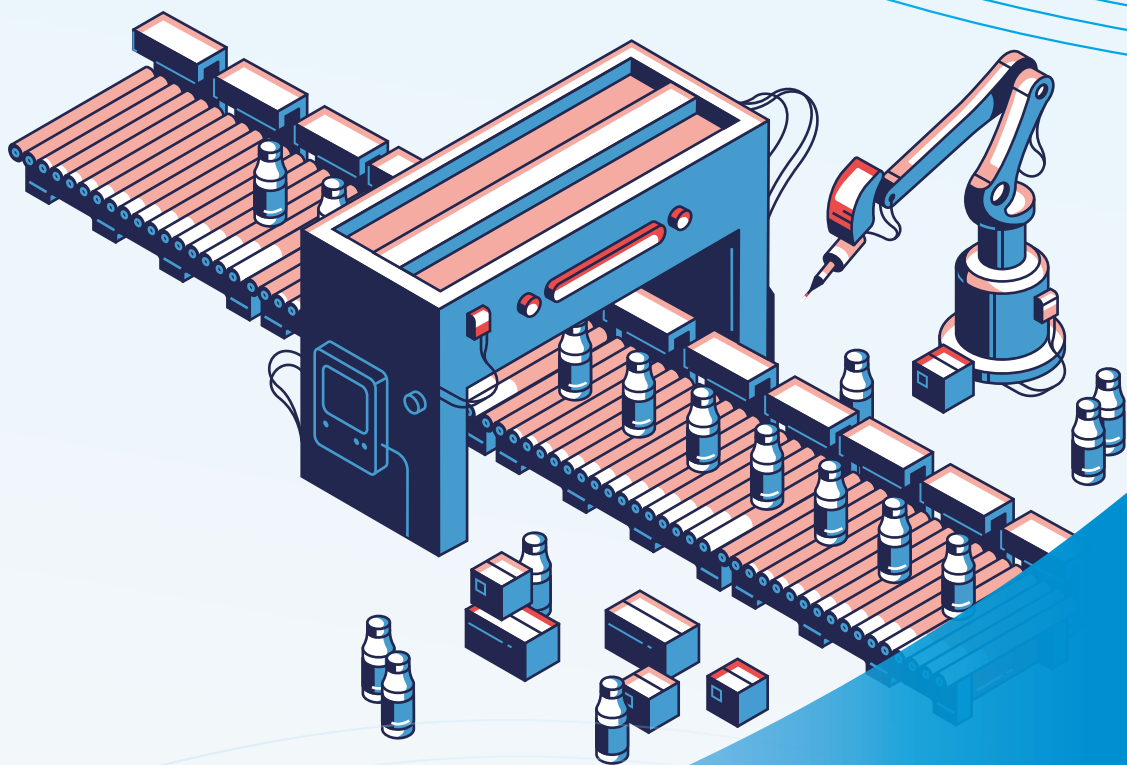


Simulación de procesos industriales



Simulación de procesos industriales

Simulación de procesos industriales

Francisco Javier Torres Barajas
Ángel Javier Herrera Valdivia
Alejandro Ponce Dueñas
Carolina Ponce Macias
Alejandro Lozano González
Gregorio Araujo Aceves
Manuel Márquez Soto
Abel Márquez Soto



Simulación de procesos industriales. **Autores:** Ing. Francisco Javier Torres Barajas, Ing. Ángel Javier Herrera Valdivia, Mtro. Alejandro Ponce Dueñas, Mtra. Carolina Ponce Macias, Mtro. Alejandro Lozano González, Mtro. Gregorio Araujo Aceves, Ing. Manuel Márquez Soto Ing. Abel Márquez Soto — Guadalajara, México. 2024.

Publicación electrónica digital: descarga y *online*; detalle de formato: EPUB.

Primera edición

ISBN: **979-13-87631-10-9**

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE24002059>



D. R. © copyright 2024. Francisco Javier Torres Barajas, Ángel Javier Herrera Valdivia, Alejandro Ponce Dueñas, Carolina Ponce Macias, Alejandro Lozano González, Gregorio Araujo Aceves, Manuel Márquez Soto Abel Márquez Soto.

Blvd. Gral. Marcelino García Barragán 1421, Olímpica, 44430 Guadalajara, Jalisco, México.

La presente obra fue dictaminada bajo el sistema de doble ciego y cuenta con el aval de los dictámenes de pares académicos.

Edición y corrección: **Astra ediciones**

Se prohíbe la reproducción, el registro o la transmisión parcial o total de esta obra por cualquier sistema de recuperación de información, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, por fotocopia, cualquier otro existente o por existir; sin el permiso previo, por escrito, del titular de los derechos.

*Es mucho menos caro prevenir errores que retrabajar,
desperdiciar o dar un servicio de reparación”*

Philip Crosby

Contenido

Prólogo	11
Capítulo 1	
El Amanecer de la Simulación en la Industria.....	13
Capítulo 2	
Modelos de Simulación Estáticos y Modelos de Simulación Dinámicos	25
Capítulo 3	
Filas de espera simples y múltiples.....	35
Capítulo 4	
Modelos de Simulación para Producción	49
Capítulo 5	
Los simuladores y la toma de decisiones.....	63
Capítulo 6	
Resolución de casos utilizando simuladores.....	77
Capítulo 7	
La Realidad Virtual y la Simulación Industrial.....	87
Glosario.....	93
Anexos	97
Referencias.....	99

Prólogo

La industria del siglo XXI exige cada vez más y más nuevos elementos que ayuden a disminuir la cantidad de recursos con tal de maximizar sus ganancias, con la menor inversión posible, pero sin quitar de la mira la calidad de sus productos. Se podría decir que la industria se ha vuelto más exigente y menos flexible para la obtención de las metas trazadas por la misma organización, sin embargo, buscan los medios eficientes para lograr los objetivos a mediano y corto plazo.

La simulación de procesos industriales nos permite conocer la mayoría de los escenarios posibles, en los cuales, se podría encontrar una organización al momento de actualizar o mejorar una planta, creando o rediseñando sus procesos y/o la estructura de una empresa, considerando variables de alto impacto como el dinero que se necesitará para su aplicación y el tiempo óptimo para su ejecución, entre otras más.

La simulación llega de la mano con la cuarta revolución industrial, mejor conocida como la Industria 4.0. Se fundamenta en la unión entre las nuevas tecnologías digitales, el análisis de datos, los requerimientos del mercado actual y las posibilidades de encontrar nuevos nichos, todo con el fin de obtener mejores rendimientos.

En esta obra, nos enfocaremos en la creación y análisis de escenarios donde podremos identificar los factores que influyen en la toma de decisiones al momento de sugerir mejoras en cualquier aspecto de la organización, tanto administrativa como operativa y ver la factibilidad de los mismos.

Francisco Javier Torres Barajas



Capítulo 1

El Amanecer de la Simulación en la Industria.

Objetivos: Conocer el origen de la programación para simular procesos industriales y los elementos básicos para crear un modelo de simulación



En los albores del siglo XXI, la industria se enfrentaba a una creciente demanda de eficiencia y competitividad. Las empresas luchaban por mantenerse a la vanguardia en un mercado global cada vez más desafiante. En un futuro no muy lejano, la industria había alcanzado un nivel de sofisticación inimaginable. Las tecnologías avanzadas habían transformado cada aspecto de la vida, y la simulación se había convertido en la piedra angular de la innovación y el progreso industrial.

La simulación, una herramienta poderosa y transformadora, ha sido el pilar de numerosos avances tecnológicos y científicos a lo largo de la historia. Sin embargo, fue en el mundo de la industria donde esta innovadora técnica comenzó a forjar su camino hacia el progreso y la eficiencia. En un tiempo no muy lejano, cuando la tecnología daba sus primeros pasos hacia la digitalización y la inteligencia artificial, las empresas industriales comenzaron a vislumbrar el potencial revolucionario de la simulación.

El inicio de la simulación en la industria real marcó un punto de inflexión en la forma en que se diseñaban, producían y operaban los bienes y servicios. Por primera vez, las empresas tuvieron la oportunidad de explorar, de manera virtual y segura, las complejidades de sus procesos, máquinas y sistemas, sin incurrir en costosas inversiones en prototipos físicos o enfrentarse a riesgos innecesarios.

Este capítulo explora los primeros momentos en que la simulación cobró vida en la industria real, las empresas pioneras que decidieron dar el salto hacia esta nueva tecnología y los impactos que generó en la optimización de procesos, el desarrollo de productos y la toma de decisiones estratégicas. Desde sus modestos comienzos hasta su papel protagónico en la era de la industria 4.0, la simulación se ha convertido en un aliado indispensable para impulsar la eficiencia, la innovación y la competitividad en el mundo empresarial.

Descubriremos cómo la simulación transformó la industria y allanó el camino hacia un futuro donde la creatividad y la tecnología se fusionan para llevar la productividad y el desarrollo industrial a niveles nunca antes imaginados. Desde laboratorios de investigación hasta líneas de producción, la simulación demostrará su capacidad para inspirar a líderes visionarios y marcar el inicio de una nueva era en la industria real.

Antecedentes de la simulación.

La simulación computarizada fue utilizada por primera vez en la industria de Defensa en los años 50. Los primeros modelos de simulación fueron contruidos utilizando lenguajes de programación tales como FORTRAN y Run On Mainframes [Harrington, H.C y Tumay, K.;1999].

En los años 80, otro gran desarrollo de la simulación fue la explosión de los usuarios de ordenadores personales que llevó la empresa Microsoft en el entorno operativo. Instrumentos de simulación como 11 Writness, Pro-model, Arena y Ithink mostraron con los menú-driver interfaces modelos visuales interactivos y posibilidades de animación impresa.

Estos desarrollos afectaron significativamente a la extensión del uso de los lenguajes de simulación. La primera mitad de los noventa aportó otro interesante desarrollo de la simulación. Existe una relación natural entre los modelos objeto orientado y la simulación. Los lenguajes de simulación tales como Modsim y Simple ++ representaron otro hito en la simulación, aprovechando la tecnología del objeto y permitiendo bibliotecas de “objeto reutilizable”.

Este desarrollo está favoreciendo el desarrollo de soluciones en el campo específico de la simulación, haciendo así la simulación útil para un mayor número de usuarios finales. Independientemente de los diferentes desarrollos del pasado y del presente, es evidente que la simulación ha sido siempre un poderoso instrumento. Creemos que el futuro de la simulación se basa en la posibilidad de distribuir modelos en una red. La aplicación más pragmática de la misma sería su uso en la red mundial.

Existen ya muchas investigaciones y desarrollos que se están realizando en esas áreas. En la próxima década, por tanto, un incremento en el uso de la simulación, la tecnología orientada al objeto y la web cambiarán dramáticamente la forma de utilizar la simulación en el futuro. En estos últimos años han surgido muchos tipos de lenguajes de programación para diseñar software de simulación de facilidad de uso para los usuarios. Antes, la aleatoriedad de los coeficientes en los modelos de simulación hacia su resolución inviable, actualmente con el apoyo de la Informática, la resolución de estos modelos resulta muy sencilla.

Los paquetes de software y lenguajes de programación han proliferado: tal es el caso del ITHINK [High Performance Systems; <http://www.hpsinc.com>] o su versión más sencilla el STELLA [High Performance Systems] o el SIMPROCESS [Harrington, H.C y Tumay, K.; 1999]. En nuestra investigación haremos la modelización de los procesos de la empresa con el apoyo de uno de estos lenguajes de programación de simulación. Por último, señalar que, en general, las características que tiene que tener un software de simulación son de funcionalidad, utilidad, bajo coste y buena calidad de mantenimiento del proveedor.

Ventajas de la simulación.

- La simulación anticipa cómo un sistema puede responder a los cambios: Esto permite analizar si la infraestructura existente puede manejar la nueva situación planteada.
- La simulación permite un análisis de las variaciones del sistema desde una perspectiva más amplia: Los métodos convencionales de análisis, como los modelos estadísticos matemáticos, no pueden dirigir eficientemente las variaciones pues los cálculos se derivan de valores constantes. Mediante un sistema que incorpora interdependencia, la simulación tiene en cuenta las variaciones, así como la interacción entre los componentes y el tiempo.
- La simulación promueve soluciones totales: Ya que permite modelar sistemas completos.
- La simulación es efectiva para el control de costes: Teniendo en cuenta que las organizaciones tratan de responder rápidamente a los cambios en sus mercados, un modelo de simulación válido puede ser un excelente instrumento para evaluar respuestas rápidas y valorar varias soluciones para responder a las cambiantes situaciones del mercado.
- La simulación procura un enfoque cuantitativo para medir la actividad: La simulación puede ayudar a cuantificar las medidas de actividad del sistema. Por ejemplo, el objetivo de una empresa puede ser satisfacer al cliente, usando un modelo de simulación, esta exigencia puede traducirse en el tiempo para responder a la petición de un cliente, que puede ser designado como la medida de actuación para satisfacer a la

clientela. La simulación mide los puntos fuertes y los débiles asociados al diseño de un nuevo producto o servicio y permite un mayor análisis sobre parámetros como el tiempo al mercado, niveles de servicio, exigencias de mercado, costes de transporte, etc.

- Permite cuantificar el impacto sobre el tiempo total del proceso de las actividades que no generan valor añadido: Tales como colas, retenciones y revisiones reiterativas, que en ocasiones suponen un elevado porcentaje del ciclo temporal del proceso.
- Permite efectuar cambios en la simulación del proceso a lo largo del ciclo de vida del producto para una estrategia de precios basada en el tiempo. El ciclo de vida de los productos y servicios cada vez es más corto y los costes de desarrollo, pruebas y marketing de los mismos no se recuperan hasta que no se generan ingresos.
- Permite a las organizaciones estudiar y reducir las oscilaciones de los procesos definiendo las actividades de mayor impacto en la variación total de cada proceso.
- Permite evaluar posibles cambios en la organización. La modelización de recursos y jerarquía de procesos permite la visualización y evaluación de las posibles alternativas antes de tomar decisiones arriesgadas sobre cambios en la organización.

Actividad #01.
Introducción a la simulación industrial.

Objetivo

Familiarizarse con el origen de la programación para simular procesos industriales.

¿Qué es la simulación?

¿Por qué es importante simular los procesos industriales?

Investiga los siguientes modelos de simulación: estáticos y dinámicos

Describe 3 softwares de simulación (nombre y uso)

Conclusiones

Evaluación

	
---	---

Actividad #02.

Elementos básicos para modelos de simulación.

Objetivo

Familiarizarse con los elementos básicos de programación de simulación, descripción y utilización durante la creación de un modelo.

Describe los siguientes elementos:

Descripción (funciones y usos)	Dibujo
<i>Source</i> (fuente):	
<i>Queue</i> (fila de espera):	
<i>Processor</i> (procesador):	
<i>Sink</i> (salida):	
<i>Operator</i> (operador):	

<i>Transporter</i> (transportador):	
<i>Rack</i> (estante):	
<i>Crane</i> (grúa):	
<i>Conveyor</i> (banda transportadora):	
<i>Nodes</i> (nodos):	
<i>Floor Storage</i> (almacenamiento en piso):	
<i>Fluid Tank</i> (tanque de fluidos):	

<i>Fluid Generator</i> (generador de fluidos):	
<i>Item to Fluid</i> (elementos a fluidos):	

Conclusiones

Evaluación

	
---	---

Cuestionario de repaso #1

Con tus propias palabras, define el término “simulación”:

¿Quién o quiénes fueron los pioneros de la simulación industrial?:

En la actualidad, ¿Qué beneficios tiene la simulación en vida cotidiana?:

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

A decorative background featuring a network of light gray lines and circles, resembling a circuit board or a stylized map, extending across the entire page.

Capítulo 2

Modelos de Simulación Estáticos y Modelos de Simulación Dinámicos

Objetivos: Crear los primeros modelos de simulación y comprender la naturaleza del programa

En el mundo de la simulación, donde la realidad virtual y la inteligencia artificial se combinan para ofrecer soluciones innovadoras, dos enfoques fundamentales han sido clave para comprender y mejorar diversos sistemas: los modelos de simulación estáticos y los modelos de simulación dinámicos. Estas dos variantes ofrecen perspectivas distintas y poderosas, permitiendo a los expertos y científicos simular y analizar fenómenos complejos en diversos campos.

En esta exploración, nos ingresaremos en el intrigante universo de los modelos de simulación, comenzando por los estáticos, que capturan instantáneas precisas de un sistema en un momento específico. Estos modelos se enfocan en el análisis de situaciones estáticas y no consideran cómo evoluciona el sistema con el tiempo. Descubriremos cómo los modelos de simulación estáticos se han utilizado en la optimización de procesos, la toma de decisiones estratégicas y la planificación eficiente de recursos.

A medida que avancemos, nos adentraremos en los modelos de simulación dinámicos, cuyo enfoque se centra en entender la evolución y el comportamiento de un sistema a lo largo del tiempo. Veremos cómo estos modelos capturan cambios en las variables y cómo influyen en el comportamiento general del sistema. Los modelos de simulación dinámicos han sido fundamentales para comprender fenómenos complejos, como el cambio climático, la economía, la propagación de enfermedades y la gestión de proyectos, entre otros.

A través de ejemplos y aplicaciones reales, exploraremos cómo estos dos enfoques complementarios se han fusionado para transformar diversos campos, desde la ingeniería y la industria hasta la medicina y la planificación urbana. Los modelos de simulación, tanto estáticos como dinámicos, han demostrado ser herramientas esenciales para el análisis de sistemas complejos y la toma de decisiones informadas.

Definiremos los conceptos, beneficios y desafíos de los modelos de simulación estáticos y dinámicos, y cómo han contribuido a cambiar nuestra forma de entender y enfrentar los desafíos del mundo actual. Analizaremos el enfoque de la simulación donde la ciencia y la tecnología se fusionan para ampliar los horizontes de la industria y llevarlos un paso más cerca de un futuro impulsado por el conocimiento y la innovación.

Actividad #03.

Primer modelo de simulación.

Objetivo

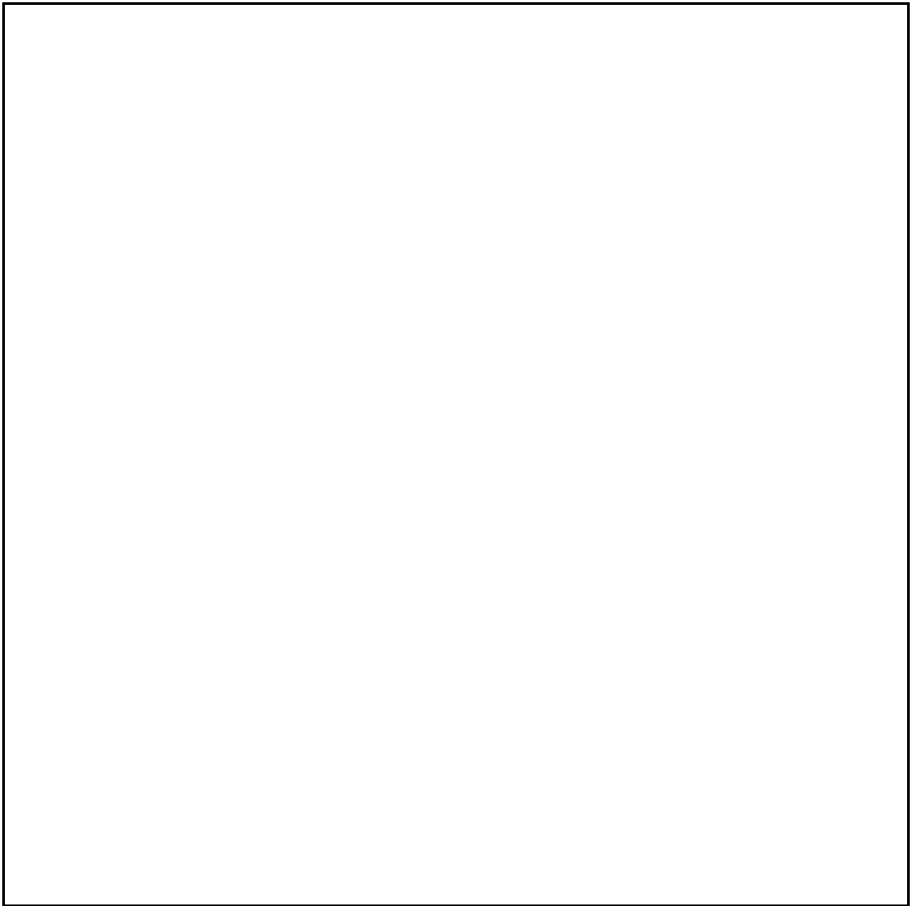
Generar el primer modelo de simulación y comprender el funcionamiento del programa.

Desarrollo

1. Crear un circuito que contenga:
 - 1 fuente (*source*)
 - 1 fila de espera (*queue*)
 - 2 Procesadores
 - 1 salida (*sink*)
2. La fila de espera se conectará a los 2 procesadores de manera paralela, y a su vez, ellos estarán conectados al *sink*.
3. La fuente tendrá una distribución normal de 20 y una desviación estándar de 2.
4. La fila de espera tendrá una capacidad máxima de 15 elementos.
5. Los procesadores tendrán un tiempo de carga (*set up time*) de 3.5 seg y un tiempo de proceso (*process time*) de 7.25 seg.
6. Contestar las siguientes preguntas:

¿Cuántos elementos entraron al circuito en un tiempo de 8 hr?	
¿Cuántos elementos salieron del circuito en un tiempo de 8 hr?	
¿Cuántos elementos quedaron en la fila de espera en un tiempo de 8 hr?	

7. Dibuja el diagrama del circuito creado en el programa:



8. Describe que elemento del modelo son un sistema estático y cuales son un sistema dinámico (justifica tu respuesta):

Conclusiones

Evaluación

	
---	---

Actividad #04.

Procesador y banda transportadora.

Objetivo

Mostrar el uso de *source* (fuente), *queue* (fila de espera), procesador (*processor*) y banda transportadora (*conveyor*) y la salida (*sink*).

Descripción

1. Modelar el caso de una línea de producción donde se hace el control de calidad a tres productos diferentes.
2. Los productos llegan y están en una fila de espera.
- 3 Existe un puesto para revisar y hacer el control de calidad para cada uno de los tres productos. Una vez que termina el control de calidad, se depositan en una banda transportadora (*conveyor*) para que sigan su flujo.
4. La llegada de productos obedece una distribución normal con media de 30 segundos y desviación estándar de 5 segundos.
5. La fila de espera tiene capacidad máxima de 30 productos.
6. El tiempo para realizar el control de calidad es exponencial, con escala 20.
7. El *conveyor* tiene una velocidad de 1 metro por segundo. Simular 8 horas de funcionamiento.
8. Identificar para *source*: cuántos productos entraron al sistema y cuánto tiempo estuvo sin funcionar.
9. Para *queue* determinar el contenido a las 8 horas (el contenido al finalizar), el contenido máximo y el tiempo de estancia o espera promedio en la fila.
10. Para cada uno de los procesadores determinar cuántos productos revisó, qué porcentaje del tiempo estuvo desocupado y qué porcentaje estuvo ocupado.
11. Para cada uno de los *conveyors* determinar el contenido al finalizar la simulación, el contenido promedio y el contenido máximo.

12. Para el *sink* determinar cuántos productos salieron.

13. Llenar la tabla que viene al final.

Secuencia de pasos

Source:

- Indicar que los productos llegan siguiendo una curva normal
- Para establecer que existen tres tipos de productos utilizar “*trigger on creation*”, “*set item type and color*”.

Queue:

- Indicar la capacidad de la fila y salida (en apartado “flujo” *by expression*). La opción por *default* va a enviar al puerto 1 el ítem 1, al puerto 2 el ítem 2 y al puerto 3 el ítem 3.

Definir procesamiento en cada *processor*: tiempos

Verificar que en *conveyor* la velocidad sea de 1 metro por segundo.

Resultados

Source:

Productos que entraron al sistema:

Queue:

Contenido al finalizar:

Contenido máximo:

Tiempo promedio en la fila:

Sink:

Productos que salieron del sistema:

	Procesador 1	Procesador 2	Procesador 3
Productos revisados			
Porcentaje de tiempo ocioso			
Porcentaje de tiempo ocupado			

	Conveyor 1	Conveyor 2	Conveyor 3
Contenido final			
Contenido promedio			
Contenido máximo			

Conclusiones

Evaluación





Notas

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

A decorative background featuring a network of light gray lines and circles, resembling a circuit board or a stylized map. The lines are of varying thickness and connect various circular nodes, some of which are solid gray and others are hollow white. The overall design is clean and modern, with a focus on geometric shapes and connectivity.

Capítulo 3

Filas de espera simples y múltiples

Objetivos: Conocer y aplicar la teoría de las filas de espera simples y múltiples

Desde el momento en que ingresamos a una tienda o restaurante hasta nuestras interacciones con servicios gubernamentales, las filas de espera pueden ser una experiencia común. Sin embargo, cuando múltiples colas interactúan y convergen, la complejidad aumenta exponencialmente. Las filas de espera se han vuelto omnipresentes, desde supermercados y hospitales hasta aeropuertos y líneas telefónicas. En cada rincón de nuestra vida diaria, nos encontramos con estas interminables secuencias de personas esperando pacientemente su turno. Sin embargo, detrás de esta aparente normalidad, se oculta un campo de estudio: las filas de espera de simulación simples y múltiples.

En este capítulo analizaremos la simulación de filas de espera, una rama especializada que utiliza la ciencia y la tecnología para analizar y optimizar el flujo de personas o recursos en sistemas con capacidad limitada. Desde estaciones de servicio hasta centros de atención al cliente, las filas de espera están en todas partes y pueden tener un impacto significativo en la eficiencia y la satisfacción del usuario.

También, aplicaremos los modelos matemáticos y algoritmos avanzados para simular escenarios de espera como los utilizan los expertos en simulación, comprender los factores que influyen en el tiempo de espera y desarrollar estrategias para reducir los tiempos de espera y mejorar la experiencia del cliente. Estas simulaciones proporcionan valiosas ideas y análisis que ayudan a las organizaciones a tomar decisiones informadas, como la asignación óptima de recursos, el diseño de sistemas más eficientes y la identificación de puntos críticos de congestión.

A través de ejemplos del mundo real y aplicaciones prácticas, exploraremos cómo la simulación de filas de espera ha impulsado la eficiencia en diversas industrias, desde la gestión del tráfico hasta el diseño de redes de telecomunicaciones. Desentrañaremos cómo esta disciplina ha permitido a las organizaciones ofrecer servicios más rápidos y efectivos, reduciendo costos y maximizando la satisfacción del cliente.

Analizaremos los conceptos clave, los desafíos y los logros de la simulación de filas de espera múltiples. A través de la ciencia, la tecnología y la innovación, esta disciplina nos ofrece la posibilidad de transformar sistemas complejos en eficientes y proporcionar una experiencia más satisfactoria para los clientes.

Actividad #05.

Filas de espera

Introducción

La teoría de líneas de espera es el estudio matemático del comportamiento de líneas de espera. Esta se presenta, cuando los “clientes” llegan a un “lugar” demandando un servicio a un “servidor”, el cual tiene una cierta capacidad de atención. Si el servidor no está disponible inmediatamente y el cliente decide esperar, entonces se forma la línea de espera.

Una cola es una línea de espera y la teoría de líneas de espera es una colección de modelos matemáticos que describen sistemas de línea de espera particulares o sistemas de líneas de espera. Los modelos sirven para encontrar un buen compromiso entre costes del sistema y los tiempos promedio de la línea de espera para un sistema dado.

Los sistemas de líneas de espera son modelos de sistemas que proporcionan servicio. Como modelo, pueden representar cualquier sistema en donde los trabajos o clientes llegan buscando un servicio de algún tipo y salen después de que dicho servicio haya sido atendido. Podemos modelar los sistemas de este tipo tanto como líneas de espera sencillas o como un sistema de líneas de espera interconectadas formando una red de filas.

En el estudio de líneas de espera se puede identificar un proceso de entrada y un proceso de salida. En un banco, el proceso de entrada consiste en la llegada de un cliente, y el proceso de salida se presenta cuando un cajero atiende a ese cliente. En una pizzería el proceso de llegada es cuando reciben una solicitud de una pizza y el proceso de salida es cuando el repartido sale con el envío. En un banco de sangre, el proceso de entrada es cuando llega una unidad de sangre y el de salida es cuando se utiliza en algún paciente.

En el proceso de llegada o entrada al sistema se considera que se da una llegada al instante y que la llegada no es afectada por el número de clientes presentes. En el proceso de salida o de servicio, se considera el tiempo de servicio, que este tiempo de servicio es independiente del número de clientes y también si es en paralelo o en serie.

Un elemento importante es la disciplina de la fila, es decir, si el primero que llega es el primero en ser atendido (FIFO por sus siglas en inglés), si el último en llegar es el primero en ser atendido (LIFO por sus siglas en inglés), si la atención es aleatoria o si existe algún sistema de prioridades. Finalmente, también está la selección de fila, ya que puede haber una sola línea, puede haber varias líneas y la probabilidad de cambiarse de línea.

El problema es determinar qué capacidad o tasa de servicio proporciona el balance correcto. Esto no es sencillo, ya que un cliente no llega a un horario fijo, es decir, no se sabe con exactitud en qué momento llegarán los clientes. También el tiempo de servicio no tiene un horario fijo.

El origen de la Teoría de Líneas de espera está en el esfuerzo de Agner Kraup Erlang (Dinamarca, 1878 - 1929) en 1909 para analizar la congestión de tráfico telefónico con el objetivo de cumplir la demanda incierta de servicios en el sistema telefónico de Copenhague. Sus investigaciones acabaron en una nueva teoría denominada teoría de líneas de espera o de líneas de espera. Esta teoría es ahora una herramienta de valor en negocios debido a que un gran número de problemas pueden caracterizarse, como problemas de congestión llegada-salida.

Se debe lograr un balance entre el costo del servicio y el costo asociado a la espera por ese servicio.

Variables para el modelado:

t_i = tiempo en el que llega un cliente

T_i = tiempo entre llegadas = $t_{i+1} - t_i$

Los tiempos entre llegadas (T_i) son variables independientes y continuas descritas por la variable aleatoria A con función de densidad $a(t)$.

λ es la tasa de llegada, expresada en llegadas por hora.

$1/\lambda$ = tiempo promedio entre llegadas.

El tiempo entre llegadas es exponencial con parámetro λ si y solo si el número de llegadas tiene lugar en un intervalo de t , obedece una función de distribución de Poisson con parámetro λt .

Notación:

David G. Kendall introdujo una notación de colas A/B/C en 1953. La notación de Kendall para describir las colas y sus características puede encontrarse fue extendida a 1/2/3/ (4/5/6) donde los números son sustituidos con letras según se explica a continuación:

1. Describe el proceso de llegada.
 2. Describe el proceso de salida
 - D: constante
 - Ek: distribución Erlang
 - G: cualquier distribución
 - GI: distribución general independiente
 - M: distribución exponencial (Markoviano, donde la tasa de llegadas sigue una distribución de Poisson)
 3. El número de servidores.
 4. La disciplina de la fila:
 - *First Come First Served* (FCFS) o *First In First Out* (FIFO)
 - *Last Come First Served* (LCFS) o *Last In First Out* (LIFO)
 - *Service In Random Order* (SIRO)
 - PR: con base en prioridades
 - GD: en forma general
 5. La capacidad del sistema, o el número máximo de clientes permitidos en el sistema incluyendo los que están en servicio. Cuando el número está al máximo, las llegadas siguientes son rechazadas.
 6. El tamaño de la población de donde llegan los clientes. Esto limita la tasa de llegadas
- Pn: Probabilidad de que haya exactamente n clientes en el sistema
 L: Número esperado de clientes en el sistema.
 Lq: Longitud esperada de la cola (excluye los clientes que están en servicio).
 W: Tiempo de espera en el sistema para cada cliente
 W: E (W)
 Wq: Tiempo de espera en la cola para cada cliente.
 Wq: (Wq)

El tiempo de estancia de un cliente en el sistema se relaciona con el tiempo de espera de un cliente en la cola,

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

El número de clientes que por término medio se están atendiendo en cualquier momento es:

$$r = L - L_q = \lambda(W - W_q) = \frac{\lambda}{\mu}$$

En un sistema de un único servidor:

$$L - L_q = \sum_{n=1}^{\infty} n p_n - \sum_{n=1}^{\infty} (n-1) p_n = \sum_{n=1}^{\infty} p_n = 1 - p_0$$

La probabilidad de que un sistema de un único servidor esté vacío es

$$p_0 = 1 - \rho$$

La probabilidad de que un servidor (de un sistema de c servidores en paralelo) esté ocupado en el estado estable es:

$$p_b = \rho = \frac{\lambda}{c * \mu}$$

El tiempo de estancia del cliente (i+1) en la cola es:

$$\begin{aligned} W_q^{i+1} &= W_q^{(i)} + S^{(i)} - T^{(i)} & \text{si } W_q^{(i)} + S^{(i)} - T^{(i)} > 0 \\ W_q^{i+1} &= 0 & \text{si } W_q^{(i)} + S^{(i)} - T^{(i)} \leq 0 \end{aligned}$$

donde $S(i)$ es el tiempo de servicio del cliente i , y $T(i)$ es el tiempo que transcurre desde la llegada del cliente y hasta la llegada del cliente $(i+1)$.

Distribución de llegadas

La distribución del proceso de las llegadas para una línea de espera involucra determinar la distribución de probabilidades del número de llegadas en un periodo dado. Las llegadas ocurren de manera aleatoria e independientes y la distribución de probabilidad Poisson da una buena descripción del patrón de llegada.

$$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

Para $X=0,1,2,3,\dots$

Donde:

X = Número de llegadas en el periodo

λ = Promedio o número medio de llegadas por periodo

$e = 2,71828$

Distribución de los tiempos de servicio

El tiempo de servicio es el que pasa un cliente mientras se lleva a cabo un servicio una vez que este se ha iniciado.

Los tiempos de servicio son rara vez constantes.

Los tiempos de servicio siguen una distribución de probabilidad exponencial.

La probabilidad de que el tiempo de servicio sea menor o igual a un tiempo de duración t es:

$$P(\text{tiempo de servicio} \leq t) = 1 - e^{-\mu t}$$

μ = Promedio o número medio de unidades que pueden atenderse por periodo

Objetivo

Resolver problemas de líneas de espera.

Descripción

Considere una ventanilla única de atención a estudiantes donde llegan 15 estudiantes por hora y el servicio es de 20 estudiantes por hora. Calcule los siguientes elementos (*ver sección de anexos*):

- Probabilidad de que no existan unidades en el sistema
- Número promedio de unidades en la línea de espera
- Número promedio de unidades en el sistema
- Tiempo promedio que utiliza la unidad en la línea de espera
- Tiempo promedio que una unidad ocupa en el sistema
- Probabilidad de que una unidad que llega tiene que esperar servicio
- Probabilidad de que el sistema estén 7 unidades

Modele el caso anterior con ayuda del programa de simulación y compare resultados.

Secuencia de pasos

El *inter arrival time* de la fuente (*source*) sigue una función estadística de tipo exponencial con escala 240 ($3600/15$).

El tiempo de procesamiento sigue una función estadística de tipo exponencial con escala de 180 ($3600/20$).

Resultados

Conclusiones

Evaluación

	
---	---

Actividad #06.

Filas de espera múltiples M/M/c y M/G/∞

Introducción

(M/M/K) Modelo de línea de espera de múltiples canales con llegadas Poisson y tiempos de servicio exponencial.

Condiciones:

- La línea de espera tenga dos o más canales.
- Las llegadas siguen una distribución de probabilidad Poisson.
- El tiempo de servicio de cada canal sigue una distribución de probabilidad exponencial.
- La tasa media de servicio μ es la misma para cada uno de los canales.
- Las llegadas esperan en una sola línea de espera y entonces pasan al primer canal abierto para su servicio.
- La disciplina de la cola es FIFO (o PEPS Primero en entrar, primero en salir)

Objetivo

Resolver problemas de línea de espera con n servidores.

Descripción

Caso #1: Simule el caso de un banco con una fila de espera única y tres cajeros atendiendo. Considere una tasa de llegada de 80 clientes por hora y una tasa de servicio de 40 (20) por hora en cada caja. Determina el tiempo promedio que espera una persona en la fila, el tiempo promedio que dura una persona desde que entra hasta que sale del banco. Repita el análisis suponiendo que la tasa de servicio disminuye a 20 por hora.

Determinar los siguientes parámetros (*ver sección de anexos*):

- Probabilidad de que no exista unidades en el sistema
- Número promedio de unidades en la línea de espera
- Número promedio de unidades en el sistema
- Tiempo promedio que ocupa una unidad en la línea de espera

- Tiempo promedio que una unidad ocupa en todo el sistema
- Probabilidad que existan 2 unidades en el sistema
- Probabilidad que existan 15 unidades en el sistema

Modelar el sistema con ayuda del programa de simulación y comparar resultados de simulación con los resultados obtenidos analíticamente.

¿Qué pasaría si un cajero deja de trabajar?

¿Qué pasaría si se agregan 2 cajeros?

Caso #2: Se tiene un sistema de colas formado por 2 estaciones en serie. Los clientes atendidos en la primera estación pasan en seguida a formar cola en la segunda. En la primera estación de servicio, la razón de llegadas sigue una distribución de Poisson con media de 20 clientes por hora, y el tiempo de servicio sigue una distribución exponencial con media de 2 minutos por persona. En la segunda estación, el tiempo de servicio está uniformemente distribuido entre 1 y 2 minutos.

¿Cuál es el tiempo promedio en el sistema?

¿Cuál de las 2 colas que se forman es mayor?

Caso #3: Un banco emplea 3 cajeros para servir a sus clientes. Los clientes arriban de acuerdo a un proceso de Poisson a una razón media de 40 por hora. Si un cliente encuentra todos los cajeros ocupados, entonces se incorpora a la cola que alimenta a todos los cajeros. El tiempo que dura la transacción entre un cajero y un cliente sigue una distribución uniforme entre 0 y 1 minuto. Para esta información:

¿Cuál es el tiempo promedio en el sistema?

¿Cuál es la cantidad promedio en el sistema?

Secuencia de pasos para el Caso 1

El *inter arrival time* de la fuente (*source*) sigue una función estadística de tipo Poisson con media de 45 (3600/80).

El tiempo de procesamiento sigue una función estadística de tipo exponencial con escala de 90 (3600/40).

Resultados

Conclusiones

Evaluación

	
--	--

[illegible]



Capítulo **4**

Modelos de Simulación para Producción

Objetivos: Modificación y adecuación de modelos, uso de tablas de indicaciones y generación de reportes



La producción y la manufactura, la eficiencia y la productividad son cruciales para el éxito de cualquier empresa. En este escenario, los Modelos de Simulación para Producción emergen como herramientas esenciales para comprender, analizar y optimizar los procesos industriales. Estos modelos matemáticos y computacionales ofrecen una ventana a la realidad virtual, permitiendo a las empresas simular y evaluar diferentes escenarios antes de implementar cambios en sus líneas de producción.

En este capítulo veremos cómo estos modelos permiten a las empresas identificar cuellos de botella, mejorar la planificación de recursos, optimizar el flujo de materiales y aumentar la eficiencia operativa, todo ello sin incurrir en costos significativos o riesgos innecesarios.

A través de ejemplos reales y aplicaciones prácticas, descubriremos cómo los Modelos de Simulación para Producción han revolucionado diversas industrias, desde la automatización y la electrónica hasta la alimentaria y la farmacéutica. Analizaremos cómo estas herramientas han ayudado a las empresas a reducir los tiempos de producción, mejorar la calidad del producto, y aumentar su competitividad en un mercado global cada vez más exigente.

También, analizaremos cómo esta disciplina ha permitido a las empresas tomar decisiones más informadas y estratégicas, adaptarse rápidamente a cambios en la demanda y mejorar continuamente sus procesos industriales donde la simulación impulsa la innovación y la excelencia en la producción, donde la ciencia y la ingeniería se combinan para transformar la forma en que las empresas fabrican y entregan bienes y servicios. A través de la simulación, la eficiencia industrial alcanza nuevas alturas, allanando el camino hacia un futuro donde la producción se convierte en un arte de precisión y optimización.

Actividad #07.

Dispatcher, operator & transporter

Introducción

Un despachador se utiliza para controlar las tareas para un grupo de operadores o transportadores. Un objeto utiliza el *dispatcher* para asignar los transportes al grupo de operadores o transportadores que controla.

Los operadores pueden utilizarse para realizar transporte o para operar los equipos. En la operación de equipos, las actividades que pueden realizar son la preparación (*set up*), el procesamiento y la reparación.

Objetivo

En esta práctica veremos cómo modificar los objetos. Así mismo, se verá cómo agregar operadores y vehículos de transporte al modelo.

Descripción

Al modelo realizado en la práctica anterior le vamos a agregar a dos empleados que van a preparar las máquinas que hacen la revisión (los procesadores). Los empleados también van a ser los responsables de transportar la mercancía de la fila de espera a los procesadores y de preparar el procesador (*set up*) para realizar la operación. Al finalizar un montacargas recibirá la mercancía que sale de los *conveyors* y pasa a una línea de espera para llevarlos a los racks. El tiempo de preparación (*set up*) de las máquinas (*processor*) es de 40 segundos. La capacidad de la fila de espera es de 20 productos.

Simular con 1, 2 y 3 operadoras para determinar cuántos empleados es mejor tener.

Simular con 1 y 2 montacargas para determinar qué es mejor.

Determinar, para cada combinación:

1. Salida de mercancía (cantidad almacenada en cada rack)
2. El tiempo de espera promedio en la fila 1 y fila 2
3. El porcentaje de tiempo que pasan ocupados cada uno de los procesadores.

	1 operador	2 operadores	3 operadores
1 montacargas	Rack 1: Rack 2: Rack 3: Fila 1: Fila:2 Procesador 1: Procesador 2: Procesador 2:	Rack 1: Rack 2: Rack 3: Fila 1: Fila:2 Procesador 1: Procesador 2: Procesador 2:	Rack 1: Rack 2: Rack 3: Fila 1: Fila:2 Procesador 1: Procesador 2: Procesador 2:
2 montacargas	Rack 1: Rack 2: Rack 3: Fila 1: Fila:2 Procesador 1: Procesador 2: Procesador 2:	Rack 1: Rack 2: Rack 3: Fila 1: Fila:2 Procesador 1: Procesador 2: Procesador 2:	Rack 1: Rack 2: Rack 3: Fila 1: Fila:2 Procesador 1: Procesador 2: Procesador 2:

Secuencia de pasos

La lógica de la secuencia ya la tiene el programa.

Crear “*dispatcher*”

Crear dos operadores (o según sea la combinación)

Conectar los despachadores y los operadores (y/o transportadores)

- El “*dispatcher*” debe conectarse como puerto central S a la fila de espera
- El “*dispatcher*” se conecta a los operadores con A

Seleccionar “*use transport*” en la fila de espera

Para que los operadores sean usados por los procesadores, “*dispatcher*” se conecta a ellos con S. En cada uno de los “*processors*” seleccionar “*use operator for setup*”.

Reporte/Conclusiones:

This image shows a full page of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a template for handwriting practice or general writing. There are no margins, text, or other markings on the page.

	
---	---

Actividad #08. Rack & network node

Introducción

Un rack sirve para almacenar mercancía aprovechando la altura. El *network node* se utiliza para indicar el camino o las rutas que pueden seguir los operadores o los transportadores. Van relacionados a los “*task-executer*” como transportador, operador, etc. *Global table* son objetos para almacenar datos a los que puede tener acceso cualquier objeto del modelo utilizando los comandos apropiados.

Objetivo

Utilizar racks para almacenar mercancía y crear rutas utilizando *network node*. Utilizar *global table* para indicar cómo almacenar la mercancía en los racks. Recuperar reportes de la simulación.

Descripción

Al modelo de la actividad #04 agregar 3 racks, eliminando previamente el *sink*. Los ítems de tipo 1, almacenarlos en el tercer rack. Los ítems de tipo 2 almacenarlos en el primer rack y los ítems de tipo 3 almacenarlos en el segundo rack. El montacargas debe de hacer el transporte de los ítems a los racks siguiendo la ruta marcada por los *network node*.

Secuencia de pasos

Borrar o desconectar el *sink* y agregar 3 racks después de la fila de espera. Conectar la fila de espera de los *conveyors* a los racks.

Se activa “*global table*” en la pestaña “*tools*” seleccionando “*global table*” y “*add*”.

Ponerle nombre #ruta#.

Hacer tabla de 1 columna y 3 filas. En la fila 1 poner 2, en la 2 poner 3 y en la 3 poner 1.

En las propiedades de la fila de espera, en la pestaña flujo, en la opción “*send to port*”, seleccionar “*by global table lookup*” y se abre una ventana. En esta ventana indicar el nombre de la tabla recién creada y aplicar.

Agregar *network node* y colocarlos al pie de la fila de espera y los racks. Estos van a ser los puntos donde se recibe y se deposita mercancía.

Conectar el nodo 1 a los otros 3. Las flechas verdes indican que se puede pasar en ambas direcciones entres los dos nodos.

Conectar cada *network node* a su objeto respectivo (fila o rack) con A y aparece una línea azul.

El transportador se debe de conectar al node network. Al nodo donde se conecte se convertirá en su punto de inicio al resetear el modelo.

El montacargas sale de la ruta trazada para ubicar las mercancías en el rack. Si no queremos que esto suceda, indicarlo en las propiedades del montacargas eliminando “*travel offsets for load/unload tasks*”.

Determinar cuál es el cuello de botella del sistema y proponer alternativas para mejorar el sistema.

Conclusiones

Evaluación

	
---	---

Actividad #09.

Multiprocesador, combinador y separador.

Introducción

El multiprocesador simula la realización de varios procesos. Es necesario definir en conjunto de procesos por los que cada elemento va a pasar en secuencia. Puede utilizar operadores.

Combiner es para agrupar elementos. Utilizando *in* ya no se separa y con *pack* si se separan después. Con *batch* se forma un grupo temporal que se separa al salir del *combiner*.

A.S.R.S. es un tipo de transporte para trabajar con racks. El elevador es un transporte para mover elementos hacia arriba y hacia abajo.

Merge Sort es un transportador que permite tener múltiples puntos de entrada y de salida.

El robot es un transporte que lleva las piezas de un punto a otro.

La grúa es un transportador y tiene movimientos en 3D. Se utiliza para simular grúas monorraíl.

Objetivo

Utilizar combinadores, separadores y multiprocesadores.

Descripción

Elabore un modelo con 2 fuentes de entrada. En la primera fuente el tiempo de llegadas sigue una función normal con media de 45 y desviación estándar de 10. En la segunda entrada el tiempo de llegada es exponencial con escala 10. Así mismo a través del segundo puerto de entrada entran dos artículos diferenciados por su color. De cada una de las entradas la mercancía pasa a una fila de espera. Un combinador junta lo que recibe de las dos entradas. Posteriormente esto se deposita a un *conveyor* que lo lleva a un multiprocesador. El combinador tiene una duración de 30 segundos. En el multiprocesador se realizan 4 procesos con duración de

Modifique el modelo de forma que del multiprocesador se envíen los productos al separador utilizando 3 montacargas y, al menos, una ruta con 10 nodos

Elabore un reporte donde compare los resultados de las filas de espera, el combinador, el multiprocesador y el separador, así como la cantidad de piezas de la fuente de entrada 1 que se descartan y de la fuente de entrada 2 que se almacenan.

Reporte

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Conclusiones

Evaluación

	
--	--

Actividad #10. Fluidos

Introducción

Conocer los elementos necesarios para recrear una simulación con fluidos es muy importantes, ya que se puede analizar los tipos de instalaciones y equipos óptimos para determinar las condiciones ideales en la industria.

El *Fluid Generator* es el equivalente al *Source*, pero en elementos líquidos. Se pueden crear las condiciones en las cuales queremos que llegue el producto. *Fluid To Item* convierte los elementos líquidos a sólidos, simulando un empaquetado de Clase A.

La tubería o *Fluid Pipe* es el elemento principal para poder transportar adecuadamente los fluidos de un punto a otro o de una maquina a otra, según sea la necesidad del modelo a simular.

El *Fluid Blender* funciona como mezclador de fluidos dentro de la línea de tuberías. En cambio, el *Fluid Splitter* se encarga de separarlos; son el equivalente al *Combiner* y *Separator* en los elementos sólidos.

Objetivo

Utilizar los elementos del apartado *Fluid* creando una simulación de embazado de latas de conservas, combinado los elementos de para el estado sólido.

Descripción

Elabore un modelo con 2 generadores de fluido. Cada uno de ellos tendrá una línea con 3 tuberías sencillas. Ambas líneas se conectarán a un *Fluid Blender*. La salida del mezclador también tendrá 3 tuberías sencillas que llegan a conectarse a un *Fluid To Item*. A la salida, se agrega una banda transportadora (para solidos) que conecta a un *Combiner*. Previamente, el *Combiner* tendrá conectado un *Source*. Saliendo del combinador, dos operadores se encargarán de llevar las cajas en un *Floor Storage*.

Secuencia de Pasos

Todos los elementos de fluidos se conectan con A.

En el *Source*, en el apartado de *Flow Item Class*, hay que cambiar de *Box* a *Tote*. A un costado del mismo apartado, dar clic en el botón *Open the Flow Item Bin*, Se abrirá una nueva pestaña donde seleccionaremos el *Cylinder* y modificaremos sus dimensiones a $X=0.30$, $Y=0.30$ y $Z=0.45$. Se vera que cambia de aspecto.

En el *Fluid To Item*, en el apartado de *Flow Item*, seleccionar el cilindro previamente modificado. En *Flow Item Output*, modificar el *Fluid per Discrete Unit* a 4 litros.

En el *Combiner*, se agregarán 6 elementos en el *Target Quantity*, lo que significa que, cada *Tote* (canasta) tendrá 6 cilindros.

En el *Fluid Blender*, en la pestaña de *Recipe*, indicar 75% para el puerto 1 y 25% para el puerto 2.

Para el *Fluid Generator 1* (al del 75% anterior), en la pestaña de *Generator*, en el apartado *Generator Refill*, cambiar el modo de relleno a *Complete Refill when Empty*.

Cada *Floor Storage* tiene capacidad de almacenaje para 100 canastas.

Resultados

Elabore un reporte donde determine cuantas jornadas de 8 hr (días de trabajo), latas, canastas y almacenaje en el piso se necesitan para empacar 1,000,000 de litros.

Con apoyo del *Dashboard*, agregar una gráfica que contenga todos los *Floor Storage* empleados, indicando la capacidad y agregar una gráfica de *State Gantt* de todos los elementos restantes.

Reporte

Conclusiones

Evaluación

	
---	---

This image shows a single page of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.



Capítulo 5

Los simuladores y la toma de decisiones.

Objetivos: Conocer y aplicar los tipos de decisiones dentro de un modelo de simulación



La toma de decisiones es un proceso fundamental en todos los ámbitos de la vida, desde la toma de decisiones personales hasta las decisiones empresariales y gubernamentales. Sin embargo, en muchas ocasiones, tomar decisiones complejas puede resultar desafiante debido a la incertidumbre, la falta de información completa o los posibles riesgos involucrados.

En este contexto, los simuladores juegan un papel crucial como herramientas que permiten a las personas y organizaciones simular situaciones y escenarios de manera virtual, con el propósito de analizar y comprender las implicaciones de diferentes decisiones. Estas aplicaciones informáticas recrean de manera realista procesos y eventos complejos, proporcionando un ambiente seguro para experimentar con diversas opciones sin incurrir en costos reales o consecuencias negativas.

La utilización de simuladores en la toma de decisiones ofrece numerosos beneficios. En primer lugar, brindan la posibilidad de enfrentarse a situaciones reales o hipotéticas, lo que permite a los tomadores de decisiones adquirir experiencia valiosa sin exponerse a riesgos innecesarios. Además, los simuladores proporcionan datos y resultados precisos y detallados, lo que facilita un análisis profundo y una comprensión más completa de las variables involucradas.

En este sentido, los simuladores se utilizan en diversos campos, como la aviación, la medicina, la gestión de empresas, el urbanismo, la logística, la economía y muchos otros. Permiten a los profesionales practicar y mejorar sus habilidades, a la vez que contribuyen a la toma de decisiones más informadas y estratégicas.

No obstante, es importante destacar que, aunque los simuladores son herramientas poderosas, su eficacia depende en gran medida de la calidad de los datos y los modelos utilizados. Además, es necesario que los usuarios interpreten adecuadamente los resultados y los apliquen con sabiduría en el mundo real.

En resumen, los simuladores representan una valiosa herramienta para abordar la toma de decisiones en situaciones complejas, ofreciendo un enfoque práctico, seguro y eficiente para explorar distintas opciones y evaluar sus consecuencias. Su implementación adecuada puede conducir a decisiones más acertadas y a una mejora sustancial en el rendimiento y el éxito de diversas actividades humanas.

Actividad #11. Decision point.

Introducción

Un punto de decisión es un objeto versátil que puede utilizar para crear lógica en su sistema transportador. Los puntos de decisión también se pueden vincular a un controlador de combinación para notificarlo cuando un slug liberado haya borrado puntos designados en el sistema.

Los tipos de puntos de decisión son configuraciones globales que puede importar a cualquier punto de decisión. Este tema explicará la configuración que puede personalizar cuando crea o edita tipos de puntos de decisión con la herramienta sistema transportador.

Objetivo:

Mostrar el uso del *Decision Point* (punto de decisión) en un conjunto de *Conveyors* (bandas transportadoras) para determinar el rumbo de las entidades (ensambles o productos terminados) en una línea de producción determinada.

Descripción y secuencia de pasos:

1. Modelar el caso de una línea de producción donde se hace el control de calidad, donde el 80% de los productos es aceptado y el 20% rechazado.
2. Los productos aprobados se almacenan en un rack y los rechazados se colocan en un *Floor Storage* (almacén en el piso) para después desecharlos.
3. Se empezará colocando un *Source* (fuente). La fuente se conectará a una banda transportadora principal de 20 m de longitud. Dando clic en el *Conveyor*, en el apartado del mismo nombre de la columna de la derecha, se puede modificar la longitud de la banda, en el apartado de *Horizontal Length*.

4. De la banda transportadora principal, saldrán 2 bandas transportadoras (secundarias) de 10 m, una con orientación a la izquierda y otra con orientación a la derecha. Observar las flechas de flujo de las bandas, de modo que no queden bloqueadas al momento de girar las bandas.
5. Para conectar las bandas transportadoras, se utiliza la herramienta *Join Conveyors*, activando primero la herramienta, después dando clic sobre la banda transportadora principal y después sobre cada una de las bandas secundarias. Se observará que las conexiones aparecerán en forma de curva (simulando la unión física de los elementos).
6. El final del primer *Conveyor*, se conectará a un rack. El final del segundo *Conveyor*, se conectará a un *Floor Storage*.
7. El *Conveyor* tiene una velocidad de 0.5 metros por segundo. Programar una simulación de 8 horas de funcionamiento.
8. En el *Source* se crearán los productos diferenciados por 2 colores. Dando un clic sobre el elemento de fuente, después, en el apartador de *Triggers*, dar clic en el símbolo de “más” (en forma de cruz en color verde) y seleccionar la opción *On Exit*. En seguida, dar clic al símbolo de “más” y seleccionar la opción *Set Label by Porcentaje* del apartado de *Data*. Aparecerá un recuadro donde, por *Default*, tendrá todos los productos con el 100%.
9. En el recuadro anterior, dar clic al símbolo de “más” para agregar otro porcentaje. Modificar los porcentajes con las indicaciones iniciales de la práctica.
10. En el mismo recuadro, en la parte inferior izquierda, dar clic al símbolo de “más” para agregar la condición de color (planteado en el punto #8). Desplegar el menú del apartado de *Visual* y seleccionar la opción de *Set Color by Case*. El recuadro anterior “crecerá” y aparecerá la nueva opción seleccionada. En ese mismo apartado, dar clic dos veces al símbolo de “más” para agregar los elementos separados por el porcentaje anterior. En los nuevos renglones que aparecen, dar un clic en el símbolo en forma de triángulo invertido y seleccionar un color distinto para cada caso (uno color para los productos aceptados y otro para los productos rechazados).
11. Se sugiere correr el simulador, a modo de prueba, para comprobar

que si se cumplan las condiciones de los colores seleccionados y los porcentajes definidos (aproximadamente).

En seguida, los siguientes pasos para programar los puntos de decisión:

1. Colocar un *Decision Point* al inicio de cada *Conveyor*. Asegurarse que los puntos de decisión queden sobre las bandas transportadoras y no debajo de ellas.
2. Conectar los puntos de decisión con A (del principal a los secundarios).
3. En el *Decision Point* principal, en el apartado de *Triggers*, dar clic al símbolo de “más” y seleccionar la opción de *On Arrival*. En seguida, seleccionar la opción *Send Item by Case*.
4. Aparecerá un recuadro con los casos por *Default*. Dar clic dos veces al símbolo de “más” del apartado *Setup Cases* para agregar los casos (colores y porcentajes) previamente programados desde la fuente.
5. Correr la simulación, asegurándose que se respeten las condiciones de la actividad (puntos #1, #2 y #7).
6. Llenar la siguiente tabla con los datos que arroje el simulador después de cumplir el tiempo establecido.

Cantidades	Porcentaje
Productos que ingresaron al sistema:	
Productos aceptados:	
Productos rechazados:	

¿Se cumple la condición del 80-20? Si__ No__ ¿Por qué?

Conclusiones

Evaluación

	
---	---

Actividad #12.

Center port & Dashboard.

Introducción

Los puertos centrales generalmente se usan para conectar ejecutores de tareas a recursos fijos, pero pueden conectar dos objetos que necesitan referenciarse entre sí. Cuando los puertos centrales de dos objetos están conectados, se crea un punto de referencia abstracto entre esos dos objetos. Los puertos centrales permiten que los objetos se comuniquen o interactúen de formas complejas:

- Transporte de elementos de flujo: los recursos fijos pueden usar los ejecutores de tareas conectados a sus puertos centrales para transportar elementos de flujo a un recurso fijo descendente.
- Configuración y procesamiento: algunos recursos fijos tienen tiempos de configuración y procesamiento (procesadores, combinadores, separadores, multiprocesadores). Estos objetos pueden requerir la presencia de un ejecutor de tareas conectado a sus puertos centrales durante los tiempos de configuración y procesamiento.
- Referencia general: los objetos pueden tener conexiones de puerto central para comunicarse o hacer referencia entre sí.

Los tableros o *Dashboards* son un panel de ventana en blanco que puede personalizar con cualquier cosa a la que necesite acceder durante una ejecución de simulación. El propósito más común para usar un tablero es mostrar gráficos. Los gráficos pueden mostrar estadísticas y representar visualmente datos de un recopilador de estadísticas. Se actualizan en tiempo real mientras se ejecuta su modelo de simulación.

La siguiente tabla proporciona una descripción general de los gráficos que puede usar para visualizar los datos de su modelo de simulación:

Cuadro	Explicación
Gráfico de tiempo	Puede mostrar datos como diagramas de dispersión, gráficos de líneas o diagramas escalonados. Estos gráficos son mejores para mostrar valores que fluctuarán con el tiempo o cuando desee mostrar una relación entre dos variables utilizando sus coordenadas X e Y. Consulte Gráfico de tiempo para obtener más información.
Histograma	Puede visualizar una distribución de datos numéricos. Estos gráficos son ideales cuando utiliza una distribución estadística aleatoria para introducir variabilidad en su modelo de simulación. Estos gráficos pueden mostrar la frecuencia con la que la distribución genera ciertos números. También puede comparar objetos que utilizan diferentes distribuciones estadísticas. Consulte Histograma para obtener más información.
Gráfico de Gantt	Visualiza datos en un gráfico de barras apiladas que muestra el progreso de los elementos o tokens a medida que se mueven a través de un modelo de simulación a lo largo del tiempo. Estos gráficos son útiles para mostrar el tiempo de permanencia de elementos o fichas en cada actividad u objeto 3D en el modelo. También pueden ilustrar las relaciones de dependencia entre objetos y actividades. Consulte Diagrama de Gantt para obtener más información.
Gráfico circular	Muestra cada punto de datos como un porcentaje en comparación con toda la serie de datos. Los gráficos circulares son mejores para comparar conjuntos de valores similares de varios objetos. Consulte Gráfico circular para obtener más información.
Gráfico de barras	Al igual que un gráfico circular, los gráficos de barras pueden comparar datos entre objetos similares. Los gráficos de barras son ideales si desea mostrar valores absolutos en lugar de valores relativos. Consulte Gráfico de barras para obtener más información.
Gráfico de tabla	Los gráficos de tabla muestran las estadísticas sin procesar de un conjunto de datos. Debe elegir este tipo de gráfico si simplemente desea ver los datos concretos del modelo expresados en números o texto. Consulte el gráfico de tablas para obtener más información.

Diagrama de caja	Al igual que los histogramas, los diagramas de caja pueden visualizar una distribución de datos numéricos. Estos gráficos son ideales cuando utiliza una distribución estadística aleatoria para introducir variabilidad en su modelo de simulación. Estos gráficos pueden mostrar la frecuencia con la que la distribución genera ciertos números. Consulte Diagrama de caja para obtener más información.
Diagrama de Sankey	Los diagramas de Sankey pueden visualizar el flujo de elementos de un objeto a otro. Estos gráficos son más útiles cuando hay dos o más rutas posibles que podría tomar un elemento para llegar desde el principio de un sistema a otro. Los diagramas de Sankey pueden mostrar la cantidad de elementos que tomaron una ruta en lugar de otra. Consulte el Diagrama de Sankey para obtener más información.

Objetivo

Conocer y aplicar los distintos tipos de puertos centrales y la generación de distintas graficas para la creación de reportes dada la información obtenida.

Descripción

Tomando el modelo de la actividad #3, se agregarán elementos dinámicos entre cada estación. El tiempo de la simulación será de 8 horas.

Secuencia de Pasos para Center Port:

1. Se conectará un operario entre el *Source* y el *Queue*; otro operario entre el *Queue* y el *Processor 1* y otro más entre el *Queue* y el *Processor 2*.
2. Del *Processor 1* al *Sink* se conectará un montacargas y otro más del *Processor 2* al *Sink*.
3. Se sugiere correr el simulador, a modo de prueba, para comprobar que cada operario y montacargas trabajen en sus áreas asignadas sin que se pasen o se crucen a las demás.
4. En caso de que se cumpla la condición, pasar al apartado de Secuencia de Pasos para *Dashboard*. En caso contrario, continuar en este apartado.

5. Asegurarse que cada elemento estático (fuente, fila de espera y procesadores) tenga activada la casilla *Use Transport* del apartado *Output*.
6. Debajo de la casilla anterior, desplegar el menú del renglón dando clic en el símbolo en forma de “triángulo invertido” y seleccionar la opción *Objet Connected to a Center Port*.
7. Aparecerá un recuadro donde se seleccionará el elemento dinámico (operador o montacargas según sea el caso) adecuado al área de trabajo. Repetir el paso #6 con todos los elementos estáticos del modelo. Pasar al paso #3 y #4.

Secuencia de Pasos para Dashboard:

1. En el menú principal del programa, dar un clic al botón *Dashboards* y seleccionar la opción *Add Blank Dashboard*. Aparecerá una pestaña en color blanco.
2. Al seleccionarla, la columna de la pestaña librería cambiará los elementos para armar el modelo a graficas.
3. De la pestaña librería, en el apartado de *State*, arrastrar y soltar con el mouse dando un clic la opción *State Gantt* en la pestaña de *Dashboard*.
4. Para agregar elemento a la gráfica, dar un clic al cuadro blanco que se colocó recientemente. En la columna de propiedades, en el apartado *Options*, dar clic al símbolo de “más” y seleccionar la opción *Select Objets*.
5. Aparecerá una tabla con los elementos estáticos y dinámicas con los que cuenta el modelo de simulación. Se seleccionarán solo los operarios, dando un clic en *Operator* y después en *Select*.
6. Resetear y correr el modelo de simulación para que los efectos de la gráfica tengas efecto y se observe que va arrojando datos.
7. Agregar una gráfica distinta (libre elección) para los montacargas y otra para los procesadores.
8. Llenar la siguiente tabla con los datos que arroje las gráficas seleccionas.

% ocioso del procesador 1:	% ocioso del procesador 2:
% procesamiento del procesador 1:	% procesamiento del procesador 2:
% ocioso del operador 1:	% ocioso del operador 2:
% ocioso del montacargas 1:	% ocioso del montacargas 2:
% trabajo del operador 1:	% trabajo del operador 2:
% trabajo del montacargas 1:	% trabajo del montacargas 2:

Conclusiones

Evaluación

	
---	---

Cuestionario de repaso #2

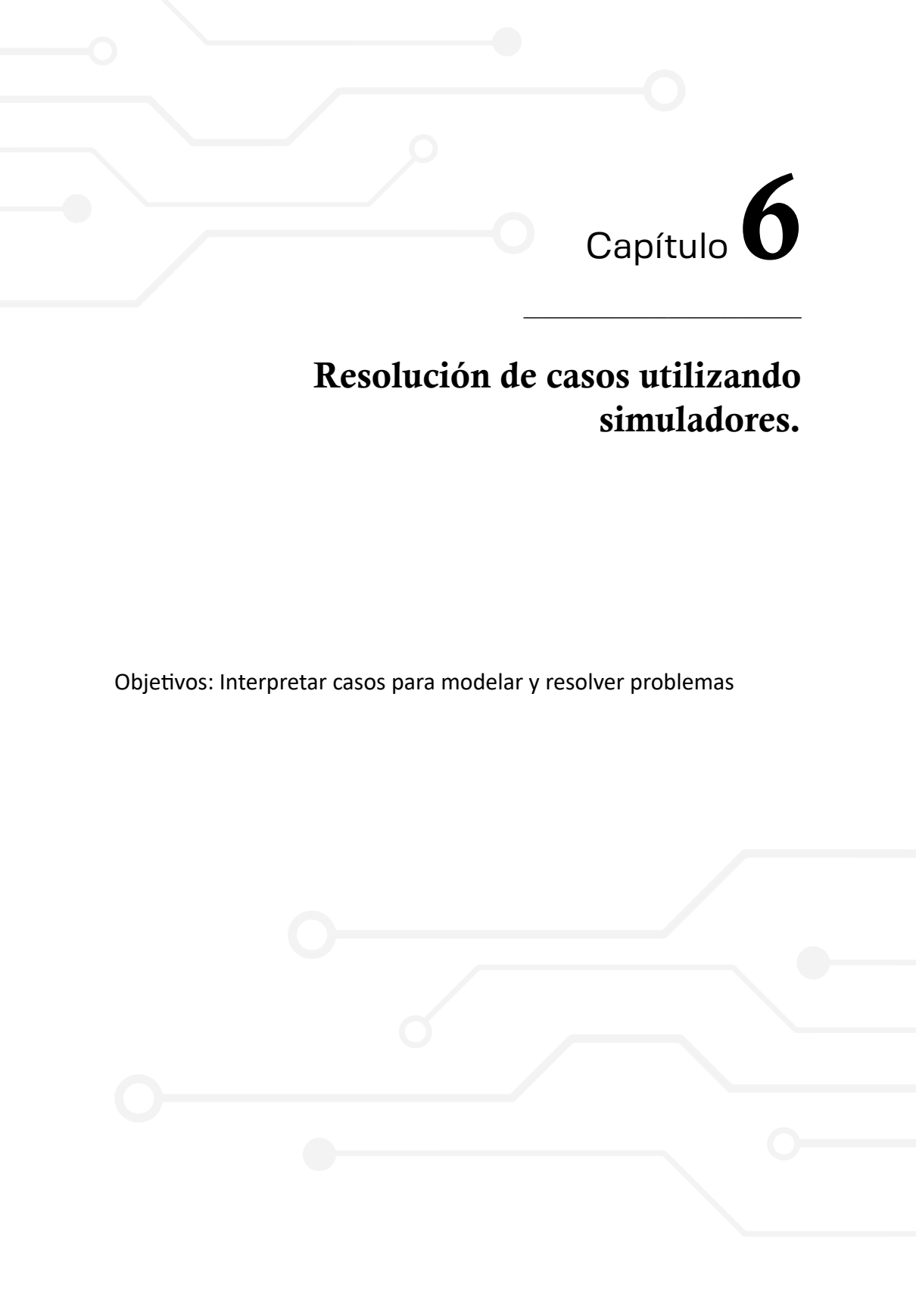
¿Cómo influye la simulación en la toma de decisiones?:

¿Qué factores se deberían considerar para validar y negar una decisión mediante el uso la simulación?:

¿Qué tipo o clases de decisiones considera importantes que NO se pueden tomar con el uso de simuladores?, explique su respuesta:

Notas

This image shows a single page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, leaving small margins at the top and bottom. There are no vertical margin lines, and the page is completely blank except for the lines themselves.

The background of the page is decorated with a light gray circuit board pattern. It consists of various horizontal, vertical, and diagonal lines of different thicknesses, some ending in small circles (representing vias or components) and others in larger circles (representing pads or components). The pattern is more dense in the top left and bottom right corners.

Capítulo 6

Resolución de casos utilizando simuladores.

Objetivos: Interpretar casos para modelar y resolver problemas

La utilización de simuladores en la resolución de casos aporta una serie de beneficios esenciales. En primer lugar, permite a los profesionales y estudiantes adquirir experiencia práctica en situaciones difíciles, sin el temor de cometer errores que puedan tener consecuencias graves. Esto fomenta el aprendizaje activo y la mejora continua de habilidades y conocimientos.

Además, los simuladores ofrecen una plataforma para analizar y evaluar diferentes estrategias y opciones en tiempo real. Los usuarios pueden explorar múltiples enfoques y ver cómo se desarrollan las consecuencias de sus decisiones, lo que facilita la identificación de la mejor solución posible y el desarrollo de un pensamiento analítico más sólido.

Los simuladores también permiten el seguimiento y la evaluación objetiva del rendimiento de los usuarios, lo que brinda oportunidades para el *feedback* y la mejora continua. Los registros y datos generados por el simulador ayudan a identificar fortalezas y debilidades, lo que puede guiar a los profesionales hacia un mayor desarrollo y eficiencia.

En resumen, la utilización de simuladores en la resolución de casos ofrece una metodología práctica y efectiva para enfrentar desafíos complejos y desarrollar habilidades en un entorno seguro. Estas herramientas tecnológicas han demostrado ser especialmente beneficiosas en campos donde la toma de decisiones puede tener implicaciones significativas para la vida, la seguridad y los recursos.

Con un enfoque adecuado, los simuladores pueden potenciar la capacitación, la toma de decisiones informadas y la competencia profesional en diversas disciplinas, contribuyendo así al progreso y la excelencia en las actividades humanas.

Actividad #13.
Caso #01 Gasolinera.

Desarrollo:

Una gasolinera cuenta con dos despachadores con dos bombas cada uno, que son atendidas por dos empleados, uno en cada despachador, la gasolinera brinda servicio de 7am a 11pm. La llegada de vehículos a la gasolinera tiene una distribución tipo Poisson y una distribución exponencial para la tasa de servicios. La tasa de llegada es de 53 vehículos por hora. Los tiempos del servicio, en promedio, son los siguientes: 1) Poner la manguera y marcar los datos en la bomba toma 5 segundos, 2) Llenar el tanque toma 58 segundos y 3) Retirar la manguera, pagar y salir de la gasolinera toma 19 segundos.

Se le pide simular el sistema de la forma más realista posible.

Determine lo siguiente:

- Número de unidades entrantes en el sistema.
- Número de vehículos servidos por cada una de las bombas.
- % de tiempo de trabajo para cada una de las bombas.
- % de tiempo ocioso para cada una de las bombas.
- Distribución del tiempo para cada uno de los operadores (% de tiempo de trabajo, % de tiempo ocioso y % de tiempo trasladándose).

Determine la capacidad de servicio del sistema ¿cuántos vehículos puede servir por hora?

Conclusiones

Evaluación

	
---	---

Actividad #14.
Caso #02 Estacionamiento.

Desarrollo:

Una tienda pequeña tiene un lote de estacionamiento con 6 lugares disponibles. Los clientes llegan en forma aleatoria de acuerdo a un proceso de Poisson a una razón media de 10 clientes por hora, y se van inmediatamente si no existen lugares disponibles en el estacionamiento. El tiempo que el auto permanece en el estacionamiento sigue una distribución uniforme entre 10 y 30 minutos.

¿Qué porcentaje de los clientes es perdido por no tener más lugares disponibles?

¿Cuál es la probabilidad de encontrar un lugar disponible en el estacionamiento?

¿Cuál es el porcentaje promedio de espacios disponibles?

Conclusiones

Evaluación

	
---	---

Actividad #15.
Caso #03 Red de distribución.

Desarrollo:

Una empresa de mensajería tendrá una ampliación en su área de entrega en la que pronostica tener un promedio de 213 entregas de paquetes al día. Se debe determinar el número de choferes que se deben contratar. Las camionetas se mueven a un promedio de 40 km/h (tomar en cuenta que se tiene una escala de 1/10 en el modelo). El tiempo de carga de las camionetas es de 5 segundos por paquete. El tiempo de descarga en cada destino es de 10 minutos en promedio. Los choferes trabajan un total de 7 horas por día, y a partir de estas se empieza a cobrar tiempo extra.

Calcular el número óptimo de choferes a contratar obteniendo el tiempo perdido y/o tiempo extra que se deberá de pagar a cada chofer.

Se puede iniciar analizando el problema con 4, 5 y 6 choferes.

Reporte

Conclusiones

Evaluación

	
---	---

Cuestionario de repaso #3

¿Cómo influye la simulación en la toma de decisiones?:

¿Qué factores se deberían considerar para validar y negar una decisión mediante el uso la simulación?:

¿Qué tipo o clases de decisiones considera importantes que NO se pueden tomar con el uso de simuladores?, explique su respuesta:

Notas

This image shows a single page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, leaving small margins at the top and bottom. There are no vertical margin lines, and the page is completely blank except for the lines themselves.

[illegible]



Capítulo 7

La Realidad Virtual y la Simulación Industrial.

Objetivos: Interpretar casos para modelar y resolver problemas



La simulación de procesos industriales y la realidad virtual representan dos innovadoras y poderosas tecnologías que han transformado la forma en que las industrias abordan el diseño, optimización y operación de sistemas productivos. En un mundo cada vez más orientado hacia la eficiencia y la competitividad, estas herramientas han emergido como aliados indispensables para diversas áreas, desde la manufactura y la logística hasta la ingeniería y la formación de personal.

La simulación de procesos industriales implica la creación de modelos digitales que imitan el funcionamiento de sistemas y operaciones en entornos productivos. Estos modelos permiten a los expertos evaluar diferentes escenarios, identificar cuellos de botella, prever problemas potenciales y mejorar la eficiencia antes de implementar cambios en el mundo real. A través de la simulación, las empresas pueden ahorrar tiempo y recursos al optimizar procesos y minimizar riesgos, lo que conduce a una toma de decisiones más informada y a resultados más exitosos.

Por otro lado, la realidad virtual (RV) ofrece una experiencia inmersiva en un entorno completamente digital. Al combinar tecnologías de visualización avanzadas con interacción en tiempo real, la RV permite a los usuarios explorar y manipular objetos y escenarios de manera virtual. En el contexto industrial, la RV se ha convertido en una herramienta invaluable para el diseño y la visualización de productos, la capacitación de empleados en entornos virtuales realistas y la colaboración remota en proyectos complejos. Al proporcionar una sensación de presencia y participación, la RV mejora la comprensión y la interacción con sistemas industriales complejos.

En esta era de transformación digital, la integración de la simulación de procesos industriales y la realidad virtual ofrece un enfoque sin precedentes para abordar desafíos complejos en la industria. Ya no se trata solo de resolver problemas, sino de anticiparlos y diseñar soluciones efectivas en un entorno controlado y seguro. Esta sinergia entre simulación y realidad virtual no solo acelera la innovación, sino que también redefine la manera en que concebimos, interactuamos y mejoramos los procesos industriales, allanando el camino hacia un futuro más eficiente y tecnológicamente avanzado.

La Realidad Virtual.

Muchas personas asumen que la realidad virtual es un desarrollo reciente, nacido en los albores de la década de 1990. El hecho es que los conceptos básicos han estado presentes desde 1950, y los primeros sistemas aparecieron mucho antes de la llegada del hombre a la luna. A finales de la década de 1950, Morton Heilig (1926-1997) diseñó la primera experiencia multisensorial virtual, desarrollando un equipo denominado “Sensorama”, con un aspecto que nos recuerda a las actuales máquinas de videojuegos (Arcades), el Sensorama combinaba video, audio, vibración, viento e incluso olores empacados.

La Realidad Virtual (RV) es la simulación de un ambiente real o imaginario que puede ser experimentado en tres dimensiones, proporcionando una experiencia interactiva completa en tiempo real con video, sonido e incluso retroalimentación táctil.

Cada sistema de RV tiene que llevar a cabo las siguientes funciones básicas:

- a) Calcularlas estructuras de datos, dimensiones, texturas y sombreado de los objetos virtuales.
- b) Mantener seguimiento de cada objeto en el entorno virtual.
- c) Almacenar y actualizar los datos sobre la localización de cada objeto y su apariencia.
- d) Simular el comportamiento de los objetos.
- e) Renderizar (dibujar) el mundo en tres dimensiones.
- f) Generar los sonidos de los objetos virtuales.
- g) Permitir al usuario navegar a través del entorno virtual.
- h) Proporcionar al usuario algunos medios para interactuar con objetos en el entorno
- i) Todo lo anterior en tiempo real (30 imágenes por segundo).

Los sistemas de realidad virtual han sido elementos de aprendizaje de un costo medio a elevado, pero gracias a los avances actuales de la tecnología se están volviendo cada vez más accesibles, y más comunes en los hogares (Xbox, PlayStation, PC con tarjetas gráficas de gama media-alta) y en la industria; por lo tanto, el tener un área de investigación

de tecnologías de realidad virtual se vuelve una necesidad en los centros de investigación de las universidades.

Cuestionario de repaso #4

¿Cómo influye la simulación en la toma de decisiones?:

¿Qué factores se deberían considerar para validar y negar una decisión mediante el uso la simulación?:

¿Qué tipo o clases de decisiones considera importantes que NO se pueden tomar con el uso de simuladores?, explique su respuesta:

Notas

[illegible]

Glosario

ASRS vehicle: El *Automated Storage and Retrieval System* (ASRS) es un tipo especial de transporte especialmente diseñado para trabajar con racks llamado *ASRS vehicle* en el simulador. El *ASRS vehicle* se moverá a lo largo de un pasillo entre dos racks recogiendo y almacenando *flowitems* en ellos.

Atributos: Características de una entidad.

Combiner: es utilizado para agrupar y juntar múltiples *flowitems*. Puede tanto ensamblar o juntar (*join*) los *flowitems* definitivamente o bien agruparlos o empacarlos (*pack*) con la posibilidad de volverlos a separar más adelante en el proceso.

Conveyor o transportador: Este conveyor también transporta *flowitems* a través de él, su forma se define creando diferentes secciones y definiendo para cada sección su longitud, altura, si es recta o curva. Si esa sección es curva se le define el ángulo y radio.

Crane: Una grúa viajera o crane tiene funcionalidades similares a un transporte. La grúa trabaja en un espacio definido con movimientos en los ejes x,y,z. Simula cualquier grúa guiada por rieles.

Dispatcher: controla un grupo de transportes u operadores. Las solicitudes de actividades o tareas (*taskrequest*) son enviadas al *dispatcher* por un objeto y el *dispatcher* las delega a los operadores o transportes que controla. Las tareas serán desempeñadas por el operador o transporte que finalmente reciba la solicitud.

Elevator: es otro tipo especial de transporte que transporta *flowitems* hacia arriba y hacia abajo. Automáticamente viaje al nivel desde donde los *flowitems* necesitan ser recogidos o dejados.

Entidad: Representación de los flujos de entrada a un sistema.

Estado: es una condición propia de cada objeto en un instante dado, que describe como se encuentra el objeto en el momento en que se detiene la corrida, está determinada por el conjunto de variables o parámetros utilizados para construir cualquier sistema.

Evento: Suceso instantáneo que puede cambiar el estado del sistema y de los objetos.

Flowitems: Son los objetos que se mueven a través de tu modelo. Los *flowitem* pueden ser partes, tarimas, ensambles, papel, contenedores o cualquier cosa que fluya a través del modelo.

Itemtype: Es una especie de “etiqueta” que tiene el *flowitem* que contiene cierta información como puede ser el número del código de barras, tipo de producto, peso, destino, SKU, costo, precio o un número de parte por nombrar algunos ejemplos.

Locaciones: Todos aquellos lugares en los que la entidad puede detenerse para ser transformada o esperar a serlo.

Modelo: Es una representación simplificada de un sistema, construido con el propósito de estudiarlo, donde son considerados los aspectos que afectan al problema de estudio y debe ser lo suficientemente detallado para obtener conclusiones que apliquen al sistema real.

MultiProcessor: permite definir varios procesos subsecuentes que se llevan a cabo en ese mismo lugar. A cada proceso se le puede definir su nombre y su duración. Así mismo se puede especificar para cada proceso si se requiere o no de uno o varios operadores.

Network Node: Los nodos de red o *Network Nodes* son utilizados para definir una red de caminos o rutas que los transportes y los operadores pueden seguir. Los caminos pueden ser modificados usando los *spline points* para hacer las rectas, curvas y elevaciones que se necesiten.

Operator: Un operador (operador) o varios pueden ser llamados para ser utilizados durante los tiempos de preparación, proceso o reparación. Los operadores buscarán el camino más corto para llegar a los objetos o bien se les puede definir caminos mediante una red o *network* si se necesita que sigan ciertas trayectorias al trasladarse.

Ports: Cada objeto del simulador tiene un número ilimitado de puertos a través de los cuales se comunican con otros objetos. Existen tres tipos de puertos:

- Los puertos de *input* y *output*, se usan en el ruteo de los *flowitems* o bien para crear redes de caminos de tránsito (*network paths*) para que los sigan los recursos móviles usando los nodos de la red (*Network Nodes*).
- Los puertos centrales son usados para crear referencias de un objeto a otro. Un uso común de los puertos centrales es para referenciar

a los objetos móviles (*operators, transporters, cranes* y *ASRS vehicles*) en lugar de a los recursos fijos (*processor, queues, o conveyors*).

Processor: El procesador simula un lugar de operación o una máquina. Cualquier proceso es simplemente modelado al forzar a los *flowitems* a un tiempo de espera determinado, que es el tiempo de la operación. Puede contener más de un *flowitem* al mismo.

Queue o fila: sirve para almacenar *flowitems* cuando el siguiente objeto no los puede recibir todavía.

Rack: sirve para almacenar *flowitems* tal como se hace en los racks de un almacén o bodega.

Recursos: Dispositivos necesarios para llevar a cabo una operación, estos pueden moverse

Reservoir (depósito): se usa para almacenar *flowitems* tal como si estuvieran en un tanque.

Robot: es un transporte especial que traslada los *flowitems* desde su locación inicial y los coloca en su locación destino. Para alcanzar el *flowitem* que se quiera transportar o para llegar al destino.

Run Time: muestra el transcurso del tiempo durante la corrida del modelo.

Separator: es usado para separar o cortar un *flowitem* en múltiples partes. Esto puede ser realizado al desempacar un *flowitem* anteriormente empacado por un *combiner* (*unpack*) o bien al crear múltiples copias del *flowitem* original (*split*). Tanto el proceso de desempaque como el de corte serán efectuados hasta que el tiempo de proceso definido haya sido completado. El *separator* puede llamar a operadores para preparación, proceso y reparación.

Sink: es utilizado para destruir los *flowitems* o productos que finalicen el proceso en el modelo. Una vez que el *flowitem* se introduce al *sink*, no puede ser recuperado.

Source (fuente): es utilizado para crear *flowitems* o productos que viajan por el modelo.

Sistema: Colección de entes que actúan o interactúan para la consecución de un determinado fin.

Stop Time: permite fijar un valor en el tiempo para el cual se desea que el modelo se detenga modelo.

Transporter: es usado principalmente para trasladar *flowitems* desde un objeto a otro. Puede llevar uno o varios al mismo tiempo. Un solo transporte puede recibir una o varias solicitudes de tareas (*task request*) de los diferentes objetos del modelo.

Variables: Condiciones cuyos valores se crean y se modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas.

VisualObject: El objeto visual o *VisualObject* no son objetos de modelaje, sino simplemente son gráficos utilizados para decorar el escenario del modelo para efectos de brindar una apariencia más real.

Anexos

Fórmulas para líneas de espera simple

Fórmulas que describen las características de operación en estado estable de una línea de espera de un solo canal, aplicables solo cuando $\mu > \lambda$

Concepto	Formula
Factor de utilización	$\rho = \frac{\lambda}{K\mu}$
Probabilidad de que no existan unidades en el sistema	$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$
Número promedio de unidades en la línea de espera	$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$
Número promedio de unidades en el sistema	$L_s = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)}$
Tiempo promedio que utiliza la unidad en la línea de espera	$T_q = \frac{L_q}{\lambda}$
Tiempo promedio que una unidad ocupa en el sistema	$T_s = \frac{L_s}{\lambda}$
Probabilidad de que el sistema este n unidades	$p_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n p_0$
Probabilidad de que una unidad que llega tiene que esperar servicio	$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

λ = Tasa de llegada

$1/\lambda$ = Tiempo promedio entre llegadas

μ = Tasa de servicio

$1/\mu$ = Tiempo promedio de servicio

Fórmulas para líneas de espera múltiples

Fórmulas que describen las características de operación en estado estable de una línea de espera de un solo canal, aplicables solo cuando $K\mu > \lambda$

Concepto	Formula
Probabilidad de que no exista unidades en el sistema	$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{K-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^K}{K!} \left(\frac{K\mu}{K\mu - \lambda} \right)}$
Número promedio de unidades en la línea de espera	$L_q = \frac{(\lambda/\mu)^K \lambda \mu}{(K-1)! (K\mu - \lambda)^2} * P_0$
Número promedio de unidades en el sistema	$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$
Tiempo promedio que ocupa una unidad en la línea de espera	$T_q = \frac{L_q}{\lambda}$
Tiempo promedio que una unidad ocupa en todo el sistema	$T_s = T_q + \frac{1}{\mu}$
Probabilidad que existan n unidades en el sistema	$P_n = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} * P_0 \quad \rightarrow \quad n \leq K$ $P_n = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{K! K^{(n-K)}} * P_0 \quad \rightarrow \quad n > K$

- λ = Tasa media de llegadas del sistema
- μ = Tasa media de servicio de cada canal
- K = Número de canales
- λ = Tasa de llegada
- $1/\lambda$ = Tiempo promedio entre llegadas
- μ = Tasa de servicio
- $1/\mu$ = Tiempo promedio de servicio

Referencias

- Banks, J., Carson II J.S., Nelson, B.L., Nicol, D.M. (2005) *Discrete event system simulation*, 4ª edición, New Jersey, Pearson Prentice Hall.
- Hillier, F.S., Lieberman, G.J., (2010) *Introducción a la Investigación de operaciones*, 9ª edición, Ed. Mc Graw Hill Interamericana, México.
- Taha, H.A., (2012) *Investigación de operaciones*, 9ª edición, Ed. Pearson Prentice Hall, México
- Winston, W.L., (2004) *Investigación de operaciones: aplicaciones y algoritmos*, 4ª edición, Thompson, México.
- Kelton, W.D., Sadowski, R.P., Sturrock, D.T. (2008) *Simulación con software Arena*, 4a edición, México, Mc Graw Hill.
- García Dunna, E., García Reyes, H., Cárdenas Barrón, L.E., (2006) *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*, México, Pearson Prentice Hall.
- Cabrera, C. (2009) *Propuesta de un manual de prácticas de Simulación de sistemas discretos con PROMODEL, para el desarrollo de ejercicios aplicados en diferentes asignaturas de la carrera Ingeniería Industrial en la Pontificia Universidad Javeriana*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Aracil, J. (1996) *Introducción a la dinámica de sistemas*. Alianza Editorial. Madrid.
- Szulanski, F.; Rodríguez, (2001) P. “Utilizando la simulación para mejorar la efectividad del Tablero de Comando”. Facultad Cs. Económicas, Argentina.
- Reese, R.; Sheppard, S. (2001) “A Software Development Environment for Simulation Programming”. *Winter Simulation Conference*. USA.
- Matsuba, S., Roehl, B. (1996) *Using VMR*. Ed QUE.
- Gradecki, S. (1994) *The virtual reality construction Kit*. Ed. John Wiley & Sons, Inc.

Simulación de procesos industriales

Se terminó de imprimir en diciembre de 2024

en los talleres gráficos de Astra Ediciones

Av. Acueducto 829, Colonia Santa Margarita, C. P. 45140,

Zapopan, Jalisco, México

E-mail: edicion@astraeditorial.com.mx

www.astraeditorialshop.com

Impresión digital con interiores en papel bond 75g.

portada en cartulina sulfatada 12 pts.

El tiraje consta de 100 ejemplares

En esta obra, nos enfocamos en la creación y análisis de escenarios donde podremos identificar los factores que influyen en la toma de decisiones al momento de sugerir mejoras en cualquier aspecto de la organización, tanto administrativa como operativa y ver la factibilidad de los mismos.

ISBN: 979-13-87631-10-9

