA la cual no era implementada en años, por lo que logró tener como resultado la reducción de la merma en cada área, en la que fue dispensable el apoyo de cada colaborador generando una mejor organización.

Por otro lado Cárdenas et al. [12] en su investigación “Plan estratégico de la Empresa Carmagro S.A.C” tuvo como objetivo principal estandarizar los controles y niveles de calidad con el fin de competir con las empresas agroindustriales que exportan espárrago es por ello que influye entre los cultivadores que puedan dedicarse y aumentar sus cultivos generando mayores cantidades en cosecha lo que mejorará a su vez el poder de negocio de la empresa, para ello evalúan las posibles estrategias que puedan permitir desarrollar este fin. Como resultado del arduo análisis consideran la opción de migrar a productos orgánicos, aparte de los espárragos, los cuales permita tener mejores ganancias, así mismo la incorporación de agricultores, consolidando relaciones y profesionalizándolos mediante accesos a la tecnología.

Castagnino et al [13], en su investigación titulada “Productividad y calidad de espárragos verdes masculinos en Azul, Buenos Aires, Argentina” el cual tiene como objetivo principal determinar la productividad del espárrago a través de una plantación estable, para ello compararon tipos de espárragos de diversos tamaños evaluando de esta forma la calidad presente en cada unidad. Como resultado obtuvieron los tipos de espárragos que mejor se adecuan comercialmente la cuales son Ercole, Giove, Eros ya que presentaba mayor cantidad de turiones, así mismo consideraron que se debería emplear dos cortes largos con el fin de incrementar los turiones.

Peebles, Barnett y Duke [14], en su investigación “Robotic Harvesting of Asparagus using Machine Learning and Time-of-Flight Imaging – Overview of Development and Field Trials” en la que logró identificar como problemática el rápido crecimiento de los espárragos y la escases de mano de obra presente en la época de cosecha, ya que al no realizarse en su debido momento, el espárrago se vuelve inmanejable e inservible, por lo que han considerado la

opción de automatizar este proceso el cuál ninguno de los dispositivos actuales cumplen correctamente la función que se requiere, es por ello que proponen el diseño y uso de un brazo robótico el cual permite reconocer e identificar los espárragos en condiciones óptimas de cosecha. Como resultado del diseño e implementación resultó el brazo exitoso ya que lograron cosechar el 92,3% de los espárragos, aunque la máquina continuará en evaluación y mejoras en cuanto a velocidades, permitió desarrollar la actividad esperada.

Brandenberger et al. [15], en su investigación “Asparagus Production” en el cuál logró identificar como problemática los factores que repercuten en el cultivo de espárragos, ya que para su posterior procesamiento menciona que requieren ciertos factores de calidad así como de cantidad, es por ello que toman distintas alternativas como precauciones tanto para su conservación como para las plagas presentes en los cultivos, aquellos que evitan que los espárragos sufran una debilitación y se vuelva menos vigorosa para su proceso de conserva. Como resultado presentaron los fertilizantes a tener en cuenta y los cuidados necesarios para esta hortaliza.

Materiales y métodos

Describir y analizar la situación actual del proceso de conserva de espárragos de una agroindustria

Para describir y analizar el estado actual del proceso de conserva de espárragos en la empresa agroindustria se tomaron los datos registrados por Bustamante [4] en su estudio titulado “Mejora del proceso de conserva de espárrago Verde en la empresa ALPES CHICLAYO S.A.C, para aumentar la productividad”, a partir del cual se consideró la información sobre la identificación de las etapas del proceso de conserva, los tiempos por cada etapa y las causas fundamentales de las pérdidas.

Realizar la propuesta del diseño automatizado del proceso de conserva de espárragos

Para la implementación de un sistema automatizado, se tomaron como base los datos obtenidos en el Objetivo 1, en el que se identificaron las etapas que demandan de mayor tiempo y su causa. Luego se realizó una valoración bibliográfica de diversas fuentes sobre los usos y el tipo de maquinaria que se podría utilizar en el proceso de conserva de espárragos, para posteriormente tomar una decisión sobre la alternativa tecnológica más adecuada para este proceso y finalmente definir nuevos indicadores y costos que generaría esta mejora.

Simular el antes y después del sistema automatizado en la empresa de conservas de espárragos

Para la realización de la simulación previa y posterior del sistema automatizado en la empresa de conservas de espárragos, se utilizó el software ProModel, donde se definen las estaciones de trabajo (ubicaciones) y la materia prima que se encontrará recorriendo el proceso (entidades), los arribos y la definición de las rutas de las entidades del sistema; además de las limitaciones que puedan estar involucradas en el proceso y la duración de estas. Toda la información necesaria para la simulación se recoge de los dos primeros objetivos, para finalmente realizar una comparación.

Resultados y discusión

En la presente investigación, se utilizó como base de datos la información proporcionada en la investigación de Bustamante sobre una empresa agroindustrial en la cual se dedica al proceso de conservación de varias hortalizas, principalmente de espárragos teniendo como objetivo satisfacer la demanda la cual ha ido aumentando. Donde la empresa trabaja un turno de 11 horas/día (incluyendo 3 horas extra), con un total de 28 trabajadores en la cual la mayoría realiza trabajo manual, los cuales no tienen una capacitación constante sobre como poder realizar un mejor trabajo en cada etapa en la cual se encuentra, originando de esta forma que les tome mayor tiempo en realizar su trabajo dañando con mayor facilidad la materia prima y generando mucha más merma [4]. Las etapas que conforman el proceso de conserva se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Tabla resumen de proceso de conserva de espárragos

Etapa	T.E. min x etapa
Pesado	9,345
Selección y clasificación	153,981
Corte	136,799
Lavado y desinfección	13,125
Escaldado	11,063
Enfriamiento	12,411
Envasado	39,603
Pesado	35,511
Adición de agua blanda	31,546
Escurrido	21,201
Exhausting	25,779
Cerrado	36,055
Tratamiento térmico	36,498
Limpieza, secado e inspección	24,351
Codificado	22,261
Paletizado	28,253
Total	673,837

Fuente: Bustamante [4]

Como se muestra en la tabla anterior, las etapas con mayores tiempos se encuentran en el área de selección y clasificación, seguido del corte. La producción de la empresa es de 3 857

latas/día, sin embargo, para que esta logre satisfacer la demanda, esta cantidad debería aumentar, lo que indica que existe una parte demandada la cual aún no está cubierta. La eficiencia presente es del 27% y la productividad laboral es de 137,75 latas/operario.

La empresa dedicada a la conservación de espárragos presenta altos costos de producción debido a una serie de factores los cuales se detallan a continuación en el siguiente diagrama.

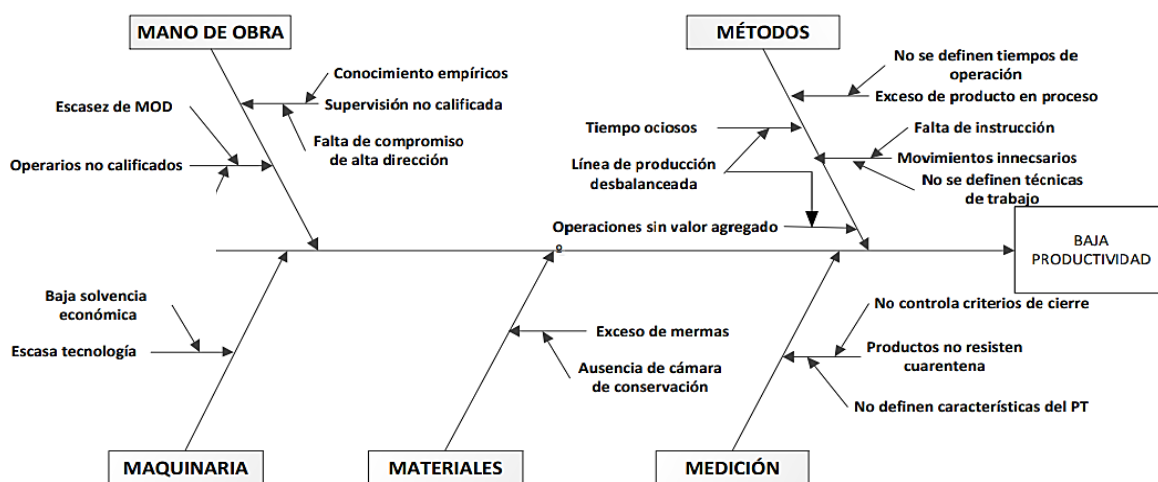


Figura 1. Diagrama de Ishikawa de baja productividad

Fuente: Bustamante [4]

Realizar el diseño automatizado del proceso de producción de arándanos frescos

Considerando que la empresa desea satisfacer una mayor demanda, es decir, la producción a mayor escala; la necesidad de reducir la mano de obra redundante, el tiempo de inactividad y el cambio en la calidad del producto final debido al manejo excesivo y la falta de automatización del sistema durante el proceso de conserva de espárragos, propone el implementar el uso de una máquina y / o equipo, especialmente en operaciones con largos plazos de entrega y altos costos; siendo las etapas de selección y clasificación, como el de corte.

Es por ello que se propone la incorporación de una máquina INDEMA el cuál remplazará las etapas de pesado, seleccionado, cortado y lavado, asegurando la calidad del producto y realizando estas operaciones en un menor tiempo.


Tabla 2. Tabla resumen de proceso con incorporación de maquinaria

Etapa	T.E. min x etapa
Pesado, selección, corte y lavado	52
Escaldado	11,063
Enfriamiento	12,411
Envasado	39,603
Pesado	35,511
Adición de agua blanda	31,546
Ecurrido	21,201
Exhausting	25,779
Cerrado	36,055
Tratamiento térmico	36,498
Limpieza, secado e inspección	24,351
Codificado	22,261
Paletizado	28,253
Total	555,596

Fuente: Elaboración propia

La implementación de esta máquina tiene como objetivo disminuir el cuello de botella y los tiempos que no aportan mucho valor al producto, de esta forma reducir la merma que hace que el producto final no se encuentre en óptimas condiciones.

Tabla 3. Ficha técnica de máquina propuesta

Ficha técnica -máquina INDEMA	
Imagen referencial	Ficha técnica
	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de máquina: Cortadora, calibradora, clasificadora • Modelo: Cav • Material de fabric.: Acero inoxidable, bandas y partes eléctricas • Largo: 26. 000 mm • Ancho: 1. 200 mm • Capacidad: 35. 000 tuniones/hora • Categoría: fruta y verduras • Adecuado para: espárragos

Fuente: Indema [17]

Así mismo se realiza una evaluación económica para poder conocer más a detalle el costo de la implementación de la máquina.

Tabla 4. Beneficio de costo en el proceso de conserva de espárragos

Beneficio Anual	
Producción adicional (unid/día)	4 969 latas/día
Producción (días/año)	1 788 840 latas /día
Precio por lata	S/ 1.22
Total de beneficio (anual)	S/ 2 182 394.8
Máquina propuesta	
Nº de máquinas	1
Precio de instalación	S/ 3 000
Precio de máquina	S/ 12 000
Total	S/ 15 000
Operario	
Nº de operarios	3
Costo de contratación	S/ 950
Total	S/ 950

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior nos permite conocer el beneficio que tendría la empresa con el automatizado, así mismo los costos que este automatizado tendría consigo. Es importante recalcar que habría una reducción en cuanto al número de operarios, ya que estos se concentraban en el cuello de botella.

Tabla 5. Comparación de indicadores

Indicador	Fórmula	Línea actual	Línea automatizada
Producción diaria	$P = \frac{Tb}{Tc}$	$P = \frac{11 \text{ h/día}}{0,171 \frac{\text{min}}{\text{lata}} * \frac{1\text{h}}{60 \text{ min}}}$ $P = 3857 \text{ latas/día}$	$P = \frac{11 \text{ h/día}}{0,133 \frac{\text{min}}{\text{lata}} * \frac{1\text{h}}{60 \text{ min}}}$ $P = 4969 \text{ latas/día}$
Eficiencia	$E = \frac{\sum Ti}{n * Tc}$	$E = \frac{673,84}{16 * 153,98} * 100$ $E = 27\%$	$E = \frac{555,596}{13 * 52} * 100$ $E = 82\%$
Productividad mano de obra	$Pd = \frac{\text{producción}}{\text{nº de operarios}}$	$Pd = \frac{3857 \text{ latas}}{28 \text{ operarios}}$ $Pd = 137,75 \text{ latas/operario}$	$Pd = \frac{5678 \text{ latas}}{15 \text{ operarios}}$ $Pd = 331,26 \text{ latas/operario}$

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

Situación actual del proceso

Entidades: Espárrago, lata, java

Procesamiento:

Tabla 6. Proceso de sistema actual

Entidad	Locación	Operación	Salida	Destino
Espárrago	Área de recepción M.P	31,6 min	Espárrago	Área de pesado
Espárrago	Área de pesado	9,4 min	Espárrago	Área de selección y clasificación
Espárrago	Área de selección y clasificación	153,9 min	Espárrago	Área de corte
Espárrago	Área de corte	136,8 min	Espárrago	Tina de desinfección
Espárrago	Tina de desinfección	13,2 min	Espárrago	Tina de escaldado
Espárrago	Tina de escaldado	11,1 min	Espárrago	Tina de enfriado
Espárrago	Tina de enfriado	12,4 min	Lata	Área de envasado
Lata	Área de envasado	39,6 min	Lata	Área de pesado 2
Lata	Área de pesado 2	35,5 min	Lata	Exhauster
Lata	Exhauster	25,8 min	Lata	Cerradora
Lata	Cerradora	36,6 min	Lata	Tratamiento térmico
Lata	Tratamiento térmico	36,5 min	Lata	Área de limpieza
Lata	Área de limpieza	24,4 min	Lata	Codificadora
Lata	Codificadora	22,3 min	Java	Área de paletizado
Java	Área de paletizado	28 min	Java	Almacén

Fuente: Elaboración propia.

Layout:



Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)
Espárrago	0,00	0,00	0,00
Lata	540,00	130,31	40,96
Java	461,00	59,82	28,30

Sistema automatizado del proceso

Entidades: Espárrago, lata, java

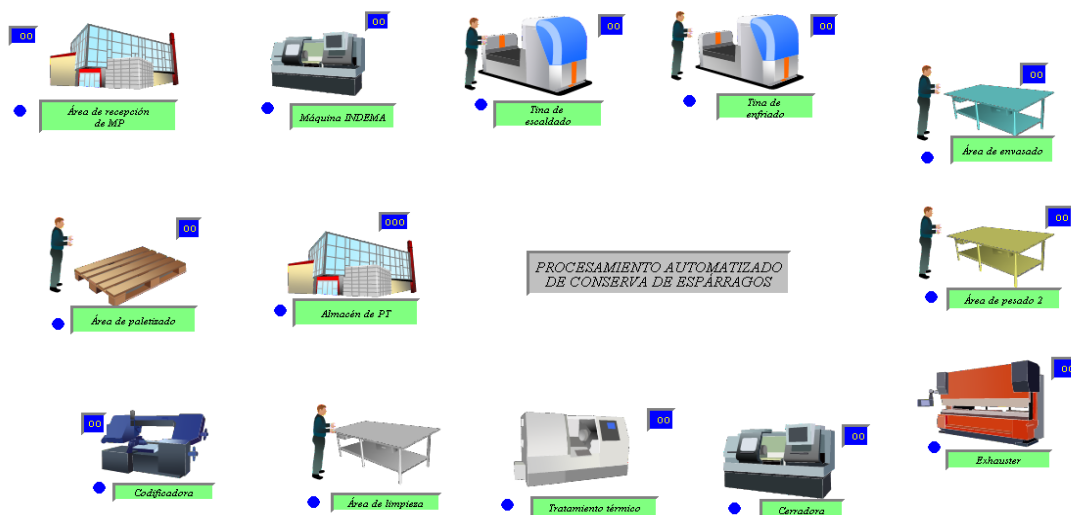
Procesamiento:

Tabla 7. Proceso de sistema actual

Entidad	Locación	Operación	Salida	Destino
Espárrago	Área de recepción M.P	31,6 min	Espárrago	Máquina INDEMA
Espárrago	Máquina INDEMA	52 min	Espárrago	Tina de desinfección
Espárrago	Tina de desinfección	13,2 min	Espárrago	Tina de escaldado
Espárrago	Tina de escaldado	11,1 min	Espárrago	Tina de enfriado
Espárrago	Tina de enfriado	12,4 min	Lata	Área de envasado
Lata	Área de envasado	39,6 min	Lata	Área de pesado 2
Lata	Área de pesado 2	35,5 min	Lata	Exhauster
Lata	Exhauster	25,8 min	Lata	Cerradora
Lata	Cerradora	36,6 min	Lata	Tratamiento térmico
Lata	Tratamiento térmico	36,5 min	Lata	Área de limpieza
Lata	Área de limpieza	24,4 min	Lata	Codificadora
Lata	Codificadora	22,3 min	Java	Área de paletizado
Java	Área de paletizado	28 min	Java	Almacén

Fuente: Elaboración propia.

Layout:



Nombre	Total Salidas	Tiempo En Sistema Promedio (Min)	Tiempo En Operación Promedio (Min)
Espárrago	0,00	0,00	0,00
Lata	540,00	132,01	41,16
Caja	594,00	59,91	28,50

Así mismo se muestran los resultados de ambas simulaciones, con el fin de poder comparar el total de salidas tanto de la situación actual como el del automatizado, el cual incrementó un 23%

Conclusiones

- Se logró describir la situación actual de la empresa en cuanto a su proceso de envasado de espárrago, encontrando de esta forma que la mayor parte de los procesos se realizaba de manera manual lo que permitía que en exactamente en el cuello de botella que se situaba en el seleccionado y clasificado era donde se concentraba un mayor número de operarios, lo que no permitía que la empresa agroindustrial pudiese aumentar su producción diaria con un turno de 11 horas, teniendo una eficiencia de 27%, una productividad de mano de obra de 137,75 latas/operario, un tiempo total de producción de 673,84 min/ lata.
- Así mismo, para la automatización del proceso de conserva de espárragos, se ha propuesto utilizar 1 máquina y / o equipo que reemplazará el trabajo manual en 3 áreas, lo que reduce el tiempo total de producción en un 17,5% además de la mano de obra empleada. (15), con una producción diaria de 4969 latas/día, eficiencia del 95,68% y productividad laboral de 331,26 latas/operario, con un tiempo total de 555,596 min/ lata.
- Se realizó la simulación del proceso de conserva de espárragos actual de la empresa y el proceso automatizado propuesto, el cual aportó un mayor conocimiento y noción del posible escenario de mejora, así como la comparación de indicadores evaluados. La futura automatización permitirá la reducción de mermas en el proceso, reduciendo tiempos perdidos y así mismo mejorar la calidad del producto que ofrecerá, permitiendo de esta forma cubrir una mayor parte de la demanda.

Referencias

- [1] MIDAGRI, «Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.midagri.gob.pe/portal/28-sector-agrario/esparragos/235-generalidades-del-producto>. [Último acceso: 23 Noviembre 2021].
- [2] L. M. Montes Reyes, «PLAN DE NEGOCIO PARA LA EXPORTACIÓN DE ESPÁRRAGOS EN CONSERVA DE LA EMPRESA AGROINDUSTRIAS AIB HACIA EL MERCADO DE ESPAÑA, 2018-2020,» Chiclayo.
- [3] USDA, «Agraria,» 16 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://agraria.pe/noticias/produccion-de-esparragos-en-peru-creceria-ligeramente-14588>. [Último acceso: 23 Noviembre 2021].
- [4] M. D. M. Bustamante Villegas, «MEJORA DEL PROCESO DE CONSERVA DE ESPÁRRAGO VERDE EN LA EMPRESA ALPES CHICLAYO S.A.C., PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD,» Chiclayo, 2019.
- [5] H. R. Esparza González, F. D. J. Martínez Álvarez y G. S. Monroy Alvarado, «SIMULACIÓN: CONCEPTOS Y EVOLUCIÓN,» Máxico.
- [6] E. García Moreno, Automatización de procesos industriales, Valencia: Universitat Politecnica de Valencia, 1999.
- [7] A. P. SULLON TORRES, «PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UNA LÍNEA EMPAQUETADORA DE ESPÁRRAGO VERDE PARA UNA EMPRESA DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL DE CHEPÉN,» Chiclayo, 2018.
- [8] N. A. Risco Mc Gregor, «EL IMPACTO DEL COSTO POR PROCESOS Y LA CADENA PRODUCTIVA DEL ESPÁRRAGO EN LA AGROEXPORTACIÓN,» vol. 4, n° 1, pp. 2664-4029, 2021.
- [9] S. D. Julca Gutiérrez, «Estudio del trabajo en el área de envasado de espárragos de una empresa agrícola,» Lima, 2020.
- [10] D. A. Saldaña Cabellos, «PROPUESTA DE MEJORA EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE ESPÁRRAGO BLANCO FRESCO EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL TAL S.A.,» Trujillo, 2019.
- [11] G. R. HUAMAN TELLO, «Optimización de procesos industriales aplicando herramientas del Lean Manufacturing en el Complejo Agroindustrial Beta2020,»

Lima, 2020.

- [12] E. A. ALMEYDA ROJAS, «DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEJORA CONTINUA PARA LA REDUCCIÓN DE MERMAS EN EL ÁREA DE ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO EN LA EMPRESA VIRU S.A.,» 2020.
- [13] G. Cárdenas Ramírez, E. Benavides López , P. H. Calisaya Morales, . J. L. Rendón Andía y .. J. E. Zelada Pesantes, «PLAN ESTRATÉGICO DE LA EMPRESA CARMAGRO S.A.C.,» 2019.
- [14] A. M. Castagnino, K. E. Díaz, A. P. Guisolis, W. J. Rogers, A. Falavigna y M. B. Rosini, «Productividad y calidad de espárragos verdes masculinos en Azul, Buenos Aires, Argentina,» *Universidad de Costa Rica*, vol. 30, n° 3, pp. 721-732, 2010.
- [15] M. Peebles, J. Barnett y M. Duke, «Robotic Harvesting of Asparagus using Machine Learning and Time-of-Flight Imaging – Overview of Development and Field Trials,» *researchgate*, 2020.
- [16] L. P. Brandenberger, J. Shrefler, E. J. Rebek y J. Damicone, «Asparagus Production,» *reserahgate*, 2014.
- [17] INDEMA, INDEMA, [En línea]. Available: <https://indemajfj.com/producto/maquina-esparragos-clasificadora-calibradora-seleccion-por-vision-artificial-fabricacion-a-medida-del-cliente/>. [Último acceso: 05 Diciembre 2021].