

1^{ra} edición

Estudios sobre Economía Circular e Industria 4.0

I Congreso Internacional de Ingeniería Industrial Aplicada
23, 24 y 25 de mayo del 2023, Guayaquil, Ecuador.

Tema

5

Modelo de simulación para el empaquetado en la
industria bananera.

Omar Darío Coloma Hurel

Universidad de Guayaquil;
Guayaquil, Ecuador
omar.colmah@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6817-6972>

Fausto Arturo Benítez Troya

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
fausto.benitez@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4464-0176>

Galo David Medina Chérrez

Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador
galo.medinach@ug.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-0341-9733>



Resumen

El presente artículo tiene por objeto elaborar un modelo de simulación de eventos discretos que busca mejorar el proceso de empaquetado de las líneas de producción de la industria bananera a través de su medición, mapeo de procesos y el desarrollo de un modelo virtual usando Flexsim, actualmente existen varios problemas en la industria como el incumplimiento en el cupo de cajas de exportación lo cual genera multas que se cargan en los costos de exportación del banano, se generan pérdidas por no aprovechar el espacio de los contenedores de los cuales se paga el precio completo del transporte, .Se cronometraron los tiempos para cada actividad del proceso, cuyos datos fueron procesados para obtener distribuciones de probabilidad que asemejen el comportamiento del modelo al sistema real, se creó el modelo usando el software Flexsim, y mediante una validación se constató que el sistema modelado se asemeja al sistema real. Se probaron distintos escenarios enfocados a la disminución de cuellos de botella y aumento de la cantidad de cajas producidas, finalmente, con la propuesta de mejora, se obtuvo un incremento en el rendimiento de la línea de empaquetado.

Palabras Claves: Flexsim, Simulación, Banano, Empacado.

Abstract

The purpose of this article is to develop a simulation model of discrete events that seek to improve the packaging process of the production lines of the banana industry through its measurement, process mapping and model development using Flexsim, nowadays there are problems such as non-compliance with the quota of boxes and this generates fines that are charged in the export of bananas, losses are generated for not taking advantage of the space of the containers for which the full price of transport is paid, the times for each activity of the process, whose data was processed to obtain probability distributions that resemble the behavior of the model to the real system, the model was created using the Flexsim software, and through validation, it was verified that the modeled system resembles the system real. Different scenarios focused on reducing bottlenecks and increasing the number of boxes produced were tested. Finally, with the improvement proposal, the performance of the packaging line was increased.

Keywords: Flexsim, Simulation, Banana, Packaging.

Introducción

En las últimas décadas la agroindustria y en especial el sector de la materia prima, han realizado investigaciones y desarrollo para asegurar la prominencia y competitividad en sus sectores (Iannoni & Morabito, 2006). Sin embargo, en Ecuador siendo uno de los más importantes exportadores de banano en el mundo y con más de 40 años de experiencia en el rubro es posible encontrar haciendas que generan pilas de rechazo de este producto por embarque que representan cajas del producto, esto muestra la poca atención en la mejora de los procesos y aquí juega un papel importante la simulación para su mejora.

Una parte importante de la economía se mueve en torno a la exportación de bananas y todo lo que este proceso conlleva, desde su siembra, hasta su exportación, pasando por los controles de calidad de la fruta hecho por ingenieros agrónomos, el personal de cuadrillas, administrativo, y un sinnúmero de personas que hacen que el proceso funcione de manera estable.

Con respecto a la definición del término simulación y lo que este concepto engloba, según Banks (2005), la simulación es la imitación de las operaciones del mundo real, de un proceso o sistema a lo largo del tiempo. Entonces, una simulación no es más que replicar un sistema real a fin de analizarlo, comprender su funcionamiento y su comportamiento aplicando diferentes cambios y podemos definir el sistema como el espacio de nuestro objeto de estudio, es decir, en donde se desarrolla la actividad específica que se está observando. Para esto un evento se comprende como un instante del tiempo (Díaz-Martínez, Zárate-Cruz, & Román-Salinas, 2018), en el que el sistema ha variado su estado de un valor a otro, es decir, las variables han sido alteradas debido a un suceso ocurrido dentro del sistema y al decir que los valores de las variables solo reflejan cambios en torno a número enteros, puede ser número de camisetas producidas, cocinas reparadas o personas que entran a un mall y en este caso cajas de bananos producidas, a esto se conoce como eventos discretos.

La simulación de procesos tiene un historial de más de treinta años y desde ese entonces se comentaba su uso como una herramienta para la toma de decisiones en la industria, aunque tenía sus limitantes, pero con el paso del tiempo aparecieron softwares junto con las mejoras de las computadoras se iban implementando nuevas herramientas con el fin de representar un modelo de manera más fiable. La industria ha usado diferentes modelos de simulación para mejorar su eficiencia en sus procesos y operaciones y el software Flex-

Sim con su llegada en el año 2003 ha podido dirigir la simulación de eventos discretos en el área logística, de manufactura, calidad, entre otros. A pesar del uso de la simulación en el área industrial, en el sector agrícola no se ha usado de la misma manera y está rezagada en el Ecuador.

La simulación de eventos discretos permite el análisis de los problemas presentados en el sistema a fin de proporcionar información que permita llegar a una solución, incurriendo en costos mucho más bajos de lo que supondría poner a prueba las propuestas de mejora en la realidad en cuanto a factores de tiempo invertido, esfuerzo del personal, y capital de inversión, indicaba, González, Chaparro, & Ramírez (2018) y permite tomar en cuenta el número de empleados, modos de transporte, almacenamiento, capacidades, tiempo muerto causado por mantenimiento de máquinas, y muchos otros factores y esto contribuye a la eficiencia del proceso entero, logrando una eficiencia económica óptima y/o la reducción del tiempo total de trabajo (Kęsek, Adamczyk, & Klaś, 2019). Hay procesos que por su naturaleza obligan a usar modelos con moderado nivel estadístico y programación para llegar a una respuesta válida, esto puede ocasionar curvas de aprendizaje más lentas y la incurrancia en errores debido al mal tratamiento de los datos, debido a que el entorno 3D orientado a objetos facilita mucho la comprensión del escenario (Aurea Maquilon & Andino Becerra, 2022).

El proceso de simulación se basa en el método científico expresan, Ocampo & Pavón (2012) y los respaldan mediante el desarrollo de su modelo, el cual consta de una serie de pasos, Bravo Báez, Ortiz Flores, Ortiz López, Hernández Mortera, & Arrijoja Rodríguez (2019) y que se asemejan a los propuestos por el Dr. Averill Law (2009) mostrados en la figura 1, y sobre cuyas bases se sustentará la etapa metodológica de diseño en el presente trabajo y Flexsim permite llevar a cabo simulaciones en un campo virtual, desde producción hasta logística, manipulación de materiales, planificación de almacenes, servicio al cliente y más, con acceso a la librería que contiene un gran número de objetos. El programa permite la simulación y visualización de procesos en 3D, lo cual facilita enormemente el entendimiento e interpretación del modelo construido, acorde a (Kęsek, Adamczyk, & Klaś, 2019). Flexsim es amigable con el usuario, adicionalmente, la librería disponible puede ser extendida con nuevos objetos con la finalidad de representar lo mejor que se pueda el sistema modelado. Flexsim permite crear modelos que son libremente expandibles, y significa que el espacio es ilimitado y depende de la potencia del computador usado.

La variedad de objetos que Flexsim pone a disposición de los usuarios al momento de diseñar un modelo es muy amplia, y es aconsejable entender las tres categorías más relevantes (Mayoral Hernández & Ortiz Flores, 2021): Los Items de flujo (flow items) se refiere a los objetos que fluctuarán a lo largo del proceso, desde inicio a fin, puede tener diferentes aplicaciones para interpretar, por ejemplo, personas entrando a un establecimiento, cantidad de autos lavados, cantidad de clientes, materia prima que se traslada desde una bodega hacia otra, etc. Los recursos fijos (fixed resources) son los recursos que interactúan con los ítems de flujo y permanecen estacionarios en el modelo, estos pueden interpretarse como maquinaria, área de bodega, entre otros. Ejecutor de tareas (task executers) son objetos que interactúan con los ítems de flujo y los recursos fijos, se pueden mover dentro del entorno del modelo para cumplir tareas específicas, tal como llevar un objeto de un área a otra, cargar o descargar elementos, operación de maquinarias, y todo por supuesto con la posibilidad de cambiar distintas variables de los ejecutores de tareas, como puede ser la velocidad, capacidad de carga, ruta a seguir, incluso establecer criterios de decisión.

El modelo de simulación ayudará a mejorar el proceso de empaquetado y elevará el índice de cumplimiento, mejorará los tiempos de procesamiento, se identificarán las actividades que no aportan valor agregado al proceso, se mostrará si es adecuado la cantidad de personal con que se labora, por ende, habrá una perspectiva de mejora del producto generado por hectárea y a partir de la simulación de podrán tomar decisiones para la mejora de la producción versus la situación actual y el objetivo de la simulación se encuentra orientado a la economización de recursos por el hecho de que no se requiere de una gran inversión para ejecutarla, además, mediante la evaluación de las propuestas antes de su implementación se minimiza el riesgo de cometer errores en el sistema real según, González, Chaparro, & Ramírez (2018). Debe existir un justificativo para implementar una decisión, medida, aplicación a partir de la simulación desarrollada ya que se necesita ser crítico con las necesidades del proyecto, es decir la herramienta busca economizar el tiempo el esfuerzo y el dinero que le otorga validez para su utilización y poder solventar la necesidad requerida.

En la presente investigación se aplicó simulación en el entorno industrial pero no será considerada como una limitante es decir la simulación no será solo en el área productiva, sino que estará abierta a otras posibilidades como el área de servicios en donde la simulación se ha adaptado para manejar información de manera más efectiva como en hoteles, banco, supermercados

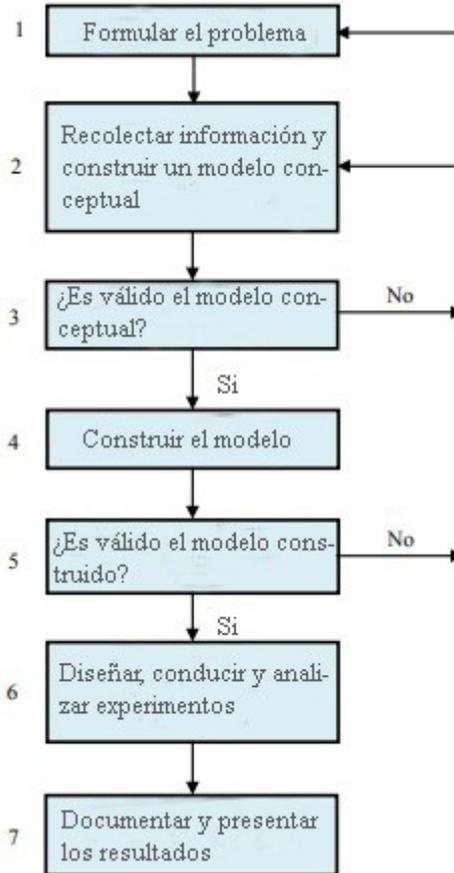
inclusive el sector de la salud (Aurea Maquilon & Andino Becerra, 2022). En cuanto a los campos profesionales que utilizan esta herramienta, podemos percatarnos que “las áreas de aplicación de la simulación son numerosas y diversas; es usual encontrar aplicaciones en ingeniería, economía, manufactura, administración, ciencias sociales.” (Díaz-Martínez, Zárate-Cruz, & Román-Salinas, 2018). Y como lo expresan Díaz-Martínez, Zárate-Cruz, & Román-Salinas (2018) “La simulación también puede ser utilizada para estudiar sistemas en su etapa de diseño (antes de que dichos sistemas sean construidos)”.

Materiales y métodos

Según Hernández, Fernández, & Baptista (2010) una investigación puede ser llevada a cabo mediante métodos experimentales y no experimentales, esta es una investigación de tipo experimental, puesto que si bien dentro del proceso real ninguna variable será manipulada, este no es el caso para el modelo simulado, el punto de partida para el estudio yace en el método descriptivo – cuantitativo, en donde se considera el análisis de índices históricos de producción y exportación de banano para brindar un acercamiento más exacto al estado actual, se añade información de otras variables de carácter cuantitativo que tienen un impacto significativo en el sistema, tal como las medidas de la celda de producción y datos correspondientes al tiempo de los procesos que intervienen. De forma resumida se siguieron los siguientes pasos:

Figura 11.

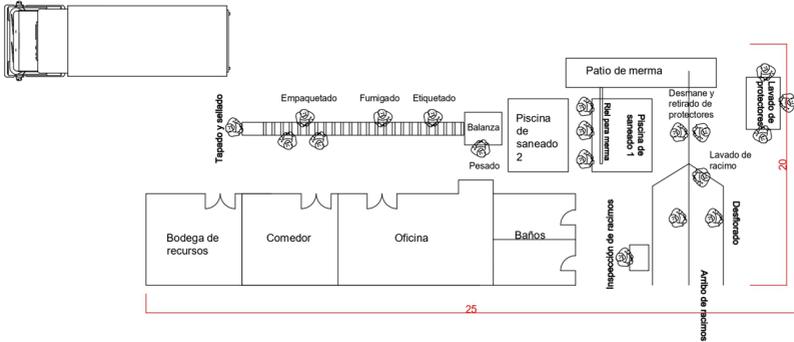
Pasos para el proceso de simulación.



Para condensar toda la información recopilada, se usó de diversas herramientas ligadas a la estadística y aseguramiento de la calidad, tales como el uso de distribuciones de probabilidad, que acorde a Sobalbarro Figueroa & Franco Franco (2018), se empleó para estimar el tiempo entre dos eventos o sucesos, lo cual resulta bastante práctico si de un sistema con múltiples entradas y/o salidas se trata. Ligado a esto, se consideró el uso de pruebas de bondad de ajuste para evaluar la correlación entre nuestra distribución de probabilidad propuesta y los datos recopilados. Se utilizaron softwares que faciliten este propósito, tales como Excel, y/o StatFit de Promodel.

Figura 12.

Gráfico de la bananera y sus diferentes áreas.



Mediante los pasos para elaborar una simulación, se procedió al modelado del sistema y a la experimentación, comparación de resultados, y finalmente, a la emisión de conclusiones. La vía para llevar a cabo el levantamiento de información fue mediante la observación directa del proceso productivo de empaquetado a medida que se realiza y para recabar información útil que no sea fácilmente extraíble mediante la observación directa, fue solicitada a otros colaboradores de las distintas áreas que impactan en el rendimiento del proceso, entiéndase como el personal de la cuadrilla y/o el cuerpo de ingenieros agrónomos. En la presente investigación se establecieron las métricas de rendimiento que se usaron para medir la eficiencia, de las distintas configuraciones del modelo, configuraciones que también se discutieron previamente, así como su alcance. Se conoció de manera detallada cómo funciona el sistema real para poder replicarlo y esto implicó recolectar información tal como la estructura y los procedimientos operativos del sistema para familiarizarse con el proceso y se obtuvo información que especificaba los parámetros del modelo y las distribuciones de probabilidad de entrada de dichos parámetros y al ya existir un sistema, se recolectó información sobre su rendimiento, información que fue de utilidad para testear la eficacia de las propuestas analizadas. La recolección de información nos permitió definir el detalle del modelo, el cual se basa en 3 pilares fundamentales, los objetivos del proyecto, medidas de rendimiento de interés, y la disponibilidad de los datos.

Figura 13.

Distribuciones de probabilidad sugeridas para el proceso de desflorado.

autofit of distributions			
distribution	rank	acceptance	aicc prob
Lognormal[12, 2.93, 0.855]	100	do not reject	0.196
Exponential[12, 25.6]	26.1	reject	0.00981
Uniform[12, 74.5]	0.172	reject	1
Pareto[12, 0.974]	0.00249	reject	0

Se tomaron tiempos de proceso de las actividades y a través de pruebas de bondad de ajuste se determinó cual era la distribución de probabilidad que mejor ajustaba al proceso y eso se convirtió en información de entrada para el modelo de Flexsim, a continuación, se muestra la actividad del desflorado.

Figura 14.

Gráfico de densidad de los datos de desflorado.

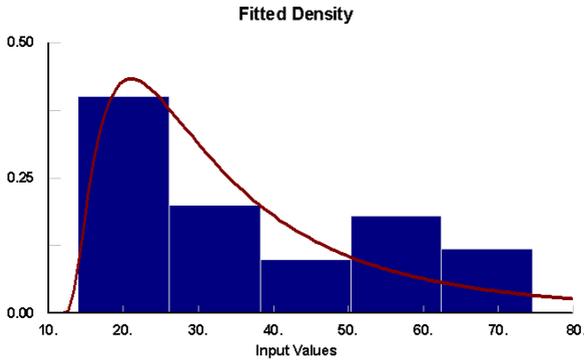
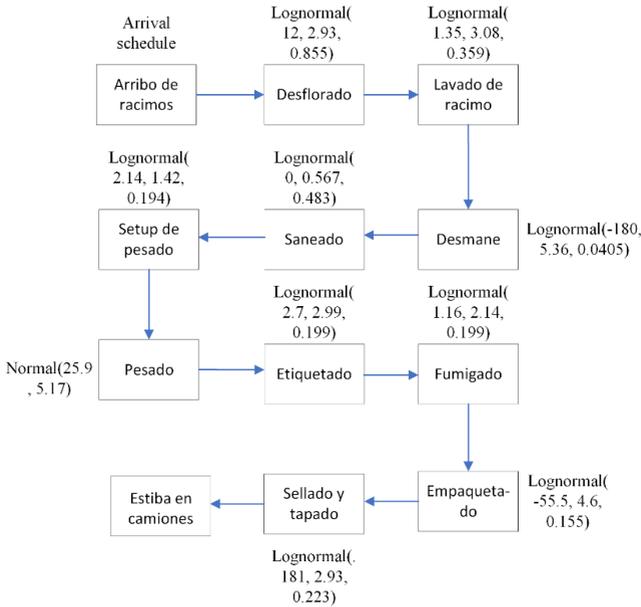


Figura 15.

Modelo conceptual del proceso a simular.



Para cada configuración del sistema de interés, se decidieron cuestiones tácticas tales como la duración de la ejecución, el número de réplicas independientes del modelo, y el warm up time, el cual se define como el tiempo en que se ejecuta la simulación antes de empezar a recolectar datos. Se debe analizar los resultados y decidir si se requieren experimentos adicionales. La documentación para el modelo debió incluir el modelo conceptual, una descripción detallada del programa de computadora, y el resultado del actual estudio, junto a esto, la presentación final del modelo de simulación. La investigación realizada diseñó un modelo de eventos discretos del proceso de embalaje de bananas tipo “Cavendish” usando el software Flexsim y para esto se realizó un levantamiento de información dentro del proceso de embalaje de bananas y de las variables que intervienen, se identificaron distribuciones de probabilidad asociadas con las variables de entrada al modelo y se hizo un análisis del modelo de simulación para establecer opciones de mejoras para incrementar la producción.

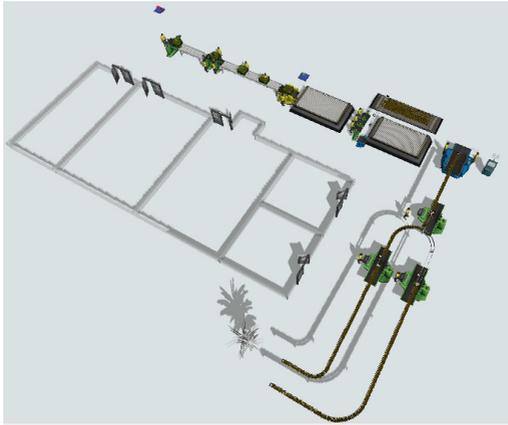
Se validó el modelo conceptual a través de un recorrido estructurado del modelo, esto no es más que analizar detalladamente el modelo a fin de encontrar incoherencias, errores u omisiones (lo cual casi siempre es el caso), las cuales deben ser corregidas antes de iniciar con la construcción del modelo. Con la ayuda de los datos obtenidos y el modelo conceptual se procedió a diseñar el sistema en el software de preferencia del usuario. Con el sistema existente, se comparó los datos de salida del modelo de simulación del sistema con los datos de salida del sistema real, los cuales fueron previamente recolectados, a esto se le llama validación de resultados y si no existiera un sistema real, entonces el analista debió revisar el modelo simulado mediante razonabilidad y si los resultados son consistentes en cuanto a la percepción de cómo debería funcionar el modelo se dice que el modelo tiene validez aparente. Los análisis de sensibilidad se llevaron a cabo en el modelo programado para constatar los factores que tienen el mayor impacto en las medidas de rendimiento y, por lo tanto, se modelaron cuidadosamente.

Las incertidumbres que aparecieron en los procesos, estarían más controladas si se analiza la propuesta en consideración y mediante este análisis se obtuviera una decisión más acertada sobre qué camino tomar no solo sobre una actividad de la organización sino de ella misma, por tal motivo, la toma de decisiones basada en experiencias previas es la metodología que siguen muchas pequeñas y medianas empresas para lograr un impacto en su proceso productivo, debido al uso de métodos empíricos, no hay forma de validar la asertividad de las decisiones tomadas (Peña Ariza & Felizzola Jimenez, 2020).

Previo al planteamiento de la propuesta de mejora, es menester conocer el comportamiento del sistema real a través del modelo, con la finalidad de tener un esquema más claro en cuanto a la eficiencia de la línea y cuellos de botella, FlexSim propone el uso del panel de dashboards, el cual contiene una amplia variedad de gráficos estadísticos editables conforme a los requerimientos del usuario, con ello, junto a una aproximación analítica y visual, se busca identificar la actividad que causa detrimento en el nivel de producción.

Figura 16.

Visualización de cuellos de botella mediante el modelo de simulación.



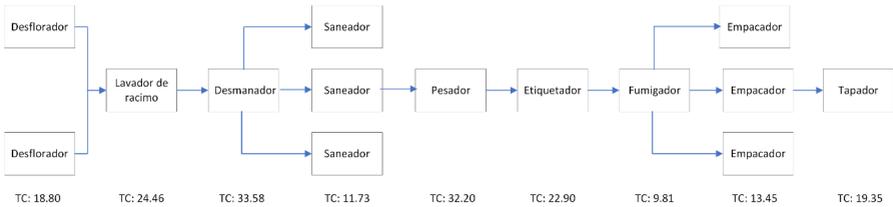
Mediante un análisis visual, se constató que el flujo de entidades en la zona de lavado y desmane de racimos es más demorado que en otras actividades como el saneo, o en las actividades llevadas a cabo en el conveyor de embalaje (pesaje, etiquetado, fumigado, empackado, y sellado). Para este análisis no se considera a las entidades en la zona del patio de racimos, puesto que en esta área se tendrá, por su naturaleza, mayor tiempo de permanencia, consecuencia del arribo de varias unidades de racimo al mismo tiempo, a lo anterior, se le añade el hecho de no considerar la holgura de tiempo entre los arribos, esto puede provocar un sesgo en la interpretación de la información, ergo, erróneamente se puede deducir que el cuello de botella se produce en la zona de desflorado.

Se procede entonces a localizar el cuello de botella empleando un método más analítico mediante un diagrama de cajas la misma en la que se detalla el tiempo promedio por actividad en función de la producción de una caja de banano. El tiempo del proceso de saneado fue cronometrado en función al corte de tres clústers, mientras que el tiempo del resto de actividades se encuentran en función de una caja de producto, por lo tanto, se debe ajustar el tiempo del saneado tal que de un racimo de banano se obtienen entre cinco y siete manos, se toma el valor intermedio, es decir seis, de cada mano se obtienen regularmente tres clústers, a su vez, cada caja de banano se llena con aproximadamente dieciocho clústers de fruta, es decir que cada caja se llena

con seis manos. El tiempo promedio para cortar tres clústers, lo que es igual a una mano de banano, es de 5.86 segundos, el tiempo para cortar la cantidad necesaria para una caja, es decir seis manos, se obtiene multiplicando 5.86 por 6.

Figura 17.

Diagrama de cajas del proceso de empacado de banano.



Los tiempos de ciclo de las actividades se calculan dividiendo el tiempo promedio de la actividad para el número de recursos disponibles para dicha actividad. Del diagrama de cajas es importante resaltar que en la actividad de desmane se presenta el mayor tiempo de ciclo.

Resultados y discusión

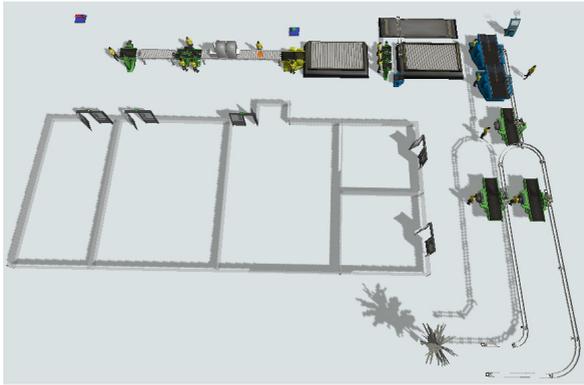
Resultados comparativos

Posterior a la recogida y tratamiento de los datos, se obtuvo un modelo de simulación que ofrece una solución viable e integral a los problemas discutidos previamente, es decir, que provea de una notable mejoría para el embalaje de bananas en las haciendas, en torno a los tiempos de producción y uso de los recursos asociados durante el proceso.

Además, con este modelo se pretende que impacte directamente en la optimización del embalaje de bananas con un incremento del índice productivo entre el 8% y 10%, resultado de la reducción o eliminación de las causas que provocan malestar en la organización, esto conlleva a la obtención de beneficios evidenciables a mediano y largo plazo. Con la ayuda del panel de dashboards, y para ambos escenarios se utilizó el mismo tipo de gráfico para el mismo objeto, es decir un gráfico de producción versus tiempo para analizar el sink nombrado como “Camión”. El modelo propuesto en flexsim se muestra en la siguiente figura.

Figura 18.

Modelo en Flexsim de la empacadora de banana de la empresa Aso. Guayas.

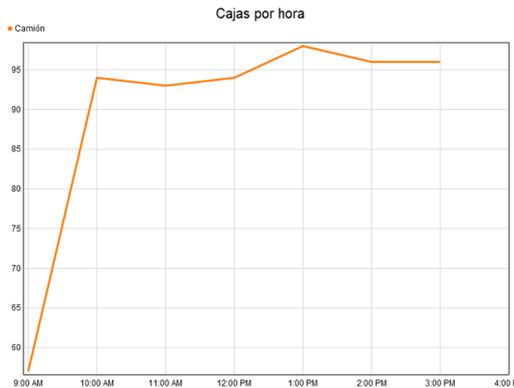


Nótese que en el lugar donde se encontraba el fumigador, ahora se encuentra una máquina que representa la cámara de fumigación, además, el encargado del fumigado es reubicado en el área de desmane. El uso de la máquina fumigadora disminuiría el tiempo que antes se encontraba entre 8 y 12 segundos a 3 segundos. Mediante el dispatcher se generó una conexión de puerto central para cada separador y una conexión de entrada con los operarios a cargo del desmane y el colaborador encargado de retirar los protectores, esto se traduce en que ahora el encargado de dicha actividad tendrá que ayudar a dos desmanadores en lugar de uno solo. Las gráficas en flexsim resultan muy útiles al momento de analizar nuestro modelo en busca de repuestas, no obstante, ya se ha mencionado que un modelo simulado nunca va a ser igual a un sistema real, por eso resulta necesario discernir entre lo que puede ser factible, ya sea únicamente a través de la simulación, o usando una comparación con el sistema real.

El porcentaje del tiempo trabajado del retirador de protectores es del 92,89% se puede interpretar que la persona actualmente está sobrecargada de trabajo, lo cierto es que el retirar los protectores no es una tarea que demande gran esfuerzo, al contrario del trabajo del desmanador, es decir, lo que indica la gráfica no es la carga de trabajo, sino más bien, el tiempo que el recurso se encuentra solicitado porque el proceso lo amerita.

Figura 19.

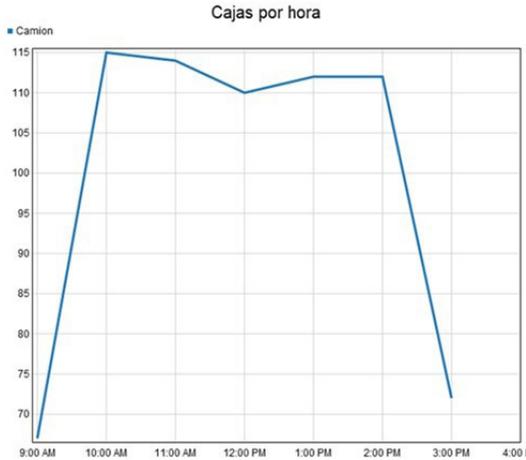
Gráfico de entrada de cajas al camión (sink) por hora de la situación actual.



En esta figura se muestra cuantas cajas han sido procesadas a través de las horas en que dura la jornada, y se puede observar que el cupo ha sido completado hasta el final de la jornada, sin dejar ningún tiempo de holgura y el récord de producción alcanzado fue de 99 cajas por hora.

Figura 23.

Entrada de cajas al camión (sink) por hora de la propuesta de mejora.



Existen dos aspectos importantes a resaltar en el gráfico, el récord de producción de cajas por hora, el cual alcanza las 115 cajas, y el decrecimiento de la curva al finalizar la jornada, esto tiene que ver con la configuración del source, el cual para ambos escenarios es igual, de esto se puede inferir que al terminar la jornada se produce menos cajas porque no hay arribos suficientes debido a que se ha reducido el tiempo de proceso, pero no se ha incrementado la cantidad de arribos.

Conclusión

El modelo se generó a través de un levantamiento de información, del cual se obtuvieron como resultado distribuciones de probabilidad, mismas que se asemejan a los tiempos de procesamiento por actividad del sistema real. Además, mediante la toma de tiempos se logró calcular el tiempo promedio de las estaciones que intervienen en el proceso, haciendo posible la identificación analítica del principal cuello de botella, el cual se evidenció que se encontraba ubicado en el área de desmane de racimo.

A través de una validación de cara se concluye que el sistema modelado se aproxima al sistema real con una exactitud de aproximadamente el 83% en cuanto a capacidad de producción, logrando producir 702 unidades de cajas de banano en el sistema modelado y 600 cajas en el sistema real.

Según la propuesta de mejora planteada se infiere, además, que realizando cambios como agregar una cámara de fumigación automática y reubicando al colaborador a cargo de la tarea de fumigado en la situación actual al área de desmane, se puede lograr, en términos de unidades producidas, un incremento del 16,66%, y en términos económicos, hasta \$816.00 USD por día de embarque.

Posterior a realizar el análisis de la situación actual y de haber revisado los pasos para realizar un modelo de simulación, se recomienda hacer uso de la información documentada en el presente artículo como punto de partida para nuevos análisis, lo cual facilitará en gran medida encontrar alternativas que permitan formular nuevas propuestas de mejora, siempre considerando una de las mayores virtudes del campo de la simulación, siendo esta la prueba de propuestas a un costo muy bajo o nulo, ya que si se desea conocer el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones, solo habría de realizarse cambios acorde a los nuevos objetivos propuestos.

Además, se recomienda establecer canales de comunicación efectivos entre el analista de simulación y el departamento de producción con la finalidad de incrementar la exactitud del sistema modelado, y así obtener resultados con un índice de exactitud mayor.

Referencias

- Aurea Maquilon, J. F., & Andino Becerra, X. (2022). *Rediseño del proceso de cosecha y empaque de banano para exportación implementando software de modelado y análisis de simulación 3d, en las haciendas Agrilecho 1, Agrilecho 2 y Libertad de la empresa Reybanpac ubicadas en el cantón Valencia*. Quevedo – Los Ríos: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Banks, J. (2005). *Discrete event system simulation*. Pearson Education India.
- Bravo Báez, G., Ortiz Flores, F., Ortiz López, F., Hernández Mortera, J., & Arrijoja Rodríguez, M. (2019). Modelo de simulación en Flexsim del procesamiento del ala de pollo en una planta procesadora de aves. *Journal CIM*, 7(1).
- Díaz-Martínez, M. A., Zárate-Cruz, R., & Román-Salinas, R. (2018). Simulación FlexSim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba. *Científica*, 22(2), 97-104.

- González, C. A., Chaparro, I., & Ramírez, J. (2018). Importancia De La Simulación En Procesos Productivos. *Calidad e Innovación en los Procesos Productivos*. (25).
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Iannoni, A. P., & Morabito, R. (2006). A discrete simulation analysis of a logistics supply system. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 42(3), 191-210. doi:https://doi.org/10.1016/j.tre.2004.10.002
- Kęsek, M., Adamczyk, A., & Klaś, M. (2019). Computer simulation of the operation of a longwall complex using the "Process Flow" concept of FlexSim software. In *Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance*. Springer International Publishing, 97-106.
- Mayoral Hernández, S. D., & Ortiz Flores, F. (2021). *Mejora de la Eficacia Global del Equipo (OEE) del proceso de rectificado de una línea de producción de lima triangular en una fábrica de herramientas manuales en Veracruz*. Orizaba, Veracruz: Instituto Tecnológico de Orizaba.
- Ocampo, J., & Pavón, A. (2012). Integrando la metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. In *Tenth LAC-CEI Latin American and caribbean conference for engineering and technology*.
- Peña Ariza, L. V., & Felizzola Jimenez, H. (2020). Optimización de la capacidad de producción en una empresa de alimentos usando simulación de eventos discretos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(2), 277-292. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000200277
- Sobalbarro Figueroa, M. F., & Franco Franco, T. (2018). *Distribuciones de Probabilidad*.