



FlexSim, herramienta tecnológica en ingeniería para la toma de decisiones en las estaciones de trabajo

Marco Antonio Díaz Martínez^{1*}, Reina Verónica Román Salinas¹, Jesús Gómez Castellanos¹

¹Instituto Tecnológico Superior de Pánuco

*ingmarco26@gmail.com

RESUMEN

El objetivo principal de este documento es afrontar conceptos claves en relación con el uso del software FlexSim dentro de un modelo de simulación, como una alternativa innovadora de efectividad en la toma de decisiones de las operaciones de un sistema de producción. El estudio incluye una revisión literaria, conceptos del modelo y simulación, aplicaciones, la caracterización de FlexSim y la descripción para la construcción de un modelo en el software FlexSim. Este trabajo se desarrolla partiendo del entendimiento y uso del software, modelación, ejecución y análisis de las operaciones de un sistema de múltiples estaciones de prueba. El modelo aquí descrito ilustra claramente la amplia precisión y capacidad de FlexSim como herramienta de mejora, además muestra lo sencillo que es su programación y su estilo innovador en el diseño en 3D. Este artículo busca dar una idea clara del impacto que tiene la simulación dentro de un sistema de producción y a su vez logre un entendimiento claro del uso de FlexSim.

Palabras claves: FlexSim, simulación, toma de decisiones.

ABSTRACT

The main objective of this document is to address key concepts in relation to the use of FlexSim software within a simulation model, as an innovative alternative of effectiveness in the decision making of the operations of a production system. The study includes a literary review, concepts of the model and simulation, applications, the characterization of FlexSim and the description for the construction of a model in FlexSim software. This work is developed based on the understanding and use of software, modeling, execution and

analysis of the operations of a system of multiple test stations. The model described here clearly illustrates FlexSim's wide precision and capacity as an improvement tool, as well as how simple its programming and innovative style are in 3D design. This article seeks to give a clear idea of the impact that simulation has within a production system and in turn to achieve a clear understanding of the use of FlexSim.

Key words: FlexSim, simulation, decision making.

INTRODUCCIÓN

Para poder comprender la realidad y la dificultad que un sistema puede conllevar, ha sido necesario construir un modelo artificialmente con objetos y experimentar con ellos dinámicamente antes de interactuar con el sistema real. La simulación por computadora puede observarse como el equivalente computarizado a ese tipo de experimentación, para lo cual es necesario construir modelos que representen la realidad de tales modelos que puedan ser interpretados por una computadora. Las operaciones, procesos o servicios de varias clases que existen en el mundo real son generalmente llamados sistemas y para estudiarlos de forma científica frecuentemente se hace un conjunto de suposiciones acerca de cómo éstos trabajan. Estas suposiciones, que generalmente toman la forma de relaciones matemáticas o lógicas constituyen un modelo que es usado para intentar ganar un entendimiento de cómo se comporta el sistema correspondiente. Si las relaciones entre los componentes que componen el modelo son bastante simples, puede ser posible usar métodos matemáticos (tales como cálculo o estadística) para obtener información exacta en cuestiones de interés, a esto se le llama solución analítica.

Sin embargo, la mayoría de los sistemas reales son difíciles, por lo que deben ser estudiados por medio de simulación para permitir que estos modelos sean reales y puedan ser evaluados de forma analítica. Las áreas de aplicación de la simulación son numerosas y diversas; es usual encontrar aplicaciones en ingeniería, economía, manufactura, administración y ciencias sociales.

La simulación de eventos discretos se define como el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento bajo estudio cuando se presenta un evento determinado (García, García, & Cárdenas, 2013).

El mostrar un ambiente concreto de simulación desde una perspectiva aleatoria en modelos prácticos utilizando el software FlexSim, requiere del entendimiento de los conceptos

elementales que componen esta relación. En este contexto, es necesario tener una buena comprensión teórica de los conceptos de modelado y simulación de procesos industriales. Además de contar con conocimientos en el desarrollo de análisis experimental, en esta investigación se describen los conceptos principales del tema en estudio (Simón, 2016).

El objetivo de este artículo es inducir el uso de la simulación en la evaluación de un sistema productivo en un ambiente virtual, con la intención de lograr la máxima eficiencia en los sistemas de producción, minimizar costos, mejorar la calidad, reducir el lapso de tiempo entre la fabricación y la entrega de los productos al cliente, proyectar escenarios catastróficos y extremos; así como la aplicación de alternativas educativas para la formación de personal en diferentes áreas de una organización.

Revisión a la literatura

Para el desarrollo del presente trabajo resulta de suma importancia iniciar definiendo el término “simulación”. La simulación es la representación gráfica de algún proceso, sistema de producción o sistema real a través del tiempo, ya sea diseñada manualmente o en una computadora. La simulación compromete la generación de un historial artificial de un sistema y su observación para obtener inferencias relacionadas con las características operativas del sistema real. La simulación por computadora se refiere a los métodos para estudiar una gran variedad de modelos de sistemas del mundo real mediante la evolución numérica usando un software diseñado para imitar las características u operaciones del sistema, a menudo en el transcurso del tiempo.

Entre los programas de cómputo utilizados en simulación se pueden mencionar Promodel (Promodel, 2021), Arena (Clarcat, 2021), Flexsim (Flexsim, 2021)

FlexSim ha contribuido con aplicaciones de clase mundial en temas de medicina, salud y sistemas de logística tales como operaciones de contenedores en puertos, simulaciones distribuidas en varios equipos dentro de una empresa manufacturera, en la minería, en centros aeroespaciales e incluso se ha adaptado a la industria del servicio (hoteles, hospitales, supermercados o muchas otras industrias) para simular la administración y operación de los recursos humanos.

METODOLOGÍA

Uso y manejo del software FlexSim. En muchos modelos se ha ilustrado cómo manipular materiales que se encuentran en cantidades discretas (piezas, esferas, personas, etc.), pero

dentro de muchos sistemas reales los materiales no necesariamente son piezas discretas. En este apartado se presentan los conceptos fundamentales para construir un modelo básico de estaciones de prueba. La construcción de un modelo con estas características requiere de mucha atención ya que existen detalles que no pueden pasarse por alto.

Descripción del caso de estudio. Una planta industrial tiene un sistema de producción con un único Queue FIFO (First-In-First-Out) alimenta cuatro estaciones de prueba en paralelo. El producto llega a la Queue cada 21 segundos desde el source. El tiempo de ciclo de pruebas es de 1 minuto. Las estaciones de prueba paran cada 20 minutos exponencialmente distribuidos y lleva entre 2 y 5 minutos uniformemente distribuidos arreglarlos. La tasa de fallos en las estaciones es del 10%. Las piezas que fallan se separan manualmente en una mesa de retrabajo, con un tiempo lognormal (35.4, 3.2, 0.1) y se vuelven a introducir nuevamente al Queue que alimenta a las estaciones de prueba.

Descripción de los objetos del modelo

- El Source presenta un tiempo de arribo de 21 segundos y un flujo de primeras disponibles hacia el Queue 2 con un máximo de capacidad de contenido de 50 piezas.
- El Queue 2 presenta un flujo de producción de tipo Matching Itemtypes donde existe una separación de productos para ser asignados a los Queue 4, 5, 6 y 7 respectivamente.
- Cada una de las Queues tiene una capacidad máxima de 50 productos dependiendo su tipo y presenta un flujo de proceso de tipo First Available y luego el producto es enviado hacia el área de pruebas.
- En los procesos se presentan un 10% de fallos y tiempo de proceso de 60 segundos. Se tiene un supervisor asignado para separar las piezas con defectos y volver ha introducir nuevamente al Queue que alimenta a las estaciones de prueba.
- Los productos que cumplan con las pruebas serán enviados al Sink donde es la etapa final y término del proceso.
- En caso de no ser enviados al Sink por cumplimiento de las pruebas son enviados a una mesa de retrabajo Processor 14 para su análisis y al no cumplir con las especificaciones son enviadas al Queue 2 para empezar nuevamente el proceso de pruebas.

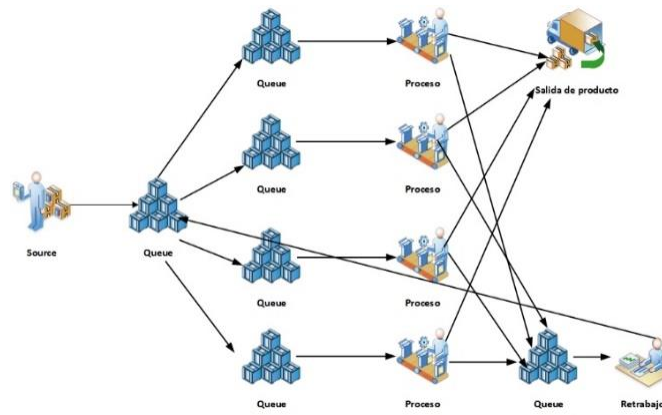


Figura 1. Diagrama de flujo de producción del modelo de pruebas.

Construcción del modelo

Para la construcción del modelo se inicia creando una nueva hoja de trabajo (New Model) en Flexsim. Posteriormente, se seleccionan de las librerías los recursos necesarios y se arrastran al área de trabajo (figura 2). Los objetos necesarios para este caso de estudio son:

- 1 Source que es la fuente de salida de producto hacia la línea de espera Queue 2.
- 6 Queues que son las líneas de espera que son los envíos hacia las operaciones o procesos.
- 5 procesos que son los encargados de las pruebas respectivas hacia los productos.
- 1 Sink que es la salida de producto terminado y que cumple con las correctamente con las especificaciones.
- 1 Transporter (supervisor).

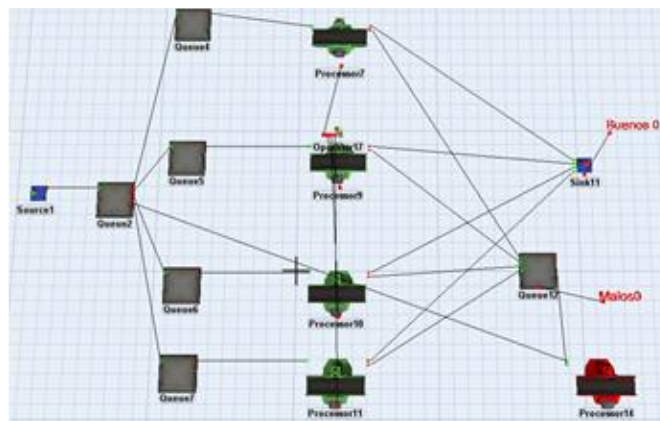


Figura 2. Imagen del modelo final en ejecución.

Conexión de objetos

Después de arrastrar los objetos al área de trabajo, es necesario conectarlos. La conexión de objetos fluidos se hace de la misma forma con la que conectan objetos discretos: presionando la tecla A y dando clic en los objetos a conectar se crea una conexión de entrada/salida y la tecla S crea una conexión de puerto central. Recuerde que los objetos deben ser conectados de acuerdo con el diagrama de flujo de producción mostrado en la figura 1. Para este caso de estudio, las conexiones son las que se enlistan a continuación:

Tabla 1. Conexiones de elementos del sistema de modelación de pruebas

Actividad	Dependencia	Actividad	Dependencia
Source 1	Queue 2	Processor 7	Sink 13
Queue 2	Queue 4	Processor 8	Sink 13
Queue 2	Queue 5	Processor 9	Sink 13
Queue 2	Queue 6	Processor 10	Sink 13
Queue 2	Queue 7	Processor 7	Queue 11
Queue 3	Processor 7	Processor 8	Queue 11
Queue 3	Processor 8	Processor 9	Queue 11
Queue 3	Processor 9	Processor 10	Queue 11
Queue 3	Processor 10	Queue 11	Queue 12

Configuración de los objetos

Configuración del Sources. Dado que el valor predeterminado del tiempo de llegadas es de 21 y el envío hacia el puerto Queue 2 es de First available.

Configuración de las líneas de espera (Queues). Habiendo posicionado los elementos de las líneas de espera se empieza la configuración dando doble clic en cualquiera de los elementos y se asigna primeramente la capacidad máxima que tendrá cada línea de espera y en este caso será de 50 cajas máximo y un envío (Send To Port) hacia las demás líneas de espera con la opción de Matching Itemtypes ya que en el caso de la Queue 2 es la primera línea de espera de servicio de los diferentes tipos de producto a enviar a las demás líneas de espera.

Configuración de los procesadores (Processors). Habiendo enviado los productos por las diferentes líneas de espera es ahora cuando deben ser sometidos a las pruebas de inspección para determinar si cumplen con las especificaciones y proceder a la salida de producto terminado. Se da clic en el procesador y en la opción de Processor se asigna una capacidad máxima de 1 caja por operación durante 10 segundos y se asigna un transporte quien realizará los ajustes manuales o cambios en este tiempo. En este caso de estudio se menciona que se presenta un 10% de defecto y esto significa que los envíos al reproceso son por probabilidad.

Configuración del Sink (salida y recepción de producto final). Después de terminar las pruebas en los diferentes procesadores y las inspecciones del supervisor los productos son enviados al Sink donde este último toma como válido el producto terminado proveniente de los procesos y es almacenado. En caso contrario que después de realizar las pruebas pertinentes envíe el producto al Queue 12, esto significa que no cumple con las especificaciones y es enviado al Processor 14, que es la mesa de retrabajo que enviará el producto defectuoso a la línea de espera inicial del proceso de producción.

En el caso del Queue 12 y Sink 11 están programados mediante un elemento llamado VisualTool para llevar el conteo de los productos que cumplen (buenos) y no cumplen (malos) de acuerdo con la configuración del sistema y tener datos reales del comportamiento que tendría y así poder tomar las mejores decisiones en las operaciones.

Ejecución del modelo

Para ejecutar el modelo, definir el tiempo de simulación (por ejemplo 3,600 segundos) y después dar Reset una vez que modelo esté corriendo, puede observarse como cada una de las líneas de espera cumple con su capacidad máxima de inicio y fin, así como los procesos en ejecución y el supervisor. También se puede observar la cantidad total de producto aceptado y rechazado durante el tiempo total de ejecución del sistema.

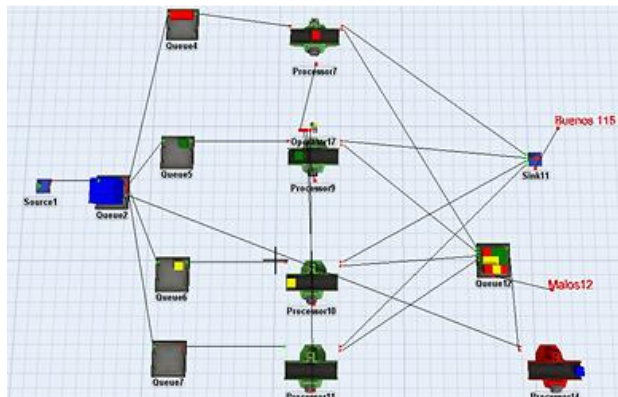


Figura 3. Presentación del modelo final.

RESULTADOS

El desempeño del sistema se describe con estadísticas. Las estadísticas son la acumulación de valores en una variable por un tiempo determinado, inician en 0 cada vez que se restaura (reset) el modelo y se acumulan valores hasta el momento en que se detiene la simulación.

Además, estos resultados pueden ser vistos como números, porcentajes o gráficos y pueden programarse variables de interés para el usuario o simplemente consultarse las ya definidas. Una vez que se ha ejecutado el modelo durante un período de tiempo predeterminado, se pueden analizar los resultados de la ejecución en muchas y muy variadas formas.

1. Algunas estadísticas que pueden ser observadas de forma rápida, se encuentran disponibles en los objetos que se muestran en el área de trabajo.
2. Además, también es posible agregar recursos especiales de la librería de objetos. Por ejemplo, el Recorder permite añadir gráficas dinámicas y variables, las cuales se animan mientras el modelo se está simulando.
3. En el menú Statistics > Reports and Statistics se puede tener acceso a un informe completo, a un resumen del informe o quizá a un informe del estado en el que se encuentra el modelo.

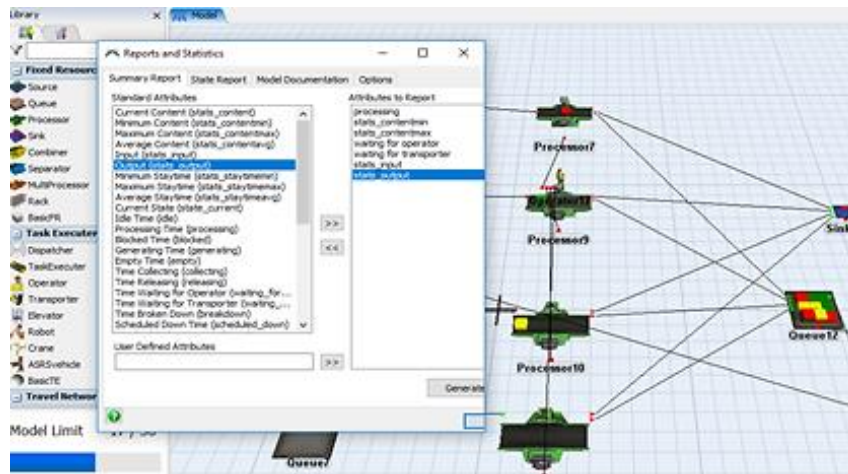


Figura 4. Reportes y estadísticas en FlexSim.

De acuerdo con el estudio del modelo, se obtuvieron los siguientes resultados: Los tiempos de proceso de cada uno de los objetos que intervienen en el sistema se muestran en la siguiente tabla, cabe mencionar que el modelo tiene un tiempo total de simulación de 3,600 segundos.

Tabla 3. Resultados de tiempo de proceso de los elementos del modelo de simulación.

Object	Processing (segundos)	Object	Processing (segundos)
Source1	0	Processor9	2880
Queue2	0	Processor10	1380
Queue4	0	Processor11	0
Queue5	0	Sink11	0
Queue6	0	Queue12	0
Queue7	0	Processor14	38.55

Processor7	3360	Operator17	0
------------	------	------------	---

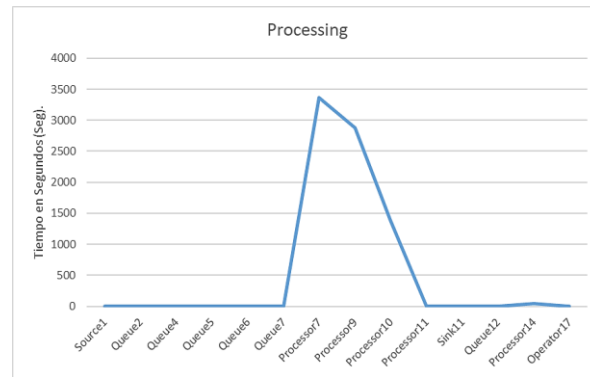


Figura 8. Comparativo de resultados de tiempo de proceso.

En la figura 8, se pueden observar los tiempos de proceso de cada uno de los elementos que intervienen en el modelo de simulación donde el proceso número 7 presenta un 44% del tiempo total del proceso, el proceso número 10 con un 18% del tiempo, el proceso número 9 presenta un 37% y el proceso 14 solamente representa un 1%.

Tabla 4. Resultados de tiempo de espera por proceso del operador.

Object	Processing (segundos)	Object	Processing (segundos)
Source1	0	Processor9	73.2
Queue2	0	Processor10	93.1
Queue4	0	Processor11	0
Queue5	0	Sink11	0
Queue6	0	Queue12	0
Queue7	0	Processor14	0
Processor7	72.5	Operator17	0

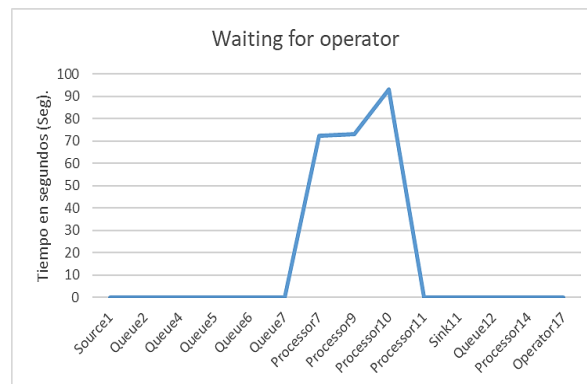


Figura 9. Comparativo de resultados de tiempo de espera por proceso del operador.

Los tiempos de espera del operador en cada uno de los procesos del sistema representa un 30% para el proceso número 7, un 39% el proceso 10 y finalmente el proceso número 9 con un 31%. Observando los tiempos en segundos podemos ver que en ocasiones el operador

tarda más de 1 minuto y 30 segundos en alguno de los procesos para su toma de decisión, análisis, ajustes, cambios, reprogramación, etc. Finalmente, uno de los parámetros de suma importancia es la cantidad de entradas y salidas por cada uno de los procesos y su impacto que puede tener en relación con el total de entradas de producto contra la cantidad de producto final procesado.

Tabla 5. Resultados de tiempo de espera por proceso del operador.

Object	Input	Output
Source1	0	171
Queue2	171	135
Queue4	60	57
Queue5	50	49
Queue6	25	24
Queue7	0	0
Processor7	57	56

Object	Input	Output
Processor9	49	48
Processor10	24	23
Processor11	0	0
Sink11	115	0
Queue12	12	1
Processor14	1	0
Operator17	0	0

En la tabla 5, se puede observar claramente las entradas en cada uno de los procesos y las salidas que se obtuvieron. Estos resultados en comparación a los del tiempo de espera del operario es necesario para que se pueda determinar las causas o motivos por las que en algunos procesos no se obtiene las mismas salidas que cuando llega el producto al proceso y en otros casos se pierden por completo las entradas y es necesario que los productos que se detecten defectuosos deberán ser enviados a un reproceso y volver ha empezar nuevamente con todo el proceso.

DISCUSIÓN

Los equipos de laboratorio y los reactivos que se emplean en los experimentos son muy costosos; definitivamente, en nuestras condiciones son imposibles de realizar para la enseñanza-aprendizaje. Debido a que el tema planteado en los experimentos virtuales corresponde a una actividad propia de la formación disciplinaria, tiene un significado para los alumnos. Se trata de efectuar un experimento virtual guiado para que se logre la construcción de conocimiento (López, 2003; Cronbach & Snow, 1977). Las universidades deben ofrecer a sus estudiantes las herramientas apropiadas para que puedan explorar a fondo el ámbito laboral en el que se desarrollarán, pero desde su actual posición. Con estas herramientas, pueden diferenciar, analizar y crear su propio aprendizaje mediante una experiencia directa con el medio, aumentando así su capacidad de respuesta y su habilidad para responder a las nuevas demandas tecnológicas. La simulación simbólica hace posible generar modelos

visuales del flujo del tránsito urbano, las operaciones múltiples de una planta, las corridas de producción y muchos problemas más.

CONCLUSIONES

Después de entender la terminología general de la simulación y de haber construido con un modelo en FlexSim el modelador deberá tener idea clara de cómo operan los objetos en FlexSim. Además, como resultados de esta investigación, el lector comprobará que la simulación de un modelo desarrollado con FlexSim permite tomar mejores decisiones en la operación de los sistemas industriales, los cuales buscan mejorar su rentabilidad. Finalmente, se espera que este artículo refleje la importancia de la simulación tanto a investigadores como a catedráticos y alumnos hacia el involucramiento en la construcción, análisis e interpretación de modelos más grandes, complejos y realistas, basados en la simulación con FlexSim.

LITERATURA CITADA

- Clarcat. (09 de 09 de 2021). *Arena*. Obtenido de <https://www.clarcat.com/arena/>
- Flexsim, p. s. (09 de 09 de 2021). *Flexsim*. Obtenido de <https://www.flexsim.com/>
- García, D. E., García, R. H., & Cárdenas, B. L. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con promodel*. México, D.F.: Pearson.
- Promodel. (09 de 09 de 2021). *Promodel*. Obtenido de <http://promodel.com.mx/>
- Simón, M. I. (2016). *Un primer paso a la simulación con Flexsim*. España: Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.