

ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PAPAS FRITAS MEDIANTE EL PROGRAMA DE SIMULACIÓN FLEXSIM

CAPACITY ANALYSIS OF THE CHIPS PRODUCTION PROCESS USING FLEXSIM SOFTWARE

Ana Isabel Flores Galindo

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México
al2162003065@correo.azc.uam.mx

Ana Marisa López Facundo

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México
al2143002584@correo.azc.uam.mx

Fernando Román Ambris Sánchez

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México
al2153033813@correo.azc.uam.mx

Jesús Loyo Quijada

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México
lqj@correo.azc.uam.mx

Jorge Delgado León

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México
al2162004937@correo.azc.uam.mx

Rebeca López Facundo

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México
al2133002938@correo.azc.uam.mx

Oscar Bruno Montenegro Cajusol

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México
al2162000760@correo.azc.uam.mx

Recepción: 29/octubre/2020

Aceptación: 27/noviembre/2020

Resumen

La empresa bajo estudio desconoce si la capacidad actual de su proceso puede cumplir las expectativas de la demanda del cliente. Contar con una representación gráfica del flujo de producción de papas fritas mediante el software de simulación Flexsim, permitirá evaluar la capacidad de producción del proceso, y establecer

escenarios optimistas y pesimistas ante el comportamiento de demanda. Esto se logra obteniendo el tiempo estándar de cada etapa del proceso, después se procede a la categorización de las variables y elementos necesarios para realizar el modelo, y, por último, la simulación. Las corridas de simulación permitieron comprobar, que la producción siempre estará en función del tiempo de cuello de botella, por lo que, al realizar cambios en el tamaño de lote, este tiempo cambia. Así mismo, las estrategias de mejora deben estar enfocadas en mejorar las condiciones de operación y estandarización de la estación cuello de botella.

Palabras Clave: Capacidad de producción, corridas de simulación, cuello de botella, programa de simulación FlexSim, tiempo estándar.

Abstract

The company under study does not know if the current capacity of its process can meet the expectations of customer demand. Having a graphical representation of the potato chips production flow through the Flexsim simulation software will allow evaluating the production capacity of the process, and establishing optimistic and pessimistic scenarios in the face of demand behavior. This is achieved by obtaining the standard time of each stage of the process, then we proceed to the categorization of the variables and elements necessary to carry out the model, and, finally, the simulation. The simulation runs allowed to verify that the production will always be a function of the bottleneck time, therefore, when making changes to the batch size, this time changes. Likewise, the improvement strategies must be focused on improving the operating conditions and standardization of the bottleneck station.

Keywords: *Flexsim simulation software, production capacity, simulation runs, bottleneck, standard time.*

1. Introducción

Un sistema de producción no sólo se puede ver afectado por factores internos vinculados al personal [Márquez, 2012], sino también por problemas asociados a la optimización de los recursos como materia prima, maquinaria y procesos. Es muy frecuente encontrar que, estos recursos, no siempre están alineados a los intereses

del cliente. Tomando el contexto de un sistema de producción, esta situación se puede definir como un cuello de botella, el cual se presenta cuando la tasa de producción máxima en todas las etapas del proceso, es menor que la tasa de la demanda [Cheng, 2010]. La correcta identificación del cuello de botella y la implementación de estrategias de mejoras en función a éste, es clave para maximizar el rendimiento de un sistema de producción [Subramaniyan, 2010].

Tras la creciente necesidad por pronosticar el comportamiento de la producción, cuando ésta se somete a cambios, el concepto de simulación se ha ido renovando, por lo que hoy en día se han utilizado programas tales como FlexSim, que, entre otras cosas, permite a los usuarios visualizar de manera accesible, metas de producción al menor costo posible [FlexSim Problem Solved, 2020]. El programa de simulación FlexSim no solo ofrece un conjunto de tecnología de imágenes de procesamiento de computadora en 3D y técnicas de manejo de datos, sino que, es adecuado cuando el modelo se orienta a objetos, lo que admite una mayor visualización del flujo de producción y genera distintos escenarios de simulación [Zhu, 2014], [Díaz, 2018]. La simulación se puede considerar como el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales puede operar el sistema [Shannon, 1975]. Esta herramienta se ha convertido en un instrumento realmente útil para análisis de sistemas de producción debido a su potencial uso y al continuo desarrollo de softwares, así como de tecnología informática [Sandoval, 2019].

Cuando se piensa en la necesidad de ofertar un producto que sea bien valorado por el cliente, a fin de satisfacer la demanda generada y lograr la permanencia en el mercado, es casi inevitable relacionarlo con la capacidad de producción, la cual se puede entender como el volumen de productos que puede generar una planta o empresa de manufactura en un período de tiempo determinado, utilizando los recursos existentes actuales [Cajigas, 2019]. El correcto análisis sobre la capacidad de producción permite esbozar un panorama más amplio sobre la situación actual y futura de la empresa, aportando información fundamental para el cálculo de diversos indicadores de control.

Dentro del campo de estudio de la simulación, destacan algunas investigaciones que permiten evaluar las técnicas utilizadas y conocer los beneficios en distintos campos e industrias. Una de estas aplicaciones corresponde a un caso de estudio en el que se pretende resolver el problema de optimización de la selección de aprovisionamiento de nutrientes utilizado en una granja. [Ireneusz, 2015]. Otro caso de estudio fue desarrollado en una planta productora de lácteos, en éste se destaca la amplia precisión y capacidad de FlexSim ya que describe claramente la construcción del modelo presentado y las características de cada objeto utilizado dentro del simulador [Simón, 2013]. En el campo de distribución logística también se ha aplicado este enfoque de simulación al evaluar el impacto en los costos que generaría realizar la propuesta de distribución de manera real [X.Zhu, 2014]. Entre los diferentes softwares de simulación que existen, FlexSim, es considerado como una alternativa innovadora de efectividad en la toma de decisiones de las operaciones de un sistema de producción y esto sobre todo por su programación y su estilo innovador en el diseño en 3D [Díaz, 2018], [Cantú, 2016], [Orozco, 2019]. Además, este software, permite centrarse en el modelo de decisión porque ofrece al usuario la funcionalidad de efectuar la experimentación con el modelo empleando escenarios a un número dado de réplicas [Giraldo, 2019].

Por ejemplo, con el enfoque de simulación basada en proceso, se describe la simulación de un proceso minero, [Giubergia, 2016]. Por otro lado, la simulación del proceso productivo de tejido de guante industrial [García, 2019]. Simulación enfocada en la selección y almacenamiento de rodamientos dos materiales diferentes, metálicos y de polímero, en una línea de producción. [Medina, 2016]. Simulación de recursos disponibles en una empresa productora de medias del sector textil [Orozco, 2019]. Simulación para optimizar recursos en el proceso de producción de una línea de queso [Morillo, 2018]. Diseño de layout en un almacén del Ingenio Azucarero [Orozco, 2020]. Reducción de operaciones en una línea de producción [Reboloso, 2013]. Diseño y distribución de instalaciones industriales [Orozco, 2013].

Bajo este contexto, y con el objetivo de evaluar la capacidad de producción en un negocio familiar, dedicado a la producción artesanal de productos alimenticios, se

desarrolla un modelo de simulación gráfica del proceso de elaboración de papas fritas. Uno de los principales desafíos en este proceso de simulación consiste en una adecuada representación de cada una de las operaciones involucradas en el proceso. Para la evaluación de capacidad se tomó en cuenta dos escenarios establecidos por requerimientos optimistas y pesimistas de sus clientes. En la segunda sección de este documento se presenta la parte metodológica necesaria para llevar a cabo el modelo, la cual incluye desde un adecuado registro de tiempos hasta caracterización de variables del proceso. En la tercera sección se explican los “dashboard” o pantallas de información generadas en el software FlexSim, el cual muestra la información del proceso bajo los escenarios de simulación. Por último, se presentan, los principales resultados.

El caso de estudio es un local de producción de papas fritas ubicado en el Estado de México. Primeramente, el proceso es documentado por medio de un estudio de tiempos, con la intención de obtener la información necesaria y posteriormente hacer una representación de manera gráfica mediante un modelo y su posterior simulación en el programa FlexSim.

2. Métodos

La metodología para desarrollar el modelo y su posterior simulación incluye:

- **Análisis del proceso de producción.** La clasificación de las operaciones que se consideran en el proceso para el estudio de los tiempos, son:
 - ✓ *Lavar papas.* Cada una de las papas se lava para remover cualquier adherencia y suciedad.
 - ✓ *Pelar papas.* De manera manual y con ayuda de un pelador, a cada una de las papas se le retira la cáscara o cualquier parte en mal estado.
 - ✓ *Cortar papas.* Utilizando una máquina especial (rebanadora de papas), las papas son cortadas y almacenadas en una tina con agua.
 - ✓ *Freír papas.* Las papas son colocadas en la freidora con aceite hirviendo durante un tiempo establecido para su cocción.
 - ✓ *Sazonar papas.* Agregar sal a las papas ya fritas.
 - ✓ *Embolsar papas.* Empaquetar las papas en bolsas.

- **Tiempo estándar.** Así mismo, para la simulación fue necesario contar con los tiempos de cada uno de los elementos del proceso, para lo cual se realizó un estudio de tiempos que se presenta en la tabla 1.

Tabla 1 Registro de tiempos de elementos del proceso.

Operación	TMO (seg)	FC	TN (seg)	Suplementos	TE (seg)
1	11.67	0.14	13.3	0.04	13.84
2	38.57	0.14	44	0.04	45.73
3	36.65	0.08	39.6	0.1	43.54
4	242.9	0.03	250	0.12	280.2
5	30	0.14	34.2	0.02	34.88
6	24.71	0.14	28.2	0.02	28.73

Se observa que, primero fue necesario calcular el tiempo medio observado (TMO) de cada una de las operaciones el cual corresponde al tiempo promedio del proceso y posteriormente asignar su factor de calificación (FC), al evaluar el desempeño de los operadores, el cual incluye habilidad, esfuerzo, consistencia y condiciones, dando como resultado el tiempo normal (TN). Posteriormente se consideran los suplementos por fatiga, necesidades personales y las variables (de acuerdo con cada operación, como monotonía), para finalmente establecer el estándar (TE) de cada operación y ser utilizado para evaluar la capacidad productiva del proceso.

- **Escenarios de simulación.** Se realiza el análisis del desarrollo del modelo sobre dos supuestos, los cuales son escenarios optimistas y pesimistas definidos por los involucrados en el proceso:
 - ✓ *Supuesto 1:* En un día normal, se establece un horario de 12:00 a 23:00 horas, asignando: media hora para preparar los recursos, dentro de los cuales se encuentra la actividad de calentar el aceite. También, media hora para comer y media hora de limpieza al finalizar la jornada. Existe un cliente (Cliente 1) que llega cada 130 segundos y se lleva una bolsa de papas.
 - ✓ *Supuesto 2:* En un día normal, se establece un horario de 12:00 a 23:00 horas, asignando: media hora para preparar los recursos, dentro de los cuales se encuentra la actividad de calentar el aceite. También, media

hora para comer y media hora de limpieza al finalizar la jornada. Existe un cliente (Cliente 2) que llega cada 350 segundos y se lleva una bolsa de papas.

En la tabla 2 se presenta el tiempo disponible para la jornada laboral establecida, la cual corresponde a 34,200 segundos.

En la tabla 3 se presenta el tiempo necesario para producir un lote de 12 paquetes de papas (para la simulación del Software FlexSim se tomó en cuenta que se produce un lote de 12 de bolsas de papas de acuerdo con la información obtenida del caso vivencial) por lo que, el tiempo de ciclo requerido para completar el lote es de 548,76 segundos. Tomando en consideración el tiempo disponible y el tiempo requerido para completar el lote de producción, se puede estimar que, la capacidad de producción es de 62 lotes de 12 paquetes al día. La interrogante a la cual se pretende dar solución es si, con esta capacidad es posible cubrir la demanda del cliente considerando los supuestos antes mencionados.

Tabla 2 Tiempos disponibles por jornada. Fuente: Elaboración propia.

No.	Criterio	TE (seg)
1	Horas por día	39,600
2	Horas por día para preparar recursos	1,800
3	Horas por día para comer	1,800
4	Horas por día para limpiar	1,800
Tiempo Disponible Total (seg/día)		34,200

Tabla 3 Tiempo Estándar de cada operación. Fuente: Elaboración propia.

No.	Operación	TE (seg/lote)	Capacidad de producción
1	Lavar papas	166.08	62 lotes de 12 paquetes al día
2	Pelar papas	548.76	
3	Cortar papas	522.48	
4	Freír papas	280.2	
5	Sazonar papas	418.56	
6	Embolsar	344.76	
Tiempo Ciclo		548.76	

- **Desarrollo del modelo.** La figura 1 muestra los elementos del Software FlexSim (processors, resources, combiners y queues), que se utilizan para

representar las estaciones de trabajo para el proceso de producción de papas fritas, el modelo considera el flujo real de la materia prima en cada estación. Finalmente, se observa que un solo operador (Operator 1) se encarga de todo el proceso de producción.

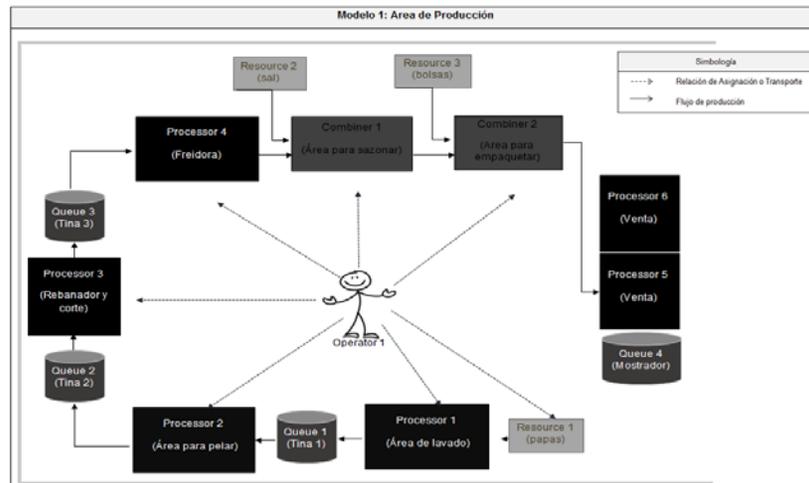


Figura 1 Modelo del área de producción.

Cada objeto del modelo se ha seleccionado considerando la distribución del local. A continuación, se explica y se detalla la manera en la que se han elegido los elementos del proceso:

- ✓ *Resource 1*. Representa la llegada de la materia prima (papas). En el proceso vivencial la materia prima llega en un costal.
- ✓ *Processor 1*. Se utiliza para representar el área de lavado simulando ser una mesa industrial con tarja.
- ✓ *Queue (tina 1)*. A través de este elemento se pretende simular el almacenamiento del lote de papas sobre una mesa antes del siguiente proceso (pelado de papa).
- ✓ *Processor 2*. Se coloca para representar el área de pelado de papas con una mesa industrial.
- ✓ *Queue (tina 2)*. Representa un almacenamiento de papas sobre una mesa esquinera antes del siguiente proceso (rebanado y corte de papas).

- ✓ *Processor 3*. Se emplea para representar el área de rebanado y corte de papas.
 - ✓ *Queue 3 (tina 3)*. Este elemento contempla el almacenamiento antes del siguiente proceso (freír papas). Tal como en el Queue 2 se visualizan las papas en una mesa esquinera.
 - ✓ *Processor 4*. Se emplea para representar el área de freír, por tanto, se simula como una freidora industrial.
 - ✓ *Resource 2*. Se utiliza para representar la llegada de la materia prima (sal) para sazonar las papas en el combiner 1.
 - ✓ *Combiner 1*. Se aplica para combinar la salida del Processor 4 (papas fritas) con el Resource 2 (sal), en el Software se visualiza tal como en el proceso vivencial con una escurridora de acero inoxidable.
 - ✓ *Resource 3*. Se ocupa para representar la llegada de la materia prima (bolsas) para el empaquetamiento de las papas en combiner 2.
 - ✓ *Combiner 2*. Se usa para combinar la salida del combinador 1 (papas sazonadas) con el Resource 3 (bolsas), en el Software se visualiza tal como en el proceso vivencial con una mesa industrial.
- **Simulación en el Software y verificar los resultados.** Por otro lado, la figura 2 muestra los elementos del Software FlexSim (processors, queues y sinks), que se utilizan para representar las actividades que se realizan en la estación de venta. En el modelo cada sink representa la salida de un cliente para el cual se ha establecido el tiempo y cantidad de compra (2 supuestos). Se observa que un solo operador (Operator 2) se encarga de realizar todo el proceso de venta. Área de Venta:
 - ✓ *Queue 4*. Se representa un almacenamiento antes del siguiente proceso que es la venta de papas. En el proceso vivencial se utiliza una mesa con una vitrina como elemento de almacenamiento. El Operator 2, se encarga de transportar las bolsas de papas desde este punto hasta el punto de venta (Processor 5 y 6).
 - ✓ *Processor 5*. Se visualiza la venta para el cliente 1 (Operator 3). en el Software se representa con un procesador para que el cliente 1

(Operator 3) tome su compra de papas (salida del procesador) y se retire al sink 1.

- ✓ *Pink 1*. Se utiliza para representar la salida de la bolsa de papas a través del cliente 1 (Operator 3).
- ✓ *Processor 6*. Se visualiza la venta para el cliente 2 (Operator 4). Tal como en el caso del cliente 1, en el Software se representa con un procesador para que el cliente 2 (Operator 4) tome su compra de papas (salida del procesador) y se retire al sink 2.
- ✓ *Sink 2*. Se usa para representar la salida de la bolsa de papas a través del cliente 2 (Operator 4).

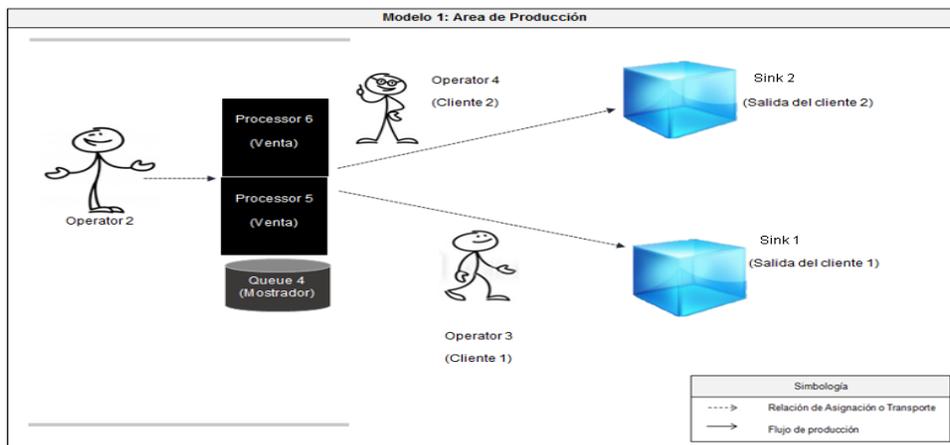
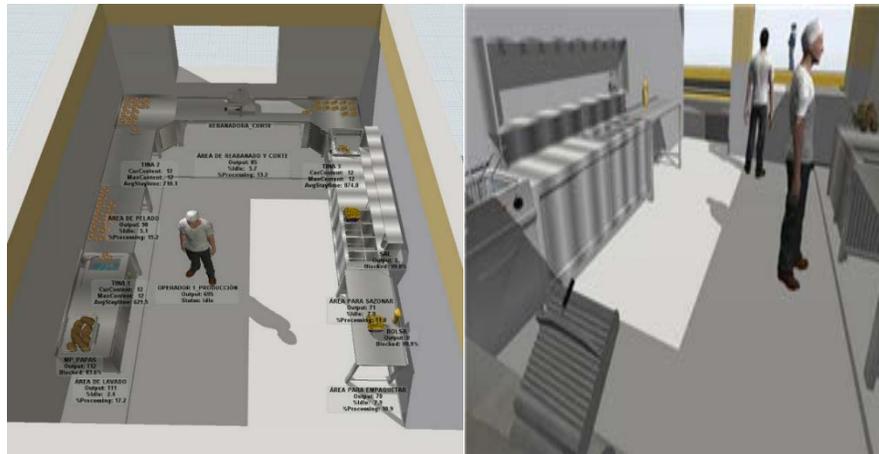


Figura 2 Modelo del área de ventas.

3. Resultados

Simulación

Se realiza la simulación del proceso de producción de papas fritas en el Software FlexSim, tomando como referencia los modelos: Área de producción (Figura 1) y Área de ventas (Figura 2), presentados anteriormente. La figura 3 proporciona las vistas con mayor detalle de lo observado en la interfaz del Software. Al interior del establecimiento se observan dos operadores, los roles de trabajo son: operador uno, se encarga de producir las papas fritas, mientras que el operador dos es el encargado de ventas de papas fritas.



a) Vista superior del Área de producción b) Roles de trabajo de operadores

Figura 3 Vistas obtenidas de la interfaz del software.

Corridas de simulación

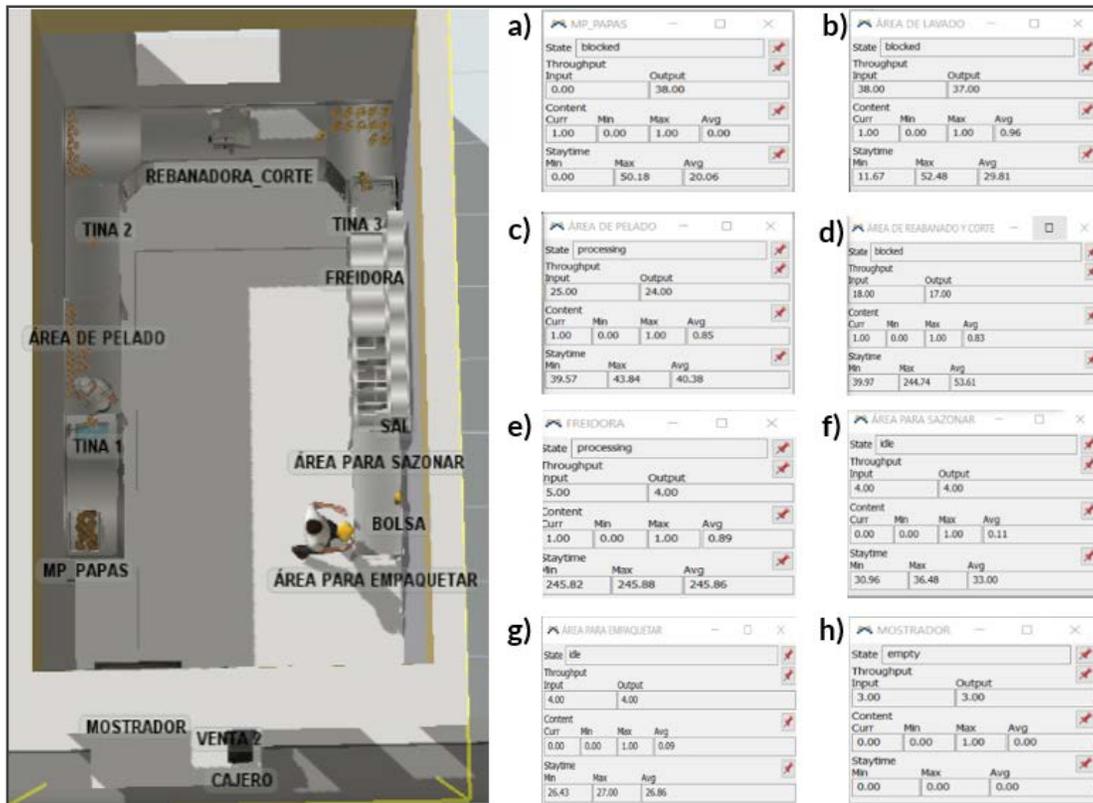
Las corridas de simulación se llevaron a cabo con los tiempos estándar (Tabla 1) bajo los supuestos: Venta 1, un cliente llega cada 130 segundos. Venta 2, un cliente llega cada 350 segundos.

Área de Producción

En la figura 4 se muestran los dashboards de cada una de las operaciones del proceso de producción de papas fritas, los cuales se explican a continuación.

El dashboard del recurso de materia prima, permite observar que en el Output 38 ya se han generado 38 papas, las cuales pasan al área de lavado, esta operación se lleva en un tiempo máximo de 50.18 segundos, figura 4a. El dashboard del área de lavado, muestra que 38 papas ingresaron al área, de las cuales 37 ya se han lavado y una está en proceso, de la cual se tiene un tiempo de lavado de mínimo de 11.67 segundos, muestra el TE de dicha operación, figura 4b. Entre el proceso del área de lavado y área de pelado, existe un almacenamiento de secado de las papas (Tina 1).

El dashboard de área de pelado, muestra que ingresaron 25 papas, de las cuales 24 ya se han pelado pasando al área de rebanado y corte. Una papa se encuentra en proceso, con un tiempo mínimo de operación de 39.57 segundos (es la suma del TE más el de proceso de la estación), figura 4c.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4 Área de producción de 4 bolsas de papas.

Entre el proceso del área de pelado y área de rebanado y corte, existe un almacenamiento antes de pasarlas por la máquina de corte y rebanado (Tina 2). El dashboard de área de rebanado y corte, muestra que ingresaron 18 papas, de las cuales 17 ya están procesadas pasando al área de freidora y una papa se encuentra en proceso, con un tiempo mínimo de 39.97 segundos (es la suma del TE más el de proceso de la estación), figura 4d. Entre el proceso del área de rebanado y corte, existe un almacenamiento y retiro de almidón en agua (Tina 3) antes de pasar a freír, donde se almacena de acuerdo con el pedido por bolsa de papa por parte del área de freír.

El dashboard del proceso de freír, muestra que ingresaron 5 papas, de las cuales 4 ya se han freído pasando al área de sazonar; una papa se encuentra en proceso con un tiempo mínimo de 245.82 segundos (es la suma del TE más el de proceso de la estación), figura 4e. El dashboard del área para sazonar, muestra que ingresaron 4 papas, de las cuales ya se han procesado las mismas pasando al área

de empaquetar; con un tiempo mínimo de operación es de 30.96 segundos (es la suma del TE más el de proceso de la estación), figura 4f.

El dashboard de área de empaquetar se muestra que ingresaron 4 papas, de las cuales 4 ya están empaquetadas; suponiendo que una papa es la proporción de una bolsa para la operación. El tiempo mínimo de operación por empaquetar es 26.43 segundos (es la suma del TE más el de proceso de la estación), figura 4g. El dashboard del área de mostrador, muestra que se cuenta con tres papas (bolsas de papas), de las cuales se cuenta con las mismas para la venta; además, se visualiza que una bolsa se encuentra en transporte y que posteriormente se contabilizará en el dashboard del área de mostrador, figura 4h.

Área de ventas

La figura 5 muestra los dashboards de los clientes 1 y 2, se aprecia que se compraron o vendieron de la producción un total de 43 bolsas de papas fritas en 32.77 minutos aproximadamente de la simulación bajo los supuestos mencionados anteriormente, lo que quiere decir que la producción aún sigue generando la cantidad por día de producción con 263 órdenes o compras por parte del cliente 1 y 97 órdenes o compras por parte del cliente 2.

Validación del modelo

Dentro del proceso vivencial, no existe un indicador de calidad, ya que, no se cuenta con un proceso definido para inspeccionar la calidad del producto. El operador es quien determina si las papas producidas pasan al siguiente proceso (empaquetado) o no, de acuerdo con su conocimiento empírico, es decir, si hay papas defectuosas que no cumplan con las características, como una buena cocción, estas no serán tomadas en cuenta. La simulación permitió evaluar los escenarios planteados en la medida en que, si un cliente llega y realiza un pedido que supera la cantidad de bolsas de papas que se tienen almacenadas, no se cumpliría la demanda solicitada. La corrida de la simulación se ve afectada, ya que, la producción siempre estará sujeta al tiempo del cuello de botella y no se podrá producir más de lo establecido.



Figura 5 Avance de la producción de la línea. Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión

En comparación con otros trabajos [Simón, 2013] y [Orozco, 2019], el principal reto encontrado fue en la representación y caracterización de cada elemento del proceso de producción, esto con el objetivo de brindar una mejor representación de este.

Por otro lado, simular bajo las condiciones reales del proceso con los recursos disponibles, fue otro punto de interés, ya que fue necesario identificar adecuadamente las variables del proceso e incorporarlas en el modelo de simulación, esto es el caso de los tiempos de proceso, lo cual resultó ser una de las complicaciones que surgieron al realizar el modelado ya que, fue necesario obtener la información del proceso real e introducir el registro de datos en el modelo.

Los supuestos generados en la simulación permiten visualizar cómo funciona el software y verificar el comportamiento de la producción ante el requerimiento de ventas. Una de las ventajas identificadas en el modelo desarrollado, es que permite realizar cambios en los datos que se ingresan para analizar cómo cambia el flujo de producción y de venta con respecto al tiempo de jornada, por ejemplo: se pueden modificar los tiempos de acuerdo con las ventas generadas por jornada, en donde puede ser aleatorio de acuerdo con un tiempo establecido.

Análisis de los supuestos

Los supuestos se toman en cuenta como casos ideales en los que, en los tiempos establecidos de llegada de cada cliente, se vende al menos una bolsa de papas. De acuerdo con el cuello de botella (freír papas), cada bolsa de papas se produce cada 4.7 minutos aproximadamente (280.2 segundos). Recordando que, para el primer supuesto (caso pesimista), el cliente llega cada 2.2 minutos aproximadamente. Para el segundo supuesto (caso optimista), el cliente llega cada 5.8 minutos aproximadamente. La capacidad de producción en el primer supuesto se ve afectada, ya que, se necesitaría producir en ese mismo tiempo el doble de bolsas de papas para cubrir la demanda mínima (una bolsa de papas).

En el segundo supuesto, se cubre la demanda mínima (una bolsa de papas). Sin embargo, si el cliente requiere dos bolsas de papas, se necesitaría aumentar la capacidad de producción de acuerdo con los tiempos de venta, en un 38.3%.

Esto considerando que, para producir dos bolsas de papas se requiere de 9.4 minutos y el cliente llega cada 5.8 minutos. Se determinó que, si se aumenta la capacidad de producción de una bolsa de papas a producir un lote (12 bolsas de papas), el tiempo de espera de los clientes va a aumentar, ya que, el cuello de botella cambia al elemento 2 (Pelar papas), tardando en producir 9.15 minutos aproximadamente (548.76 segundos) por un lote. En el caso pesimista los clientes tendrían que esperar 6.95 minutos para obtener una bolsa de papas de ese lote y en el caso optimista 3.35 minutos, aproximadamente.

5. Conclusiones

El desarrollo de este trabajo ha permitido en primera instancia, apreciar las diferencias que pueden surgir entre un proceso de producción vivencial y la simulación de un modelo creado en un Software, en este caso FlexSim. Dichas diferencias, encuentran su origen principalmente en los operadores, dado que, al tener un conocimiento empírico del proceso, han adoptado sus propias técnicas de trabajo, a fin de “sintetizar” o agilizar sus tareas y/o actividades.

La estación de cuello de botella es aquella estación en la que el tiempo de ciclo por operación es superior a las demás. Además, es la que determina el ritmo de

producción, es decir, la estación dos que pertenece al proceso de pelar papas es la que genera una detención de la línea de producción; en la que se presenta con un tiempo de 548.76 segundos, dicho tiempo refiere a un lote de 12 bolsas, esto se puede observar en tabla 3.

De manera teórica se obtuvo que, la línea de producción cuenta con una capacidad de 62.32 lotes por día, lo que equivale a 747 bolsas de papas. Dicha capacidad indica que el primer cliente, puede llevar hasta 2 bolsas como máximo y el segundo cliente hasta 7 bolsas. Si los clientes requieren llevar una cantidad mayor a esta, la línea no se encuentra en condiciones de cumplir con sus requerimientos, por lo que habría que incrementar la capacidad de producción.

Sin embargo, se está abordando bajo escenarios optimistas y pesimistas, en los que se establece que un cliente llega cada 2.2 minutos o 5.8 minutos, respectivamente. Por lo que, se necesitaría realizar un estudio de tiempos de llegada de los clientes de varias semanas completas, con el fin de tener un análisis más preciso que permita conocer qué días la demanda aumenta o disminuye y en qué horarios, para determinar si la capacidad de producción debe aumentar o disminuir y en qué porcentaje. Realizar la simulación en el software FlexSim permite en este caso, evaluar cómo impactan los cambios que se desean realizar en el futuro haciendo un estudio más completo y semejante al local de venta.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Cantú González, J., Guardado M., Balderas, H. Simulación de procesos, una perspectiva en pro del desempeño operacional. Vol. 3, núm. 5. Revista Iberoamericana de producción académica y gestión educativa, 2016.
- [2] Cajigas, M., Ramírez, E., y Ramírez, D. Capacidad de producción y sostenibilidad en empresas nuevas. Revista espacios. Vol. 40, No. 43, pp. 15, 2019.
- [3] Cheng, Y., Lin, Y., Kuei, Y. Optimal multi-stage logistic and inventory policies with production bottleneck in a serial supply chain. International Journal of Production Economics. Volume 124, Issue 2, April 2010, pp. 408-413. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.12.002>, 2010.

- [4] Díaz Martínez, M., Zárate Cruz, R., Román Salinas, R. 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*, vol. 22, No. 2, 2018. Instituto Politécnico Nacional, 2018.
- [5] FlexSim Problem Solved. Introducción a la simulación de sistemas discretos: <https://www.flexsim.com/es/manufacturing-simulation>, marzo, 2020.
- [6] García, F., Romero, J. A. Diseño de un modelo de simulación, utilizando un software de eventos discretos, en una línea de producción de tejido industrial. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*. Año: 8, No. 44, 2019.
- [7] Giraldo, J., Castrillón, O., & Ruiz-Herrera, S. Discrete Simulation and Agents of a Simple Chain Supply including a Geographic Information System (GIS). *Información tecnológica*, 30(6), pp. 123-136. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600123>, 2019.
- [8] Giubergia, A., Gil, V., Mansilla, Y., Narváez, D., Bertello M., Besso, M. Simulación aplicada al cálculo de capacidades de almacenamiento y stock piles. *Minería y Geología*, ver.32, No. 2, pp. 70-86 ISSN 1993 8012, abril-junio, 2016.
- [9] Ireneusz, K. Cost optimization of blend preparation with the use of Flexsim environment. *Scientific quarterly journal Agricultural Engineering*, 4(156):51-60. ISSN 2083-1587; e-ISSN 2449-5999. DOI: <http://dx.medra.org/10.14654/ir.2015.156.151>, 2015.
- [10] Medina, J., Juárez, V., Villafuerte, R., Mejía, E. Simulación en tiempo real de un proceso de selección y almacenamiento de piezas. *Revista Iberoamericana de producción académica y gestión educativa*, Vol. 3, No. 5, 2016.
- [11] Márquez, M., (2012). Production systems and ergonomics: reflections for discussion. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, vol. III, No. 9, pp. 49-60, ISSN: 1856-8327, julio-diciembre.
- [12] Orozco, E., Sablón, N., Saraguro, R., Hermoso, D., & Rodríguez, Y. Optimización de Recursos mediante la Simulación de Eventos Discretos. *Revista Tecnología En Marcha*, 32(2), pp. 146-164. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i2.4356>, 2019.

- [13] Orozco, E., Sablón, N., Barrezueta, K., & Sánchez, F. Layout design in a warehouse of Sugar Mill of Imbabura, Ecuador. *Ingeniería Industrial*, 41(1), 2020.
- [14] Morillo, D. Optimization of resources in the production of cheeses of the San Luis dairy Industry, FICA, March 2018.
- [15] Orozco, E., Cervera J. Diseño y Distribución de Instalaciones Industriales Apoyado en el Uso de la Simulación de Procesos, *Investig. innov. ing*, vol. 1, No. 1, enero, 2013.
- [16] Reboloso, Z., Macías, A. y Lizardi, S. Reducción de operaciones en una línea de producción. In: VIII Congreso de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 12-13. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, 2013.
- [17] Sandoval, L., Hernández S., Botello, J., Jiménez, J., Figueroa, V. Simulación de sistemas productivos no balanceados: aplicación a la producción de mezcal. *Pistas Educativas*, No. 132, junio 2019, México, Tecnológico Nacional de México en Celaya, 2019.
- [18] Shannon R.E. *Systems Simulation: The Art and Science*. Prentice Hall. ISBN-13: 978-0138818395, ISBN-10: 0138818398, Hardcover: 387 páginas. Prentice Hall, 1975.
- [19] Simón Marmolejo I., Santana-Robles F., Granillo-Macías R., Piedra-Mayorga V., (2013) La simulación con FlexSim, una fuente alternativa para la toma de decisiones en las operaciones de un sistema híbrido. *Científica*, vol. 17, núm. 1, pp. 39-49 Instituto Politécnico Nacional Distrito Federal, México, enero-marzo, 2013.
- [20] Subramaniyan, M., Skoogh, A., Salomonsoon, H., Bangalore, P., Borkrantz, J. A data-driven algorithm to predict throughput bottlenecks in a production system based on active periods of the machines. *Computers & Industrial Engineering* Volume 125, pp. 533-544 November 2018.
- [21] X.Zhu R.Zhang, F.Chu Z.He, J.Li. A Flexsim-based Optimization for the Operation Process of Cold-Chain Logistics Distribution Centre. *Journal of Applied Research and Technology*. Volume 12, Issue 2, April 2014, pp.270-278. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1665-6423\(14\)72343-0](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(14)72343-0), 2014.