

FLEXSIM VS PROMODEL: COMPARACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE SUS CAPACIDADES DE SIMULACIÓN

FLEXSIM VS PROMODEL: QUALITATIVE AND QUANTITATIVE COMPARISON OF ITS SIMULATION CAPABILITIES

Edgar Ahmed Cárdenas Cruz

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
m2203084@itcelaya.edu.mx

Diana Caride González

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
m2203009@itcelaya.edu.mx

José Alfredo Jiménez García

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
josealfredo.jimenez@itcelaya.edu.mx

Salvador Hernández González

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
salvador.hernandez@itcelaya.edu.mx

Recepción: 21/noviembre/2023

Aceptación: 27/diciembre/2024

Resumen

La presente investigación compara dos herramientas de simulación, FlexSim y ProModel, en términos de su plataforma, API, alternativas, categoría, funciones de simulación, integraciones, ventajas y desventajas. El artículo brinda diferentes enfoques de autores reconocidos sobre la simulación, su impacto e importancia. Expone una amplia búsqueda bibliográfica de trabajos realizados anteriormente versados en la comparación de simuladores. Además, mediante un ejemplo práctico, se muestran las semejanzas y contrastes en los resultados al simular con ambos softwares un sistema de manufactura. A través de una comparativa tanto cualitativa como cuantitativa se reflejan las fortalezas y debilidades de cada programa, dotando al lector de una herramienta para determinar cuál seleccionar según sus necesidades y expectativas.

Palabras Clave: FlexSim, ProModel, simulación de sistemas.

Abstract

The present research compares two simulation tools, FlexSim and ProModel, in terms of their platform, API, alternatives, category, simulation features, integrations, advantages and disadvantages. The article provides different approaches from renowned authors on simulation, its impact and importance. It presents an extensive bibliographic search of previously carried out work dealing with the comparison of simulators. Furthermore, through a practical example, the similarities and contrasts in the results when simulating a manufacturing system with both software are shown. Through both a qualitative and quantitative comparison, the strengths and weaknesses of each program are reflected, providing the reader with a tool to determine which one to select according to their needs and expectations.

Keywords: *FlexSim, ProModel, system simulation.*

1. Introducción

Este trabajo se centra en la comparación cualitativa y cuantitativa entre los simuladores FlexSim y ProModel, con el objetivo de proporcionar a los lectores una herramienta preliminar para la selección de uno u otro en la simulación de sistemas reales. El método utilizado sigue la metodología propuesta por [K. Yin, 2014], con etapas que incluyen el diseño de investigación, búsqueda bibliográfica, recopilación de datos, definición del sistema, construcción del modelo, verificación del modelo, validación del modelo y experimentación.

En la etapa de diseño de investigación, se establece el propósito de la comparación y se elige un enfoque tanto cualitativo como cuantitativo, utilizando tres perspectivas de comparación: trabajos anteriores, características de los softwares y resultado de ejemplo académicos simulado.

La búsqueda bibliográfica revela la falta de estudios centrados en la comparación directa de FlexSim y ProModel, lo que lleva a analizar trabajos que estudian cada software por separado. Se destacan trabajos como "Simulación y análisis de sistemas con ProModel" [García Dunna, García Reyes, & E., 2013] y "Simulación FlexSim, una nueva alternativa para la ingeniería en la toma de decisiones en la

operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba." [Díaz-Martínez, Zárate-Cruz, 2018]

La recopilación de datos incluye la comparación de estudios anteriores y características de ambos simuladores. Se realiza un análisis detallado del trabajo de diploma "Proceso comparativo entre los softwares de simulación de eventos discretos ProModel y FlexSim a través de un modelo para la estimación de requerimientos de abastecimiento y el surtido dinámico de un supermercado genérico" [Ramos Aldana, 2014], destacando resultados en términos de tiempos de espera, tiempos de ciclo, utilización de recursos y más.

En la comparación de características, se evalúan plataformas compatibles, API, alternativas, categorías, funciones de simulación e integraciones. Se proporciona una Tabla que resume ventajas y desventajas de FlexSim y ProModel en cada aspecto.

Los resultados de ejemplos académicos simulados en ambos softwares muestran una sorprendente similitud en métricas clave del proceso, como cantidad de productos finales, trabajo en proceso, cantidad de rechazos y eficiencia del sistema. En la etapa de análisis de datos, se destaca la importancia de realizar comparaciones para seleccionar la mejor herramienta de simulación según las necesidades específicas del usuario. Se concluye que ambos simuladores tienen ventajas y desventajas, y su elección dependerá de factores particulares.

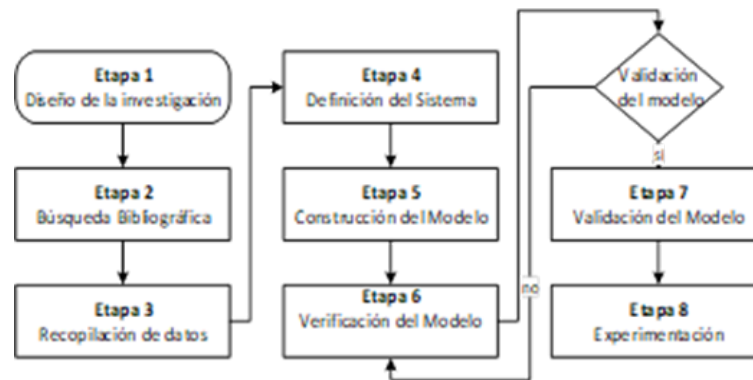
La interpretación de resultados resalta la evolución constante de FlexSim y ProModel para adaptarse a las cambiantes necesidades industriales y su uso generalizado en todo el mundo. Se enfatiza la consistencia y efectividad de ambos simuladores en la simulación y mejora de procesos, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones informadas y la optimización del sistema. También se reconoce que diferencias en la programación y semilla de aleatorios pueden influir en resultados diferentes entre los programas.

2. Métodos

Para la elaboración de este artículo se realizó una búsqueda bibliográfica, para ello se seleccionó la metodología propuesta por [K. Yin, 2014] donde describen los

pasos básicos para realizar un estudio. En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo del método utilizado con sus diferentes etapas.

- Diseño de investigación: Se define el propósito de la investigación y se selecciona un enfoque cualitativo adecuado, como el estudio de caso, la etnografía, la fenomenología o la investigación acción participativa.
- Búsqueda bibliográfica. Se elige una muestra intencional o teórica que permita obtener una variedad de perspectivas relevantes para el fenómeno estudiado. El tamaño de la muestra no se determina de manera estadística, sino que se busca la saturación de datos, es decir, obtener suficiente información para comprender el fenómeno en profundidad.



Fuente: elaboración propia.

Figura 1 Método.

- Recopilación de datos: Se utilizan diversas técnicas de recolección de datos, como entrevistas en profundidad, observación participante, grupos focales o análisis de documentos. Estas técnicas permiten obtener información rica y detallada sobre las experiencias, percepciones y significados de los expertos en relación con el fenómeno de estudio.
- Definición del sistema bajo estudio: En esta etapa es necesario conocer el sistema a modelar. Para ello se requiere saber qué origina el estudio de simulación y establecer los supuestos del modelo: es conveniente definir con claridad las variables de decisión del modelo, determinar las interacciones entre éstas, y establecer con precisión los alcances y limitaciones que aquel

podría llegar a tener. Antes de concluir este paso es recomendable contar con la información suficiente para lograr establecer un modelo conceptual o un mapa mental del sistema bajo estudio, el cual debe incluir sus fronteras y todos los elementos que lo componen, además de las interacciones entre ellos, los flujos de productos, las personas y los recursos, así como las variables de mayor interés para el problema.

- **Construcción del modelo:** Una vez que están definidos con exactitud los resultados que se esperan obtener del estudio, el siguiente paso es definir y construir el modelo con el cual se obtendrán los resultados deseados. En la formulación del modelo es necesario definir todas las variables que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describen de manera completa al modelo.
- **Verificación del modelo:** Una vez que se han identificado las distribuciones de probabilidad de las variables del modelo y se han implantado los supuestos acordados, es necesario realizar un proceso de verificación de datos para comprobar la propiedad de la programación del modelo, y comprobar que todos los parámetros usados en la simulación funcionen correctamente. Ciertos problemas, en especial aquellos que requieren muchas operaciones de programación o que involucran distribuciones de probabilidad difíciles de programar, pueden ocasionar que el comportamiento del sistema sea muy diferente del que se esperaba. Por otro lado, no se debe descartar la posibilidad de que ocurran errores humanos al alimentar el modelo con la información. Incluso podría darse el caso de que los supuestos iniciales hayan cambiado una o varias veces durante el desarrollo del modelo. Por lo tanto, debemos asegurarnos de que el modelo que se va a ejecutar esté basado en los más actuales. Una vez que se ha completado la verificación, el modelo está listo para su comparación con la realidad del problema que se está modelando. A esta etapa se le conoce también como validación del modelo.
- **Validación del modelo:** El proceso de validación del modelo consiste en realizar una serie de pruebas simultáneas con información de entrada real

para observar su comportamiento y analizar sus resultados. Si el problema bajo simulación involucra un proceso que se desea mejorar, el modelo debe someterse a prueba con las condiciones actuales de operación, lo que nos dará como resultado un comportamiento similar al que se presenta realmente en nuestro proceso. Por otro lado, si se está diseñando un nuevo proceso la validación resulta más complicada. Una manera de validar el modelo en este caso consiste en introducir algunos escenarios sugeridos por el cliente y validar que el comportamiento sea congruente con las expectativas que se tienen de acuerdo con la experiencia. Cualquiera que sea la situación, es importante que el analista conozca bien el modelo, de manera que pueda justificar aquellos comportamientos que sean contrarios a la experiencia de los especialistas que participan en su validación.

- Experimentación: La experimentación con el modelo se realiza después de que este ha sido validado. La experimentación consiste en generar los datos deseados y en realizar análisis de sensibilidad de los índices requeridos.

Descripción exacta del método:

- Etapa 1: Diseño de la investigación. El propósito del siguiente artículo es establecer una comparación cualitativa entre los simuladores Flexsim y Promodel con el objetivo de dotar al lector de una herramienta preliminar que sirva de apoyo en el momento de la selección de uno u otro para la simulación de un sistema real. Teniendo como base la investigación participativa a través de los ejercicios resueltos y los trabajos anteriores sobre el tema analizados. Para ello se utilizan tres perspectivas de comparación:
 - ✓ Trabajos anteriores que contengan la comparativa entre simuladores.
 - ✓ Comparación de algunas de las principales características de los softwares en estudio.
 - ✓ Resultados de ejemplo académico simulado en ambos softwares.
- Etapa 2: Búsqueda bibliográfica. La falta de estudios anteriores donde centrados en la comparación de los simuladores Flexsim y Promodel trajo como consecuencia el estudio de documentos donde se estudia a cada

software por separado. El estudio se basa en una investigación de trabajos previos, los cuales se centran en el aprendizaje, la enseñanza y la aplicación de la simulación como herramienta. Se utilizan programas como ProModel y FlexSim, con el objetivo de compararlos y demostrar las ventajas y desventajas de su implementación en aplicaciones en sistemas reales.

Uno de los artículos es "Simulación y análisis de sistemas con ProModel", el cual presenta los conceptos de modelación de procesos estocásticos, análisis estadístico de información y su relación con la simulación estocástica discreta utilizando ProModel como herramienta [García Dunna, García Reyes, & E., 2013].

Artículo con puntos de interés es "Simulación Flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería en la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba" [Díaz-Martínez, Zárate-Cruz, 2018]. Donde se examina la relación del software FlexSim dentro de un modelo de simulación, presentándolo como una alternativa innovadora y efectiva para la toma de decisiones en las operaciones de un sistema de producción.

En la tesis "Proceso comparativo entre los software de simulación de eventos discretos ProModel y FlexSim a través de un modelo para la estimación de requerimientos de abastecimiento y el surtido dinámico de un supermercado genérico" [Ramos Aldana, 2014], se lleva a cabo una comparación de los resultados obtenidos mediante los software de eventos discretos ProModel y FlexSim en un sistema real de operaciones de abastecimiento y surtido dinámico de un supermercado genérico, bajo condiciones reales de funcionamiento. Este es el trabajo que utilizado como referencia en el presente análisis.

- Etapa 3: Recopilación de datos cualitativos. Trabajos anteriores de comparación entre ambos simuladores: Un ejemplo de comparación entre FlexSim y Promodel, es el trabajo de diploma "Proceso comparativo entre los softwares de simulación de eventos discretos ProModel y FlexSim a través un modelo para la estimación de requerimientos de abastecimiento y el surtido dinámico y de un Supermercado genérico" de [Ramos Aldana, 2014].

En este trabajo, se compara el desempeño de FlexSim y Promodel en el modelamiento de un modelo para la estimación de requerimientos de abastecimiento y el surtido dinámico y de un Supermercado genérico. Se utilizan ambos simuladores para modelar el proceso y compararon los resultados en términos de tiempos de espera, tiempos de ciclo y utilización de recursos.

En términos de la plataforma que los soporta, destaca que ambos simuladores son compatibles con sistemas operativos como Windows y Linux. Sin embargo, nota que Promodel tiene una ventaja en términos de requerimientos de hardware, ya que puede manejar modelos más grandes con menos recursos que FlexSim [Sourceforge, S.F.].

En cuanto a las funciones de simulación, denota que ambos simuladores tienen una gran variedad de herramientas y opciones para el modelamiento de procesos. Referido a la integración con otras herramientas, encuentra que ambos simuladores tienen la capacidad de integrarse con software de terceros como Excel, lo que les permite realizar análisis más complejos de los resultados de la simulación.

En cuanto a los resultados de la simulación, concluye que ambos softwares de simulación logran representar una situación real, obteniendo resultados parecidos entre sí.

La programación y lógica tanto de Promodel como de Flexsim es independiente entre sí, resultando en una manera de realizar la modelo única para cada uno de los programas.

Los resultados dan diferentes entre ambos programas en la mayoría de los casos, en lo cual puede influir la forma de programar y la semilla de aleatorios de cada programa para la generación de funciones de probabilidad, ya que se usan distribuciones de probabilidad para los tiempos y los artículos.

Comparación de los simuladores en algunas de sus principales características como softwares:

- ✓ En cuanto a los orígenes y antigüedad, ProModel fue fundado en 1976 y se centró desde sus inicios en el modelado y la simulación de

sistemas de producción y logística [Promodel, s.f.]. Por otro lado, FlexSim fue fundado en 1993 como un proyecto académico en la Universidad de Clemson y ha evolucionado rápidamente para convertirse en una herramienta de simulación de sistemas avanzada con enfoque en la simulación 3D y la interfaz gráfica de usuario intuitiva [FlexSim, s.f.].

- ✓ En términos de plataforma, FlexSim y ProModel ofrecen diferentes opciones para su uso. FlexSim se ejecuta en Windows, Mac y Linux, mientras que ProModel solo está disponible en Windows. En cuanto a la Interfaz de Programación de Aplicaciones (API) , FlexSim ofrece una API más completa y avanzada en comparación con ProModel. Esto significa que los usuarios de FlexSim tienen una mayor capacidad para personalizar su modelo y conectarse con otras aplicaciones [Pdfcoffee, S.F.]. Por otro lado, ProModel ofrece una API más sencilla y fácil de usar para aquellos que no tienen experiencia en programación [Stodocu, s.f.].
- ✓ En cuanto a las alternativas, ambos simuladores ofrecen opciones para la simulación de procesos y la programación de eventos discretos. Sin embargo, FlexSim también ofrece opciones para la simulación de eventos continuos y dinámicos, lo que puede ser útil para ciertas aplicaciones de sistemas reales [Capterra, s.f.].
- ✓ En cuanto a las funciones de simulación, FlexSim y ProModel tienen diferentes enfoques. FlexSim es conocido por su capacidad para crear modelos de simulación 3D y su interfaz gráfica de usuario intuitiva. Por otro lado, ProModel se enfoca en el modelado y la simulación de sistemas de producción y logística con herramientas avanzadas de análisis de datos y optimización.
- ✓ En cuanto a integraciones, tanto FlexSim como ProModel ofrecen la capacidad de conectarse con otras aplicaciones y herramientas para la simulación y el análisis de sistemas. Lo expuesto anteriormente se resume en la Tabla 1.

Tabla 1 Comparación, ventajas y desventajas.

Característica	Flexsim	Promodel
Plataforma que lo soportan	Se ejecuta en Windows y también tiene una versión web llamada FlexSim AnyLogic Cloud que se puede ejecutar en cualquier navegador web	ProModel es compatible con Windows y Mac OS
"Interfaz de Programación de Aplicaciones" API	Tiene una API en C++ y una interfaz de programación en Java	Tiene una API en C++ y una interfaz de programación en .NET.
Alternativas	competidores como Arena, Simio y AnyLogic	Arena, Simio y ExtendSim.
Categoría	Se centra en la simulación 3D y se utiliza principalmente en la manufactura, la logística y la atención al cliente	Es más adecuado para proyectos detallados y complejos en la atención médica, la manufactura y la logística
Integraciones	Se integra con herramientas de CAD como AutoCAD y SolidWorks, así como con herramientas de programación como C++ y Java	Se integra con herramientas de análisis estadístico como Minitab y Excel
Ventajas y desventajas de FlexSim y ProModel En términos de desventajas, FlexSim puede ser más costoso que ProModel debido a su interfaz gráfica de usuario avanzada y sus características 3D. Además, ProModel puede ser más difícil de aprender debido a su interfaz de usuario más técnica y a su amplia gama de características avanzadas.		

Fuente: elaboración propia.

- Etapa 4: Definición del Sistema. Para la realización de este proyecto se planteó un sistema de producción hipotético, basado en un proceso de manufactura, para comparar los resultados de un sistema de manufactura simulado tanto en Flexsim como en Promodel. Se simula imitando un proceso productivo de un día laboral, de 8 horas de trabajo, lo que evidencia que en un período de tiempo prolongado traería un impacto significativo en el proceso. Se identificaron tres puntos principales de recolección de materiales. Se definieron tres entradas de materiales denominadas como Entrada 1, Entrada 2 y Entrada 3 con las materias primas como Pieza 1, Pieza 2, Pieza 3 respectivamente; productos intermedios identificados como lote 1, lote 2, lote 3, ensamble 1 2 y el producto terminado como ensamble terminado; así como dos líneas de producción identificadas como proceso 1 (donde se elabora el ensamble 1 2) y proceso 2 (donde se elabora el ensamble terminado). Además, se define la trayectoria del tigger que transporta las piezas desde las entradas a los contenedores.

Una vez que la materia prima pieza 1, pieza 2 y pieza 3 arriban el surtimiento comienza cuando el Tugger toma las materias primas y las lleva a su respectivo contenedor: Contenedor 1, Contenedor 2 y Contenedor 3. Posteriormente estas se mueven a los procesos 1 y 2, donde se combinan hasta que sale el producto terminado.

La Tabla 2 muestra los datos en cuanto al tiempo ciclo en los procesos 1 y 2. Tiempo de recolección de los materiales, tiempo que tarda en depositar los materiales y la velocidad de desplazamiento sin carga y con carga, del Tugger. Por último, la aceleración de desplazamiento inicial y destino, Tabla 3. Las distancias que tiene que recorrer el Tugger se definen en la Tabla 4.

Tabla 2 Tiempo de ciclo de cada proceso.

No. Proceso	Tiempo de Ciclo (min)
Proceso 1	5
Proceso 2	5

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3 Tiempos de carga, velocidad y aceleración de desplazamiento.

Tiempo en recolectar los materiales (s)	Tiempo en depositar los materiales (s)	Velocidad de desplazamiento sin carga (mpm)	Velocidad de desplazamiento con carga (mpm)	Aceleración de desplazamiento inicial (mpss)
60	120	80	50	10

Fuente: elaboración propia.

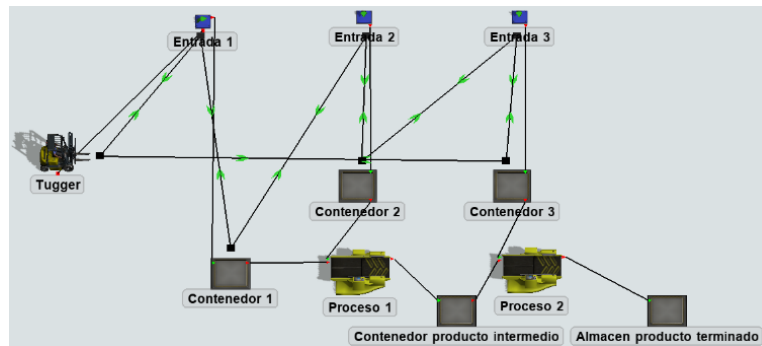
Tabla 4 Distancias a recorrer por el tugger.

	Nodo 1	Nodo 2	Nodo 3	Nodo 4	Nodo 5	Nodo 6	Nodo 7
Distancia (m)	22.99	39.85	48.06	16.00	34.78	16.78	77.60

Fuente: elaboración propia.

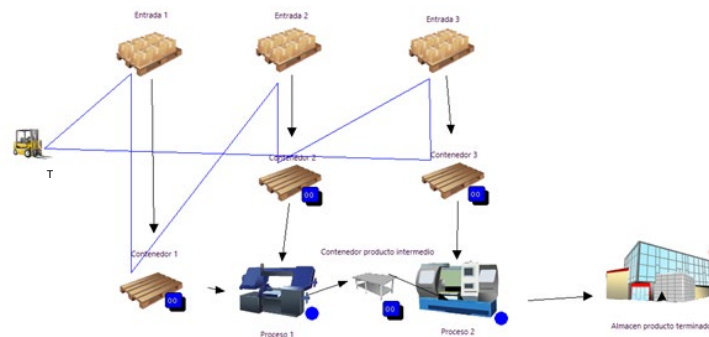
- Etapa 5: Construcción del modelo. Para la elaboración del modelo en Flexsim y ProModel se requiere declarar locaciones, entidades, arribos, proceso, recursos, macros (escenarios) y variables globales. También es importante agregar las redes de ruta donde se les colocaran las distancias reales del layout del proceso de producción, Figuras 2 y 3.
- Etapa 6: Verificación del modelo. Una vez que se corre el modelo se puede observar como el Tugger en ambos simuladores hacen el recorrido definido:

lleva a los contenedores que requiere y posteriormente regresa por más materia prima para volver a surtir las líneas e iniciar nuevamente la ruta. Cada proceso realiza sus actividades correspondientes uniendo las piezas correspondientes.



Fuente: elaboración propia.

Figura 2 Layout del proceso en Flexsim.



Fuente: elaboración propia.

Figura 3 Layout del proceso en Promodel.

- Etapa 6: Verificación del modelo. Una vez que se corre el modelo se puede observar como el Tugger en ambos simuladores hacen el recorrido definido: lleva a los contenedores que requiere y posteriormente regresa por más materia prima para volver a surtir las líneas e iniciar nuevamente la ruta. Cada proceso realiza sus actividades correspondientes uniendo las piezas correspondientes.
- Etapa 7: Validación del modelo. Se omite este paso debido a que se está analizando un sistema hipotético, por lo tanto, con la verificación del sistema es suficiente.

- Etapa 8: Experimentación. Se propone un escenario para ambos programas de simulación. Corriendo el mismo bajo las mismas condiciones.

3. Resultados

Las Tablas 5 y 6 reflejan los resultados obtenidos en los experimentos realizados, como cantidad de producto terminado total e indicadores fundamentales como: Porcentaje inactivo, Cantidad de trabajo en proceso y cantidad de producto terminado por procesos:

- De acuerdo con los resultados arrojados por los softwares se puede destacar que en Flexsim la cantidad de producto terminado es de 94 mientras que en el Promodel es de 93.
- El porcentaje de inactividad en Flexsim es en el proceso 1 es de 0.00 y en el proceso 2 es de 1.71. Mientras que en Promodel es de 0.00 en el proceso 1 y de 2.83 en el proceso 2. Es evidente un pequeño sesgo en este resultado el cual impacta en la cantidad de producto final.
- La cantidad de trabajo en proceso (WIP) en Flexsim en ambos procesos (1 y 2) es de una pieza. Idéntico resultado se obtiene al simular con Promodel.

Tabla 5 Cantidad de producto terminado.

Simulador	Producto Terminado (U)
Flexsim	94
Promodel	93

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6 Indicadores de comparación entre ambos simuladores.

Indicador	Flexsim		Promodel	
	Proceso 1	Proceso 2	Proceso 1	Proceso 2
Porcentaje inactivo (%)	0.00	1.71	0.00	2.83
Cantidad de Trabajo en proceso (WIP) (u)	1	1	1	1
Cantidad de Producto Terminado (u)	95	94	94	93

Fuente: elaboración propia.

Según el análisis anterior, se puede determinar que las diferencias entre ambos simuladores no son significativas.

4. Discusión

La comparación cualitativa y cuantitativa entre FlexSim y ProModel arroja resultados interesantes que permiten evaluar las capacidades de ambos simuladores en el contexto de la simulación de sistemas. Los principales hallazgos y análisis de las implicaciones de estos resultados son:

- En cuanto a la API, FlexSim destaca por ofrecer una API más completa y avanzada en comparación con la de ProModel. Esto puede ser relevante para usuarios con experiencia en programación que buscan una mayor personalización.
- FlexSim se destaca por su capacidad para crear modelos de simulación en 3D y su interfaz gráfica intuitiva. Por otro lado, ProModel se enfoca en sistemas de producción y logística con herramientas avanzadas de análisis y optimización.
- Ambos simuladores ofrecen integración con otras herramientas, como software de CAD y análisis estadístico. La elección entre ellos dependerá de las necesidades específicas del usuario en términos de funciones y características.
- La Tabla de comparación revela que FlexSim puede ser más costoso debido a su interfaz gráfica avanzada y capacidades en 3D. Sin embargo, también proporciona una experiencia visual más rica.
- ProModel puede tener una curva de aprendizaje más empinada debido a su interfaz técnica, pero ofrece características avanzadas que pueden ser valiosas para proyectos detallados y complejos.
- La simulación del sistema de manufactura hipotético muestra resultados sorprendentemente similares entre ambos simuladores (Flexsim y Promodel). La cantidad de productos terminados es casi idéntica, con una pequeña variación.
- El porcentaje de inactividad en los procesos y la cantidad de trabajo en proceso (WIP) son consistentes entre FlexSim y ProModel, indicando una coherencia en la representación de los procesos simulados.
- Es crucial reconocer que la elección entre FlexSim y ProModel dependerá de factores específicos del usuario, como las necesidades del proyecto, la familiaridad con la programación, la experticia utilizando el software, la preferencia de interfaz y el presupuesto.

- La simulación del sistema hipotético, aunque proporciona resultados comparativos, tiene limitaciones inherentes y no puede abarcar todas las complejidades posibles en aplicaciones del mundo real.

5. Conclusiones

- Ambos simuladores demuestran ser herramientas robustas y efectivas en la simulación de sistemas. La elección entre FlexSim y ProModel debe basarse en una evaluación cuidadosa de las necesidades y preferencias individuales.
- La consistencia en los resultados del ejemplo práctico sugiere que ambos simuladores pueden ofrecer resultados confiables y precisos en la simulación de sistemas de manufactura.
- Se sugiere realizar estudios más detallados y específicos que exploren casos de uso particulares y nichos de aplicación para FlexSim y ProModel.
- Investigaciones futuras podrían centrarse en la comparación de la eficiencia de tiempo y recursos en proyectos más complejos y detallados.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Capterra. (s.f.). <https://www.capterra.com/simulation-software/compare/107009-183739/FlexSim-vs-ProModel-Optimization-Suite>.
- [2] Díaz-Martínez, M. A., Zárate-Cruz, R., & Román-Salinas, R. V. (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*, 97-104.
- [3] FlexSim. (s.f.). <https://www.flexsim.com/es/empresa/#:~:text=Nuestra%20Historia,nombre%20de%20F%26H%20Simulations%2C%20Inc>.
- [4] García Dunna, E., García Reyes, H., & E., C. B. (2013). Simulación y análisis de sistemas con ProModel. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- [5] K. Yin, R. (2014). *Case Study Research: Design and Methods*. Thousand Oaks: Trista Hollweck.

- [6] Pdfcofee. (S.F.). Cuadro Comparativo de Software de Simuladores Para Un Sistema de Redes: <https://pdfcoffee.com/cuadro-comparativo-de-software-de-simuladores-para-un-sistema-de-redes-5-pdf-free.html>.
- [7] Promodel. (s.f.). <https://simulart.cl/wp-content/uploads/2013/06/Inicios-de-ProModel-Charles-Harell.pdf>.
- [8] Ramos Aldana, K. L. (2014). Proceso comparativo entre los softwares de simulación de eventos discretos ProModel y FlexSim a través un modelo para la estimación de requerimientos de abastecimiento y el surtido dinámico y de un supermercado genérico. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- [9] Sourceforge. (S.F.). FlexSim vs. ProModel Optimization Suite Comparison Chart: <https://sourceforge.net/software/compare/FlexSim-vs-ProModel-Optimization-Suite/>.
- [10] Stodocu. (s.f.). <https://www.stodocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-comitan/matematica-ii/cuadro-comparativo/7234250>.