

Una Simulación de Sistemas para Mejorar el Proceso de Pelado de Ajos en la Industria de Salsas

A Systems Simulation for Improving the Garlic Peeling Process in the Sauce Industry

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.7.1.2025.04>

Fecha de recepción: 14/11/2024. Fecha de Publicación: 7/01/2025

Yoselin Calvo-Rivera

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
ycalvo@cuc.edu.co

Mateo Pérez-Cantillo

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
mperez115@cuc.edu.co

Bryant Quintero-Plata

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
bquinter4@cuc.edu.co

Lebrogers Soto-Villalba

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
lsoto@cuc.edu.co

Alexander Troncoso-Palacio

Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
atroncos1@cuc.edu.co

Como citar en *IEEE* este artículo: Calvo-Rivera, Y. y Otros, «Un Análisis de Propuestas para Mejorar el Proceso de Pelado de Ajos en la Industria de Salsas» Boletín de Innovación, Logística y Operaciones, vol. 7. No. 1. pp. 30-42, 2025. Online. <https://revistascientificascuc.edu.co/bilo/article/view/6109>

Resumen

La simulación de sistemas es una herramienta clave para los procesos productivos de las empresas, pues permite evaluar diferentes escenarios y estrategias, identificando cuellos de botella, ineficiencias y áreas de mejora en la producción. En este proyecto se busca analizar las propuestas de mejora para el proceso productivo de una empresa dedicada a la elaboración de salsas y aderezos. Se identificó un cuello de botella en el proceso de pelado de ajos, el cual impacta negativamente la eficiencia operativa. Mediante el software Arena, se plantearon dos propuestas específicas alineadas a las necesidades de la empresa, enfocadas en mejorar los tiempos de producción y reducir los costos de almacenamiento e inventario. La metodología del proyecto incluye la recolección de datos, la simulación del proceso productivo actual mediante Arena y la identificación de mejoras que favorezcan la eficiencia continua de la compañía. Al final se identificaron demoras en el proceso y el impacto que estas tenían en la producción y se dejó a la vanguardia de futuras investigaciones.

Palabras claves: Simulación de sistemas, Software Arena, Cuello de Botella, proceso productivo, reducir costos, mejora de tiempos.

Abstract

Systems simulation is a key tool for the production processes of companies, since it allows the evaluation of different scenarios and strategies, identifying bottlenecks, inefficiencies and areas for improvement in production. This project seeks to analyse improvement proposals for the production process of a company dedicated to the production of sauces and dressings. A bottleneck was identified in the garlic peeling process, which negatively impacts operational efficiency. Using Arena software, two specific proposals aligned to the company's needs were proposed, focused on improving production times and reducing storage and inventory costs. The project methodology includes data collection, simulation of the current production process using Arena, and the identification of improvements that Favor the company's continuous efficiency. At the end, delays in the process and their impact on production were identified and left at the forefront of future research.

Keywords: System simulation, Arena Software, Bottleneck, production process, cost reduction, time improvement.

Introducción

En el contexto actual, la eficiencia y la optimización de los procesos productivos se han convertido en factores clave para la competitividad de las empresas en la industria alimentaria es por eso por lo que este proyecto se basa en el estudio e identificación de problemas en el proceso productivo de la salsa de ajo (producto estrella) de D'LA ABUELA, una empresa colombiana ubicada en Puerto Colombia-Atlántico dedicada a la producción de salsas y aderezos. En las investigaciones realizadas logramos encontrar y se puede observar que es común encontrar problemáticas en el proceso de producción de salsas y aderezos como es el caso de La empresa colombiana de salsas S.A.S, donde se implementó un estudio de métodos y tiempos, y se evidenció una problemática conforme a la disponibilidad de espacios al interior de las instalaciones, debido a la mala distribución presente en el área de producción; consecuencia de la mala infraestructura en la planta en general, por estos factores descritos, se presencian excesivos transportes, almacenamientos y demoras innecesarias, dado a largos recorridos dentro del proceso para ejecutar las diferentes operaciones de finalización tales como loteado, etiquetado y empaclado. [1] Siguiendo con los estudios previos, estos evidencian una problemática real sobre estos procesos productivos en la producción de salsas, uno de los problemas más estudiados es el empaquetado de las salsas, en pasadas investigaciones se utilizaban conceptos de investigación de operaciones en donde mediante la teoría de restricciones se optimizó este proceso con un diseño de 5 pasos que tiene como objetivo trabajar netamente bajo las necesidades del cuello de botella para agilizar y mejorar el Proceso productivo. [2]

En otras Investigaciones nos muestran metodologías como la DMAIC (Definir, medir, Analizar, mejorar y controlar) para solucionar problemas en las cadenas productivas de las salsas o aderezos, siendo este un método que brinda una visión teórica sobre la solución y busca resolver el problema de forma estructurada y enfocada en la mejora continua del proceso. [3, 4, 5, 6, 7] Con estudios previos se concluye que en los procesos de fabricación de salsas o aderezos existen varios cuellos de botellas que afectan de forma directa el proceso tanto en el ámbito mundial como en el nacional, con demoras o atrasos que no solo significan una pérdida de tiempo sino también una pérdida monetaria, es por eso que el presente proyecto se centra en solucionar el cuello de botella de envasado y empaclado de salsas en una empresa del Departamento del atlántico utilizando el software arena para simular su proceso, mejorarlo y optimizarlo con el fin de reducir costos e ir encaminados a la mejora continua.

Estado del arte

En el siguiente estudio se analizarán los tiempos que se generan en el proceso de elaboración de salsas de una empresa del sector alimentario "D' LA ABUELA". En este se buscará brindar opciones para una mejora en los tiempos de producción. El sector manufacturero se refiere a la transformación física o química de materiales o componentes para formar nuevos productos. El sector de servicios se refiere a todo tipo de servicios, incluidos el comercio de distribución, los hoteles y restaurantes, los servicios profesionales y de TIC, la educación privada, la atención sanitaria y otros. [8] En los últimos años, los métodos de simulación por computadora se han vuelto populares para analizar sistemas complejos y del mundo real, entre otras técnicas de investigación operativa, como la programación matemática, y permiten la evaluación de varias medidas de rendimiento. [9] Los modelos matemáticos convencionales a menudo resultan en exceso de existencias o faltantes, lo que aumenta los gastos totales o disminuye los niveles de servicio. Numerosos analistas y expertos utilizan la simulación como una forma creíble y adaptable de tratar los problemas de manejo de inventario. [10] Los modelos de simulación convencionales de sistemas de producción han modelado a los operadores de manera similar a máquinas que

realizan tareas en un tiempo específico. En la simulación de eventos discretos (DES), un método que se utiliza habitualmente para modelar sistemas de producción, los operadores suelen representarse realizando tareas con un tiempo de procesamiento específico [11]. La optimización de la simulación permite modelar las características operativas de la planificación logística intermodal con diferentes objetivos, incluidas las reducciones de costos y emisiones, el aumento de la confiabilidad del tiempo de viaje del transporte o la variabilidad de la demanda [12]. El uso final de los datos recopilados debe ser una entrada para el análisis numérico y de simulación e investigar más a fondo la causa raíz del problema. [13]

La idea es implementar estrategias para poder mejorar mediante la simulación del software Arena. El objetivo de dicha estrategia es abordar la creciente demanda de los clientes ofreciendo productos estándar y reformados para minimizar el desperdicio de materiales y apoyar la fabricación ecológica. Teniendo en cuenta lo anterior, es vital construir estrategias efectivas de control [14]. Los datos son los valores de los productos en el plazo de producción, tiempos de ciclo de los procesos, tiempos de transporte entre los procesos, la disponibilidad de los procesos y la capacidad de los procesos no automatizados [15]. El principio de la planificación es dar al programa de producción del sistema de producción, seleccionar razonablemente el equipo que constituye el sistema de producción, optimizar varios parámetros del sistema y asignar tareas de procesamiento a cada trabajador o equipo para equilibrar la carga, y organizar el equipo razonablemente para que el sistema de producción pueda cumplir con los requisitos de productividad establecidos y el costo total del sistema de producción [16]. La empresa ha realizado la planeación mediante programación, la cual se estima con base en la experiencia y desempeño histórico en condiciones similares, incorporando implícitamente las restricciones de equipos, servicios e infraestructura disponibles. Finalmente, el cálculo de los resultados del proceso de planeación, junto con la secuenciación y requerimientos [17].

Debemos enfocarnos en mejorar la resiliencia en la industria. Al hablar de resiliencia en la industria, es esencial considerar el concepto de ingeniería de resiliencia. La ingeniería de resiliencia es un paradigma en la gestión de la seguridad que se centra en abordar la complejidad de los sistemas y equilibrar la productividad y la seguridad. La resiliencia en los factores humanos se entiende como la capacidad intrínseca de un sistema para ajustar su funcionamiento antes, durante o después de cambios en las condiciones o perturbaciones para continuar las operaciones requeridas en condiciones esperadas e inesperadas. [18]. Los seres humanos son críticos, tanto física como cognitivamente, en cada área de producción y logística. Están dotados de conocimiento de dominio, capacidades de movimiento físico y experiencia laboral. En las interacciones entre el sistema humano, el rendimiento total del sistema está determinado por la simbiosis de los sistemas técnicos y sociales [19]. A diferencia de los enfoques enumerados, el presente documento se centra en la optimización de múltiples actividades. Es decir, explora el tema del control y la planificación conjuntos en sistemas de fabricación de múltiples etapas que son dinámicos y propensos a un deterioro persistente [20]. El objetivo principal de un balanceo de línea consiste en nivelar el tiempo que se trabajó en todo el proceso. Una línea de producción balanceada necesita de una buena y prudente consecución de datos, movimientos de recursos, aplicación teórica e inversiones económicas. [21]

La capacidad que tiene una empresa de utilizar eficientemente sus recursos para producir mayores cantidades de salsas. Esta variable será dependiente de las variables del proceso productivo y la intención es buscar el óptimo, es decir, variar el destino o la ubicación de los recursos para observar los niveles de producción [22]. Se identificó el proceso de producción, y se analizó cada uno de sus componentes a través de entrevistas con personal y observación no participante para entender los procesos y equipos en detalle [23]. La demora en los tiempos y buscar la mejora de este problema de selección puede enmarcarse como un problema de toma de decisiones multicriterio, que implica evaluar un número significativo de alternativas de decisión basadas en múltiples criterios que pueden entrar en conflicto [24]. La etapa final de la investigación y el análisis fue tratar de mejorar el proceso proponiendo cambios en el cuello de botella y examinando su impacto en el sistema [25] Por este motivo, este estudio resumirá las técnicas de simulación de métodos de evaluación para la valorización de neumáticos de desecho junto con las tecnologías avanzadas [26]. Desarrollaremos un modelo de simulación utilizando el software Arena para estudiar el impacto de los principios de rendimiento de estos procesos. Los estudios han encontrado que los principios lean mejoran efectivamente el rendimiento de los procesos seleccionados. En resumen, el software de simulación Arena ha sido ampliamente utilizado en muchos campos y continuará siendo utilizado en otros aspectos. [27]

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se planteó una metodología definida por etapas para abordar en su totalidad los requerimientos propuestos: En la primera etapa, se realizará una inmersión en el proceso productivo de la compañía para comprender a fondo su funcionamiento. Esto incluirá la recolección precisa de datos, como tiempos de ciclo, tiempos de espera, capacidades de las máquinas y flujos de materiales, además de documentar el proceso mediante fotos, videos y diagramas de flujo. Durante la visita, se llevarán a cabo entrevistas con el personal clave para captar sus percepciones y preocupaciones, lo que permitirá identificar preliminarmente los cuellos de botella que limitan la eficiencia del proceso. En la segunda etapa, se validarán los datos recolectados durante la visita para garantizar su precisión y se construirá un modelo preliminar del proceso productivo en el software Arena. Este modelo permitirá visualizar los flujos de trabajo y comprobar su exactitud respecto al proceso real. Además, se identificarán y definirán escenarios específicos para evaluar diferentes configuraciones del proceso, permitiendo un análisis inicial de cómo podrían abordarse los cuellos de botella.

Con el modelo preliminar en Arena, se procederá a su refinamiento para incluir todas las variables relevantes del proceso productivo. Se realizarán pruebas iterativas bajo diferentes configuraciones para determinar la solución óptima que minimice los cuellos de botella y maximice la eficiencia. Posteriormente, se llevará a cabo una evaluación exhaustiva del impacto de estas soluciones en la productividad, tiempos de ciclo, costos, y otras métricas clave del proceso. Una vez identificadas las soluciones optimizadas, se desarrollará un plan de implementación detallado que incluirá un cronograma con pasos claros y responsables asignados. Durante la implementación, se realizará un monitoreo continuo del proceso para asegurar que las mejoras funcionan como se espera. Si es necesario, se harán ajustes adicionales para optimizar aún más el proceso y garantizar que se alcancen los objetivos establecidos. Con esta metodología se busca que la compañía utilice de forma correcta las soluciones creadas con el fin de maximizar productividad y disminuir costos en base a su problema de envasado y empaquetado.



Figura. Metodología por etapas. Fuente: Autores

Desarrollo

En la primera etapa de nuestro proyecto, llevamos a cabo la recolección de datos de 18 procesos clave. Utilizamos la herramienta Input Analyzer para analizar la distribución de estos datos, lo que nos permitió obtener una comprensión más clara de su comportamiento y características. Este análisis es fundamental para optimizar nuestros procesos y tomar decisiones informadas en las siguientes etapas del proyecto.

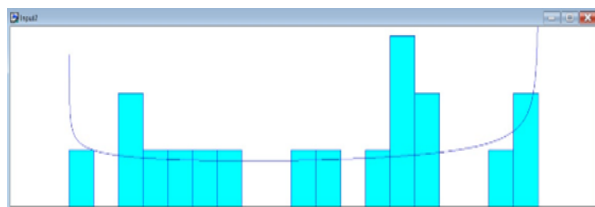


Figura Distribución Beta Llegada de Ajo

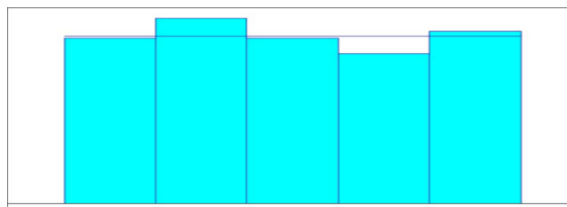


Figura Distribución Uniforme Moldeo de Ajo

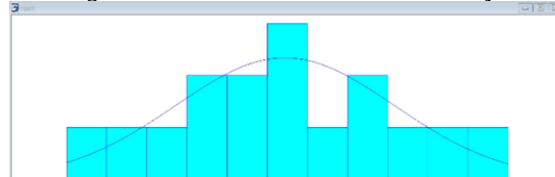
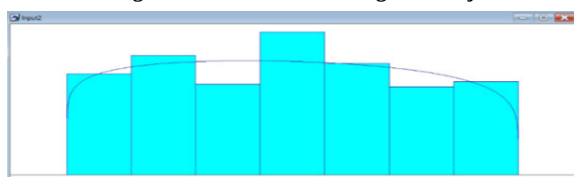


Figura Distribución beta Separado del Ajo

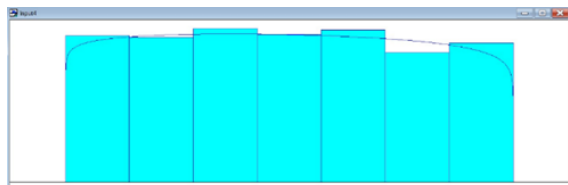


Figura Distribución Normal Pelado del Ajo

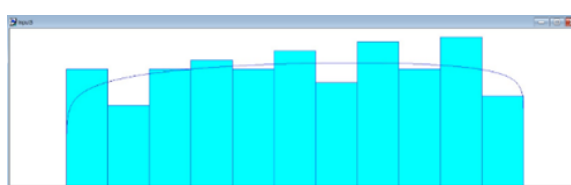


Figura Distribución beta Lavado de ajo

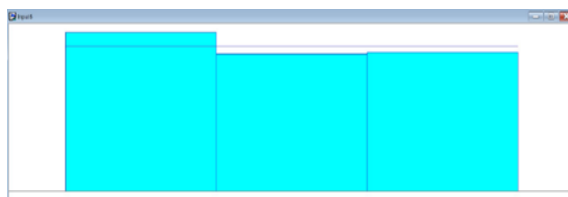


Figura Distribución Beta Inspección y desinfección ajo

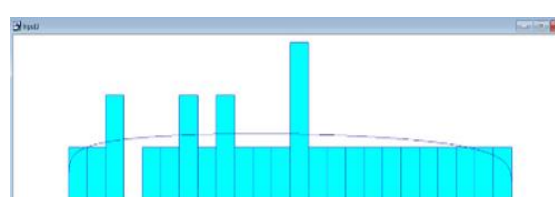


Figura Distribución Uniforme Secado del Ajo

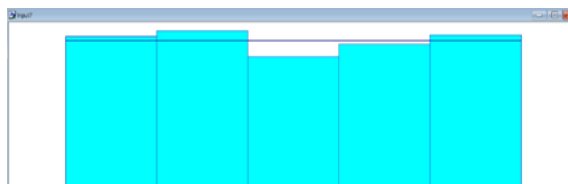


Figura Distribución Beta Llegada del Limón

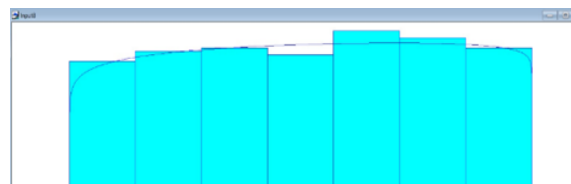


Figura distribución Uniforme Inspección del limón

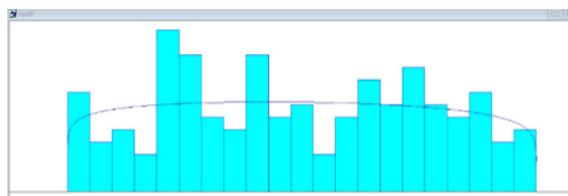


Figura distribución beta lavado y desinfección limón

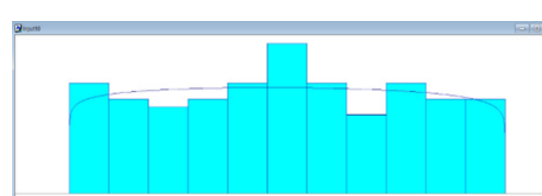


Figura Distribución Beta Cortado del limón

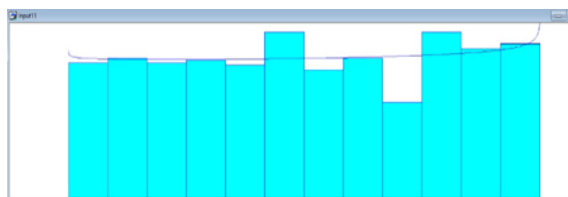


Figura distribución Beta Exprimido Limón

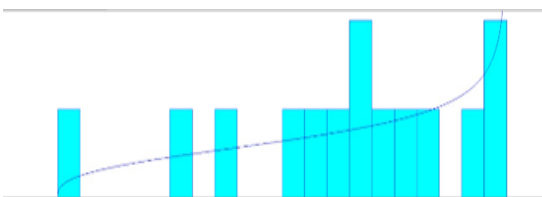


Figura Distribución beta Colado del Limón

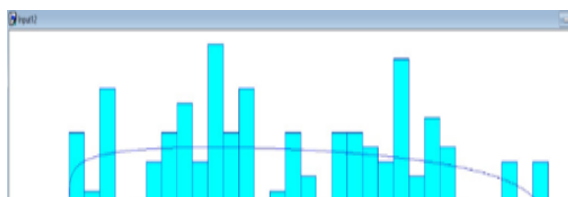


Figura Distribución beta Llegada Soya y Almidón



Figura Distribución Beta Pesado materia Prima



Figura Distribución beta Licuado



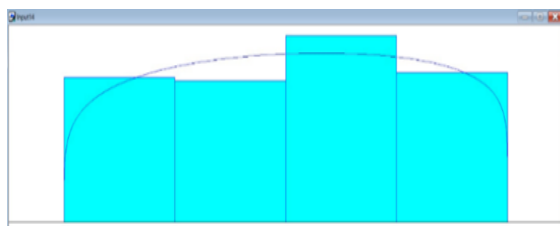


Figura distribución beta Inspección Calidad

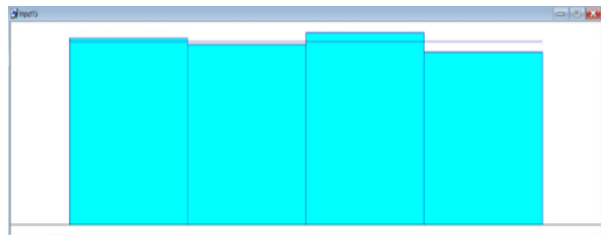


Figura Distribución beta Envasado a Dosificadora

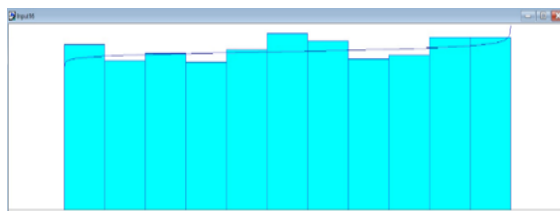


Figura Distribución beta Envasado a Empaques

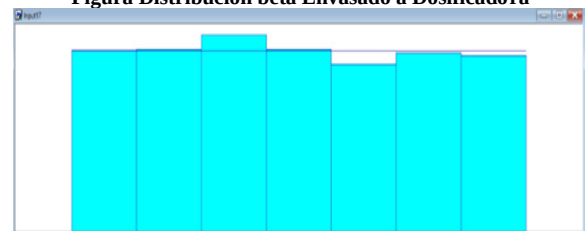


Figura Distribución Uniforme Sellado

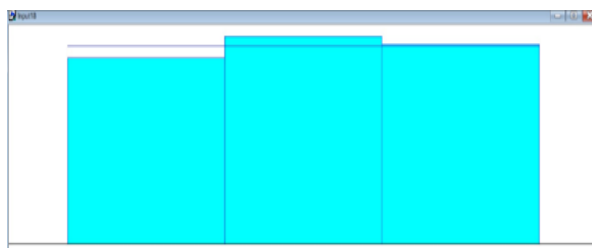


Figura Distribución Uniforme Loteado

Luego de realizar el análisis de datos de entradas se detecta que el comportamiento de los datos más comunes para este sistema sigue la distribución beta y la distribución uniforme, sin embargo, para el proceso del pelado del ajo se ve una distribución normal la única en el sistema, este proceso permitió la diferenciación de los datos y es crucial para los parámetros e indicadores del sistema. Con los datos obtenidos y tras haber analizado la distribución de cada proceso, estamos listos para proceder con la simulación en ARENA. Esta herramienta nos permitirá modelar y evaluar el comportamiento de los procesos en un entorno virtual, facilitando la identificación de oportunidades de mejora y la toma de decisiones operacionales. Para esta segunda fase del desarrollo de nuestro proceso utilizamos el software arena para modelar el proceso actual delimitando los cuellos de Botella del proceso que no permiten tener una eficiencia en el sistema y generar retrasos en la producción.

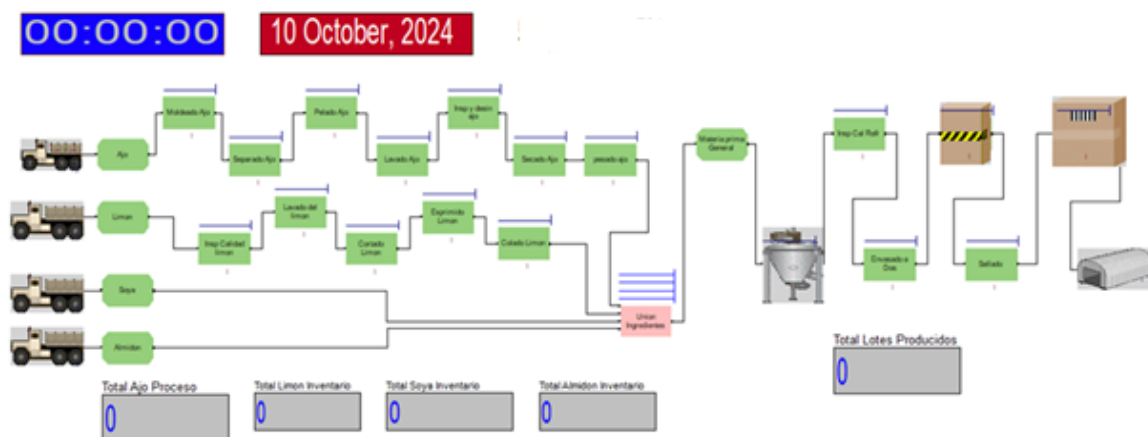


Figura. Modelo Actual del proceso Software Arena. Autores

Luego de simular el sistema productivo de la compañía SALSAS DE LA ABUELA S.A.S se delimita el cuello de botella de la compañía el cual se encuentra en el proceso del pelado del Ajo debido a que este proceso es un proceso manual y demora en promedio 90 min por cada bulto de ajo que llegue, lo cual no solo genera atrasos, sino que limita la producción de la compañía y hace que se almacenen al final más producto en el inventario lo que aumenta los costos y disminuye la eficiencia de la compañía. Al realizar este modelo se denotan los cuellos de botella relacionados con la eficiencia de la producción y el almacén de producto restante a los inventarios, a continuación, en el análisis de resultados se brindarán soluciones afines con la disminución de tiempos en los cuellos de botella.

Resultados

Los resultados planteados en esta fase son con relación a los cuellos de botella y las posibles soluciones a los problemas con el fin de reducir tiempo, costos y mejorar la productividad.

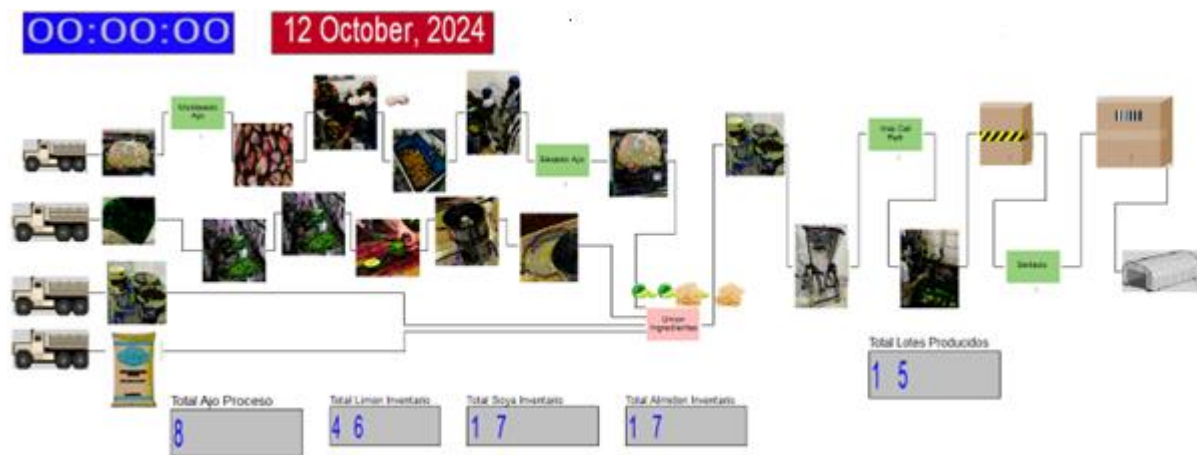


Figura. Modelo Corrido con resultados. Autores

Luego de simular el proceso el cual se lleva a cabo en 2 días divididos en 2 jornadas de a 12 horas diarias, se observa que en total se termina de forma exitosa 15 lotes de 200 salsas cada uno, lo cual da un total de 3000 salsas de ajo en 2 días de producción los cuales son los dos días predestinados para la elaboración de este producto. Sin embargo, un dato preocupante sobre el proceso es la cantidad de lotes de materia prima que queda para almacenar en inventario o que queda estancada en el proceso, según el proceso casi 8 bultos de ajo quedan sin pelar en los dos días y según la empresa a ellos les toca ocurrir a medidas como vender nuevamente ajo a sus proveedores o sencillamente almacenarlo lo cual genera pérdidas en el proceso productivo y todo esto se debe a la demora existente en el proceso del pelado de ajo. A su vez se denota que en inventario quedan 46 litros de zumo de limón para utilizar en otro proceso, a su vez su soja con 17 litros de aceite y 17 litros de almidón pregelatinizado, estos materiales no preocupan de forma directa a la empresa debido a que pueden ser reutilizados en otros procesos de otras salsas, pero si genera inventario lo cual significa pérdida monetaria para la empresa. Para entender más acerca de este proceso se generó el siguiente reporte gracias al software Arena.

TALLY VARIABLES					
Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	2.5923	(Insuf)	2.5068	2.7086	15
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Entity 1.WaitTime	30.764	(Insuf)	5.6136	50.946	15
Entity 1.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Entity 1.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Entity 1.TotalTime	10.663	(Insuf)	2.2404	17.969	15
Colado Limon.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	61
Pelado Ajo.Queue.WaitingTime	5.9332	(Insuf)	.00000	10.238	16
Empaquetado.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Cortado Limon.Queue.WaitingTime	.05594	(Insuf)	.00000	.20642	62
Loteado.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Union Ingredientes.Queue1.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Union Ingredientes.Queue2.WaitingTime	9.4218	(Insuf)	1.3903	17.115	15
Union Ingredientes.Queue3.WaitingTime	7.5954	(Insuf)	2.0272	12.409	15
Union Ingredientes.Queue4.WaitingTime	7.6584	(Insuf)	2.0272	12.567	15
Licuada.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Envasado a Dos.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Insp Cal Refr.Queue.WaitingTime	2.4838E-4	(Insuf)	.00000	.00373	15
Insp y desin ajo.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Sellado.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Sesado ajo.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Separado Ajo.Queue.WaitingTime	.12515	(Insuf)	.00000	.25064	24
Lavado Ajo.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Lavado del limon.Queue.WaitingTime	.03328	(Insuf)	.00000	.06803	62
Insp Calidad limon.Queue.WaitingTime	.00885	(Insuf)	.00000	.02903	62
Secado Ajo.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	15
Moldeado Ajo.Queue.WaitingTime	.08255	(Insuf)	.00000	.16537	24
Exprimido Limon.Queue.WaitingTime	.16681	(Insuf)	.16415	.16966	62

Figura Reporte Tally variables. Software Arena

En este primer reporte las tally variables delimitan la cantidad de tiempos de espera que tienen cada uno de los identificadores con estándares como el promedio, el mínimo el máximo y algunas observaciones del proceso que nos permiten identificar los cuellos de botella del sistema.

DISCRETE-CHANGE VARIABLES					
Identifíer	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	52.560	(Insuf)	.00000	95.000	90.000
Operado secado.NumberBusy	.05213	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operado secado.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Operado secado.Utilization	.05213	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario Colado Limon.NumberBusy	.08346	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario Colado Limon.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Operario Colado Limon.Utilization	.08346	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Maquina Moldeadora.NumberBusy	.03305	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Maquina Moldeadora.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Maquina Moldeadora.Utilization	.03305	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario Inspeccion.NumberBusy	.05351	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario Inspeccion.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Operario Inspeccion.Utilization	.05351	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario Cortado limon.NumberBusy	.86028	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Operario Cortado limon.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Operario Cortado limon.Utilization	.86028	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Maquina Separadora.NumberBusy	.08310	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Maquina Separadora.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Maquina Separadora.Utilization	.08310	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario lavado limon.NumberBusy	.21524	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario lavado limon.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Operario lavado limon.Utilization	.21524	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operadoras Pelado.NumberBusy	.99514	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Operadoras Pelado.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Operadoras Pelado.Utilization	.99514	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Operario inspeccion y desinfeccion.NumberB	.05179	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario inspeccion y desinfeccion.NumberS	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Operario inspeccion y desinfeccion.Utiliza	.05179	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operador lavado.NumberBusy	.02095	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

Figura Discrete variables Parte 1. Software Arena

Operador lavado.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Operador lavado.Utilization	.02095	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario envasado empaquetado.NumberBusy	.01558	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario envasado empaquetado.NumberSchedu	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Operario envasado empaquetado.Utilization	.01558	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario pesado y licuado.NumberBusy	.15619	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario pesado y licuado.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Operario pesado y licuado.Utilization	.15619	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario Sellado Loteado.NumberBusy	.00520	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Operario Sellado Loteado.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Operario Sellado Loteado.Utilization	.00520	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Colado Limon.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Pelado Ajo.Queue.NumberInQueue	6.1710	(Insuf)	.00000	11.000	8.0000
Empaquetado.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Cortado Limon.Queue.NumberInQueue	.14452	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Loteado.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Union Ingredientes.Queue1.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Union Ingredientes.Queue2.NumberInQueue	23.034	(Insuf)	.00000	46.000	46.000
Union Ingredientes.Queue3.NumberInQueue	9.6833	(Insuf)	.00000	18.000	17.000
Union Ingredientes.Queue4.NumberInQueue	9.6085	(Insuf)	.00000	18.000	17.000
Licuado.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Envasado a Dos.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Insp Cal Refr.Queue.NumberInQueue	1.5524E-4	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Insp y desin ajo.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Sellado.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
pesado ajo.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Separado Ajo.Queue.NumberInQueue	.12515	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
Lavado Ajo.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Lavado del limon.Queue.NumberInQueue	.08597	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Insp Calidad limon.Queue.NumberInQueue	.02287	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Secado Ajo.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Moldeado Ajo.Queue.NumberInQueue	.08255	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Exprimido Limon.Queue.NumberInQueue	.43094	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

Figura Discrete variables Parte 2. Software Arena

En este reporte de discrete variables nos muestran la utilización y ocupación de las variables que hacen parte del sistema mostrando así parámetros de mínimo y máxima y un valor final que nos ayuda a delimitar las restricciones de nuestro sistema.

Identifier	OUTPUTS
	Value
Entity 1.NumberIn	165.00
Entity 1.NumberOut	75.000
Operado secado.NumberSeized	15.000
Operado secado.ScheduledUtilization	.05213
Operario Colado Limon.NumberSeized	61.000
Operario Colado Limon.ScheduledUtilization	.08346
Maquina Moldeadora.NumberSeized	24.000
Maquina Moldeadora.ScheduledUtilization	.03305
Operario Inspeccion.NumberSeized	77.000
Operario Inspeccion.ScheduledUtilization	.05351
Operario Cortado limon.NumberSeized	124.00
Operario Cortado limon.ScheduledUtilization	.86028
Maquina Separadora.NumberSeized	24.000
Maquina Separadora.ScheduledUtilization	.08310
Operario lavado limon.NumberSeized	62.000
Operario lavado limon.ScheduledUtilization	.21524
Operadoras Pelado.NumberSeized	16.000
Operadoras Pelado.ScheduledUtilization	.99514
Operario inspeccion y desinfeccion.NumberS	15.000
Operario inspeccion y desinfeccion.Schedul	.05179
Operador lavado.NumberSeized	15.000
Operador lavado.ScheduledUtilization	.02095
Operario envasado empaquetado.NumberSeized	30.000
Operario envasado empaquetado.ScheduledUti	.01558
Operario pesado y licuado.NumberSeized	30.000
Operario pesado y licuado.ScheduledUtiliza	.15619
Operario Sellado Loteado.NumberSeized	30.000
Operario Sellado Loteado.ScheduledUtilizat	.00520
System.NumberOut	15.000

Figura outputs. Software Arena

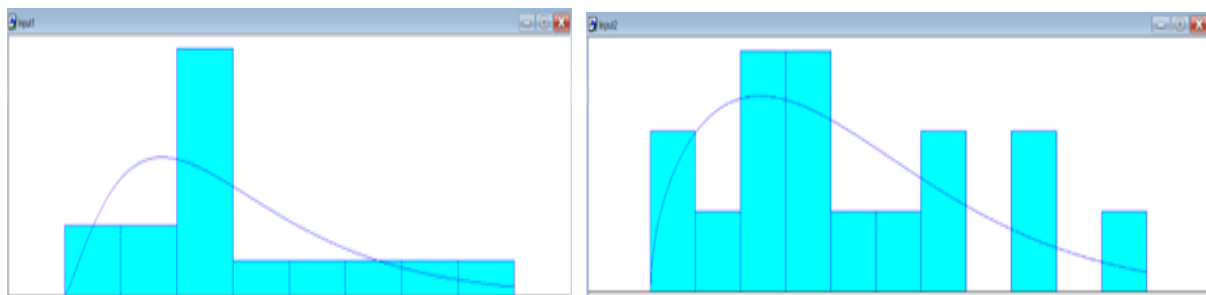
En esta parte del reporte se muestran las salidas del sistema y se evidencia una valoración con el fin de responder a la incógnita de que si el sistema esta generando salidas de forma efectiva por lo que se relaciona la utilización y la operación de las variables.

Por lo cual, en esta sección se presentan 2 soluciones para que la empresa no pierda esa cantidad de material, tampoco lo almacene generando costos de inventario y su producción aumente de forma significativa con el fin de generar mayor comercialización de los productos.

#Propuesta	Propuesta
1	Adquisicion Maquina industrial para el pelado de ajo que disminuye su tiempo de proceso en un 89,89%
2	Creacion y adquisicion de una maquina casera que disminuye su tiempo en unos 45 minutos o 50%

Tabla Propuestas de solución. Autores

Para estas soluciones, se tomaron tiempos en base a los intervalos planteados, para la máquina industrial se tiene de referencia que en promedio el tiempo de acción en el proceso es de 10 minutos más sin embargo este puede variar entre 9 y 12 minutos, en cambio para la maquina casera de pelado de ajo su tiempo promedio es de 45 min, y puede variar entre 40 y 50 minutos dependiendo de las condiciones de la materia prima. Cabe aclarar que estas dos soluciones buscan reducir significativamente el tiempo del proceso con el fin de generar productividad, mayor negocio con sus proveedores debido a que las llegadas de sus productos tendrían que ser más constantes y a su vez comercializarían más producto terminado y suplirían al 100% las necesidades de sus clientes. Para Implementar estas soluciones se generaron números aleatorios en base a los dos intervalos de información brindados por la compañía y se interpretaron con el uso de la herramienta input analyzer para conocer su distribución y sus expresiones.



En este caso aquí se presentan la distribución de los nuevos tiempos de pelado del ajo tanto para la solución 1 como para la solución 2, en el caso de la solución numero 1 los datos presentan una distribución Gamma y para el caso de la solución numero 2 presentan una distribución Weibull.

A continuación, se presentan los resultados del modelado con la implementación de las dos soluciones.

Solución 1.



Figura Corrida de Sistema Solución 1. Software Arena

Para esta primera solución se observa que los indicadores de desempeño muestran que se cumplieron satisfactoriamente 24 procesos terminados lo que hace una producción de 4800 salsas de ajo disponibles para su

distribución y comercialización, a su vez muestra que la cantidad de bultos de ajo que quedaron en el proceso redujo satisfactoriamente a solo 2 bultos los cuales y según la empresa se podrían vender o almacenar fácilmente reduciendo costos de inventario y facilitando los procesos comerciales de la empresa. Tocando el tema de los otros productos vemos que su inventario también redujo en una medida considerable lo cual genera que se minimice la pérdida de costos y los niveles de inventario.

Solución 2.

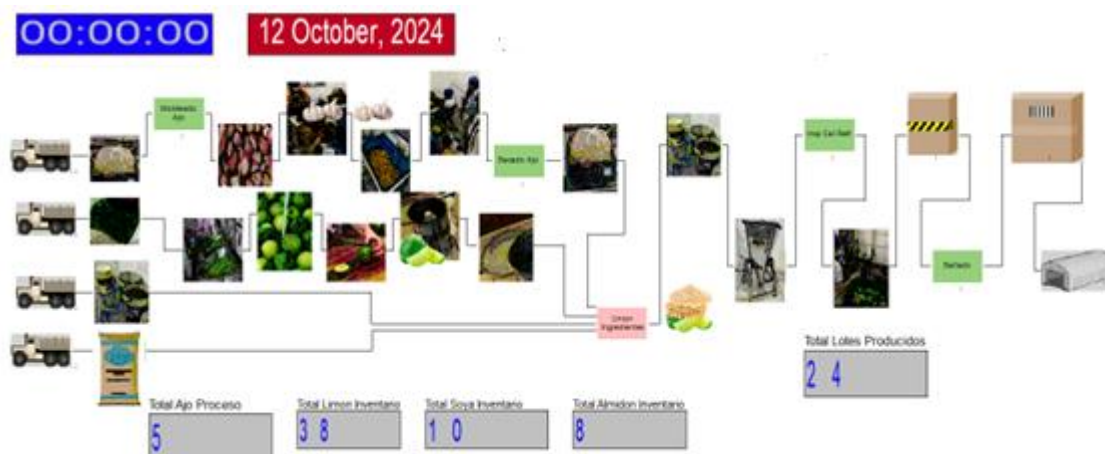


Figura Corrida Sistema solución 2. Software Arena

Siguiendo con la segunda solución se observa que también se cumple con los 24 procesos terminados, es decir, la empresa también fabricaría también 4800 salsas de ajo, disminuiría radicalmente su inventario y sus costos de almacenamiento y producción. Cabe aclarar que estas dos soluciones van de la mano con un principio de la productividad que funciona para producir más teniendo en cuenta el proceso que ya se tiene estandarizado y con lo que la compañía cuenta, estas soluciones se rigen mucho de las condiciones de llegada de la materia prima lo cual en perspectiva cualquiera de las dos ayudaría a aumentar la eficiencia de la compañía ya producir lo que más se pueda con lo que ya se tiene.

Conclusiones

La simulación en el software ARENA permitió ver e identificar aquellos cuellos de botella que afectan el proceso productivo de la empresa manufacturera de salsas de ajo, a su vez las demoras que se presentaban en el proceso y las actividades que tenían cierta deficiencia en el mismo, lo cual todo esto genera pérdidas y retrasos para la compañía y para su sistema de producción. Para lo cual se plantearon dos soluciones acordes con las necesidades de la compañía que buscan mejorar los tiempos en el proceso productivo y reducir los costos de almacenamiento e inventario de la compañía. Este trabajo se puede extender a futuras investigaciones para modelos que involucren materia prima, procesos productivos, cuellos de botella y altos costos de almacenamiento.

Referencias

- [1] N. Escalante Quintero y A. Penagos Fernandez, «Propuesta de estandarización del proceso productivo de las líneas de producción de salsas frías y calientes a través del estudio de métodos y tiempos en la empresa colombiana de salsas s.a.s.,» 2022.
- [2] M. G. Barrezueta Roldán, «Mejoramiento del proceso de etiquetado en una planta de salsas y aderezos,» 2015.
- [3] G. Villafranca Díaz de León, A. Zapata Reboloso, C. Alcalá Salinas, T. Uribe y José, «Implementación de la Metodología DMAIC para la Reducción de Scrap en la Industria Automotriz,» *Revista Ciencia Latina*, vol. 8, n° 4, 2024.
- [4] R. Reyes Mejía, B. Troncoso Mendoza y A. Troncoso Palacio, «Simulación de eventos discretos

- aplicando metodologías Lean: Estudio de caso. Sector de madera,» *IJMSOR*, vol. 4, n° 1, 2019.
- [5] E. Jácome y R. Saraguro, «Implementation of the DMAIC Methodology in the Company INPROLAC SA in the Fresh Cheese Production Line of Products DULACS for Improving Processes and Productivity,» *Agricultural and Food Sciences, Engineering*, 2015.
 - [6] I. Pérez-Balboa y S. Caballero Morales, «Define, Measure, Analyze, Improve, Control (DMAIC),» *Lean Manufacturing in Latin America*, pp. 333-352, 2024.
 - [7] K. Ezewu, S. Emumena y M. E. Amagre, «DMAIC approach to using confidence intervals to assess conformance and reduce variation in net weight for a manufactured product: a case study,» *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, vol. 15, n° 1, pp. 1-18, 2024.
 - [8] C.-Y. Liong, S. H. A. Hamid y I. M. Ibrahim, «Improving the performance of chili sauce manufacturing process using simulation approach,» 2016.
 - [9] M. Mirzaaliyan, M. H. Heidary y M. Amiri, «Evaluating the supply chain resilience strategies using discrete event simulation and hybrid multi-criteria decision-making (case study: natural stone industry),» *Journal of Simulation*, pp. 1-17, 2024.
 - [10] P. Raghuram, B. S, R. Manivannan, P. S. P. Anand y V. R. Sreedharan, «Modeling and Analyzing the Inventory Level for Demand Uncertainty in the VUCA World: Evidence From Biomedical Manufacturer,» *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 70, pp. 2944-2954, 2023.
 - [11] N. Yasue, E. Mahmoodi, E. R. Zúñiga y M. Fathi, «Analyzing resilient performance of workers with multiple disturbances in production systems,» *Applied Ergonomics*, vol. 122, 2025.
 - [12] P. D. Paraschos, A. C. Gasteratos y D. E. Koulouriotis, «Deep learning model for optimizing control and planning in stochastic manufacturing environments,» *Expert Systems with Applications*, vol. 257, 2024.
 - [13] A. Ala, V. Simic, N. Bacanin y E. B. B. N. Tirkolaee, «Blood supply chain network design with lateral freight: A robust possibilistic optimization model,» *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 133, 2024.
 - [14] C. H. F. de Faria, L. R. Pinto, J. F. F. de Almeida y A. M. C. Bretas, «Sustainable and integrated rail operations planning for grain exports,» *Journal of Simulation*, pp. 1-18, 2024.
 - [15] H. Zghair y A. Ali, «Simulation analysis of processing complexity and production variety in automated manufacturing system,» de *2017 Winter Simulation Conference (WSC)*, 2017.
 - [16] J. Chen, J. Zhou, Z. Yao, Y. Zhang y P. Xu, «Study on Panning, Modeling and Simulating for Digital Manufacturing System,» de *2022 International Conference on Industrial IoT, Big Data and Supply Chain (IIoTBDSC)*, 2022.
 - [17] A. Troncoso, A. Sanchez y J. Gonzalez, «Discrete Events Simulation Method for Analyze Cycle Time: A Case Study in the Plastics Industry Sector,» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 844, 2020.
 - [18] A. Troncoso-Palacio, L. Gomez-Viscaíno, A. Rodriguez-Jinete y J. Salazar-Guzmán, «A digital model to analyze the operational behavior of enclosure meshes manufacturing,» *Prospectiva*, vol. 20, pp. 7-13, 2022.
 - [19] T. Zheng, E. H. Grosse, S. Morana y C. H. Glock, «A review of digital assistants in production and logistics: applications, benefits, and challenges,» *International Journal of Production Research*, vol. 62, 2024.
 - [20] B. Abner, R. J. Rabelo, S. P. Zambiasi y D. Romero, «Production Management as-a-Service: A Softbot Approach,» 2020, pp. 19-30.
 - [21] O. Torres y E. Escalante, «Modelo de balance de línea para mejorar la productividad en una empresa de procesamiento de vidrio templado,» *Industrial Data*, vol. 24, pp. 219-242, 2021.
 - [22] D. L. Zapata-Ruiz y J. C. Oviedo-Lopera, «Modelo de Simulación de Alternativas de Productividad para Apoyar los Procesos de Toma de Decisiones en Empresas del Sector Floricultor Antioqueño,» *Información tecnológica*, vol. 30, pp. 52-72, 2019.
 - [23] E. Delfín-Portela, R. Á. Meléndez-Armenta, M. E. Gurruchaga-Rodríguez, O. Baez-Senties, M. J. Heredia-Roldan, J. M. Carrión-Delgado y E. A. Betanzo-Torres, «Estimation of Processing Times and Economic Feasibility of Producing Moringa oleifera Lam. Capsules in Mexico,» *Applied Sciences*, vol. 14, 2024.

- [24] A. Bousdekis, S. Wellsandt, E. Bosani, K. Lepenioti, D. Apostolou, K. Hribernik y G. Mentzas, «Human-AI Collaboration in Quality Control with Augmented Manufacturing Analytics,» 2021, pp. 303-310.
- [25] W. Lewicki, M. Niekurzak y J. Wróbel, «Development of a Simulation Model to Improve the Functioning of Production Processes Using the FlexSim Tool,» *Applied Sciences*, vol. 14, 2024.
- [26] Y. Hu, X. Yu, J. Ren, Z. Zeng y Q. Qian, «Waste tire valorization: Advanced technologies, process simulation, system optimization, and sustainability,» *Science of The Total Environment*, vol. 942, 2024.
- [27] X. Deng, Y. Wu, Y. Wang y Q. Lu, «Research on Arena Simulation Application for Parcel Pickup Queuing System,» 2024.