

Modelos heterogéneos con Simio

Módulo 3 (*with slides in English*)

Pau Fonseca i Casas

Angel A. Juan

PID_00209185

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño general y la cubierta, puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste eléctrico, químico, mecánico, óptico, grabación, fotocopia, o cualquier otro, sin la previa autorización escrita de los titulares del copyright.

Índice

Introducción	5
Objetivos	6
1. Sistema de facturación de un aeropuerto	7
1.1. Descripción del sistema	7
1.2. Creación del modelo - Objetos básicos	8
1.3. Creación del modelo - Entidades heterogéneas	11
1.4. Ejecución del modelo	13
2. Sistema de facturación mejorado	14
2.1. Rediseñando el sistema	14
2.2. Ejecución del nuevo modelo	18
Actividades	21
Bibliografía	21

Introducción

El presente módulo tiene como objetivo introducir al estudiante en la construcción de modelos heterogéneos, incluyendo modelos compuestos por diferentes partes que se unirán a través de caminos. Estos caminos permitirán definir rutas complejas dentro de los modelos. Para ello se seguirá un ejemplo que intenta representar, de forma simplificada, el proceso de facturación en un aeropuerto.

Observation

Ask your Instructor for the slides associated with this module.

Objetivos

1. Adquirir competencias básicas para modelar y simular sistemas heterogéneos.
2. Aprender algunas de las opciones que ofrece Simio para el modelado y simulación de sistemas heterogéneos.
3. Descubrir y explorar potenciales ejemplos de aplicación de los conceptos y habilidades adquiridos.

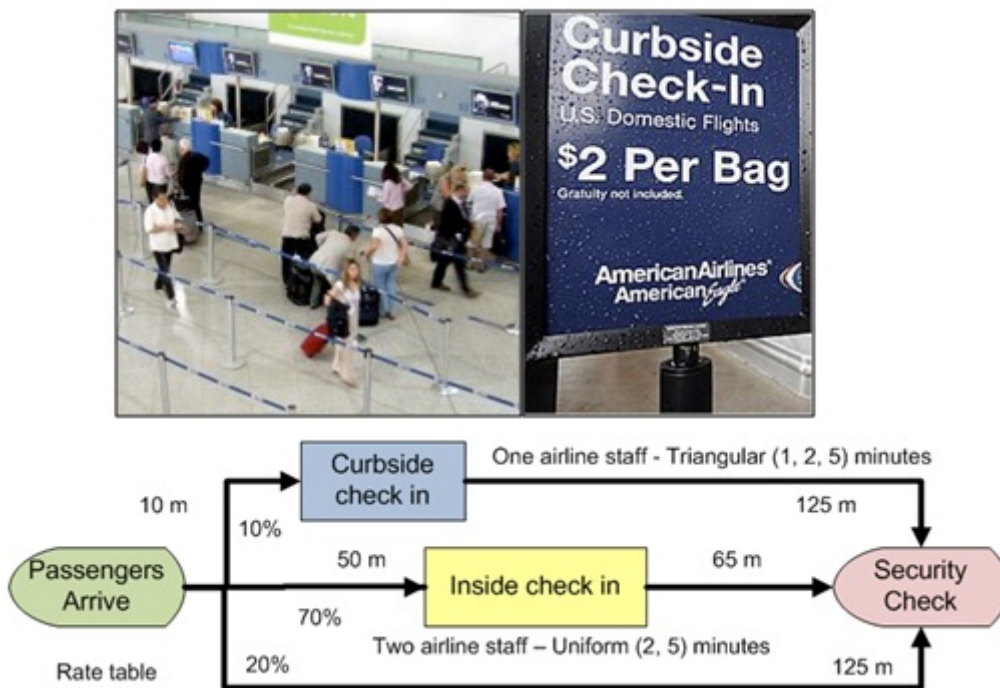
1. Sistema de facturación de un aeropuerto

1.1. Descripción del sistema

El sistema que consideramos cuenta con tres procesos diferentes (heterogeneidad del proceso) para efectuar la facturación (figura 1): (a) un 70 % de los pasajeros pasan por el mostrador principal de facturación, donde son atendidos (servidos) por dos agentes de la compañía; (b) un 10 % de los pasajeros pasan por un mostrador auxiliar, donde son atendidos por un agente; y (c) el 20 % restante ya han hecho el *check-in online* y se dirigen directamente al punto de control de seguridad.

Los supuestos de partida son los siguientes: (i) los tiempos de servicio en el mostrador auxiliar siguen una distribución triangular (1, 2, 5) minutos; (ii) los tiempos de servicio (de cada agente) en la estación principal siguen una distribución uniforme (3, 10) minutos; y (iii) la tasa de llegada de pasajeros a la terminal es dinámica, y evoluciona según una tabla de datos (heterogeneidad en las llegadas en función de la franja horaria considerada).

Figura 1. Representación gráfica del sistema

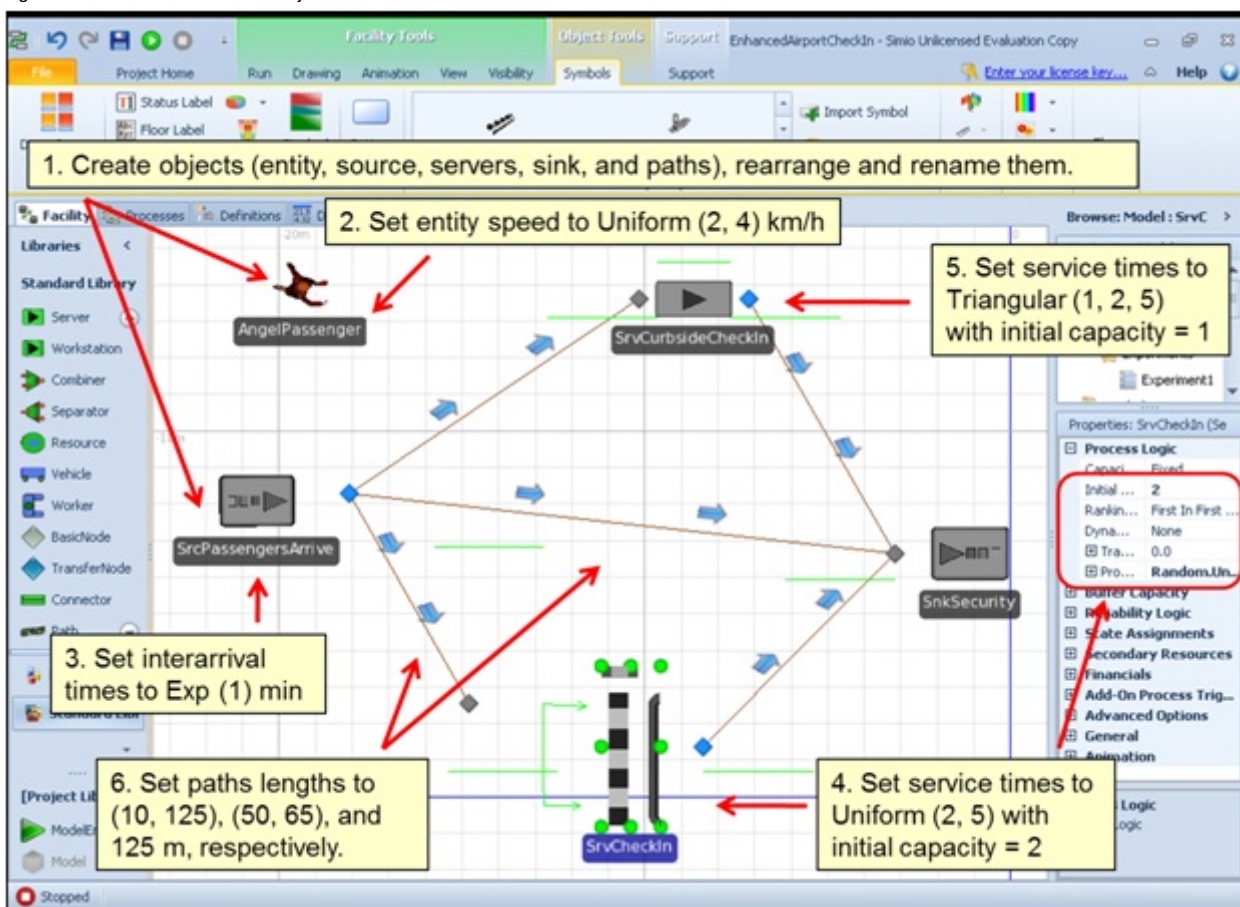


1.2. Creación del modelo - Objetos básicos

Los pasos para crear los objetos básicos del modelo son los siguientes (figura 2):

- 1) Crea, ordena, y renombra los objetos entidad, fuente, servidores, sumidero, y caminos.
- 2) Establece la velocidad de la entidad para que esta se comporte según una distribución uniforme (2, 4) km/h.
- 3) Establece los tiempos entre llegadas de entidades al sistema para que estos se comporten según una exponencial (1) minutos.
- 4) Establece los tiempos de servicio del mostrador principal de manera que estos se comporten según una uniforme (2, 5), con una capacidad inicial (número de agentes) de 2.
- 5) Establece los tiempos de servicio del mostrador lateral según una triangular (1, 2, 5), con una capacidad inicial de 1.
- 6) Establece las longitudes de los caminos a (10, 125), (50, 65), y 125 metros, respectivamente.

Figura 2. Creación del modelo - Objetos básicos



En el proceso de creación de los caminos se pueden definir fácilmente las probabilidades que determinan la selección de una ruta u otra. En la figura 3 se puede apreciar la definición de los pesos (probabilidades) para cada uno de los diferentes caminos del problema propuesto. En la figura 4 se puede apreciar la definición de la lógica de selección de la ruta a seguir, la cual está basada en los pesos indicados anteriormente.

Figura 3. Asignación de los pesos de cada camino

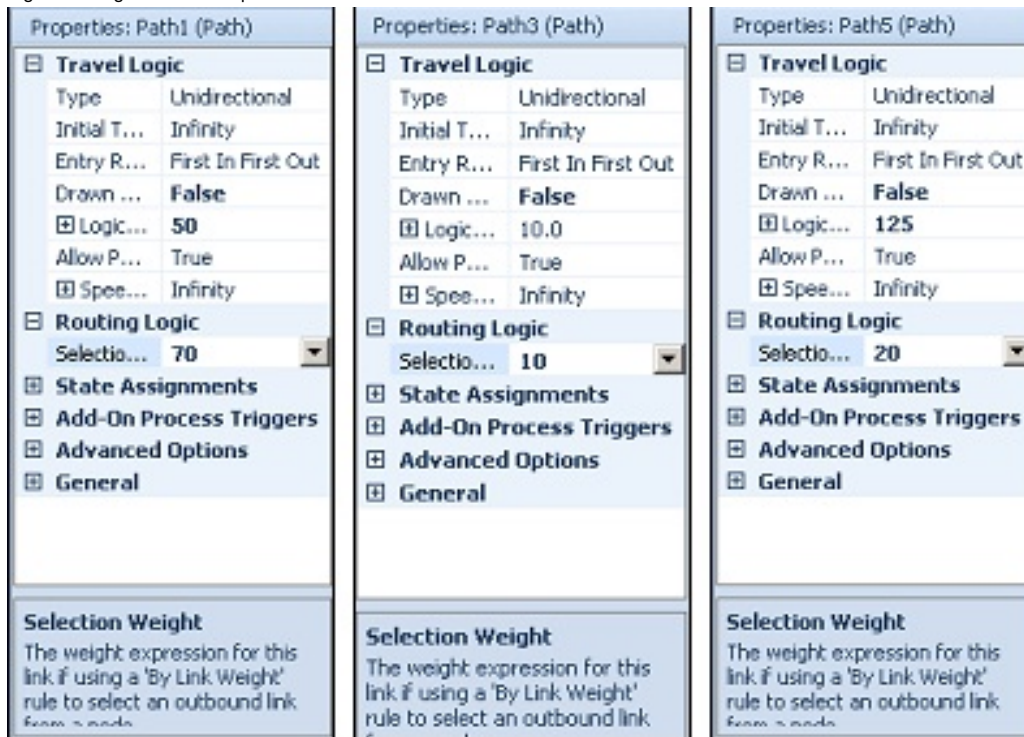
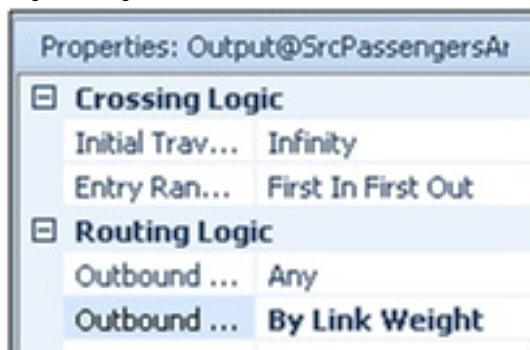


Figura 4. Asignación del criterio de enrutamiento



La llegada de los pasajeros se modela mediante una distribución exponencial, es decir, el número de llegadas por unidad de tiempo sigue una distribución de Poisson. Sin embargo, los pasajeros no llegan a un ritmo constante a lo largo de todo el día (estamos hablando de un proceso de Poisson no homogéneo). Es por ello por lo que para simplificar la definición del modelo nos podemos basar en datos definidos en una tabla y usar esos mismos datos en el modelo de simulación (figura 5).

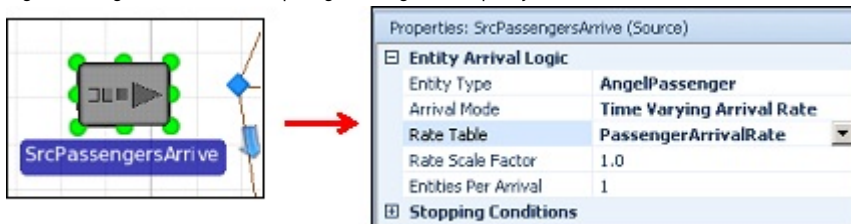
Figura 5. Tabla de frecuencias de llegadas

Starting Offset	Ending Offset	Rate (events per hour)
Day 1, 00:00:00	Day 1, 01:00:00	0
Day 1, 01:00:00	Day 1, 02:00:00	0
Day 1, 02:00:00	Day 1, 03:00:00	0
Day 1, 03:00:00	Day 1, 04:00:00	0
Day 1, 04:00:00	Day 1, 05:00:00	0
Day 1, 05:00:00	Day 1, 06:00:00	30
Day 1, 06:00:00	Day 1, 07:00:00	90
Day 1, 07:00:00	Day 1, 08:00:00	100
Day 1, 08:00:00	Day 1, 09:00:00	75
Day 1, 09:00:00	Day 1, 10:00:00	60
Day 1, 10:00:00	Day 1, 11:00:00	60
Day 1, 11:00:00	Day 1, 12:00:00	30
Day 1, 12:00:00	Day 1, 13:00:00	30
Day 1, 13:00:00	Day 1, 14:00:00	30
Day 1, 14:00:00	Day 1, 15:00:00	60
Day 1, 15:00:00	Day 1, 16:00:00	60
Day 1, 16:00:00	Day 1, 17:00:00	75
Day 1, 17:00:00	Day 1, 18:00:00	100
Day 1, 18:00:00	Day 1, 19:00:00	90
Day 1, 19:00:00	Day 1, 20:00:00	30
Day 1, 20:00:00	Day 1, 21:00:00	0

Para ello, seleccionamos la pestaña “Data” y creamos una nueva tabla, de nombre “PassengerArrivalRate”, que defina la tasa de llegadas. Como se muestra en la figura 5, podemos definir la siguiente frecuencia horaria durante un periodo de 24 horas: (0, 0, 0, 0, 0, 30, 90, 100, 75, 60, 60, 30, 30, 30, 60, 60, 75, 100, 90, 30, 0, 0, 0, 0).

En el generador de entidades (pasajeros), hemos de indicar que esta tabla es la que rige su funcionamiento, tal como se indica en la figura 6.

Figura 6. Asignación de la tabla que rige las llegadas de pasajeros

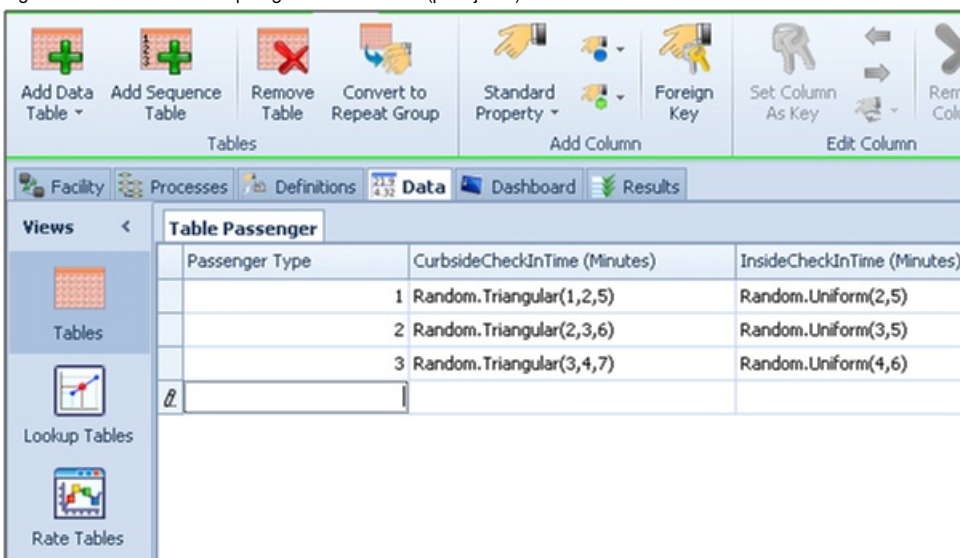


1.3. Creación del modelo - Entidades heterogéneas

En nuestro caso las entidades del modelo serán los pasajeros. Existen diferentes tipos de pasajeros, por ejemplo, los pasajeros de vuelos domésticos (33 %), pasajeros internacionales (33 %) y los pasajeros discapacitados (33 %). Cada uno de estos pasajeros tiene diferentes tiempos de proceso asociados.

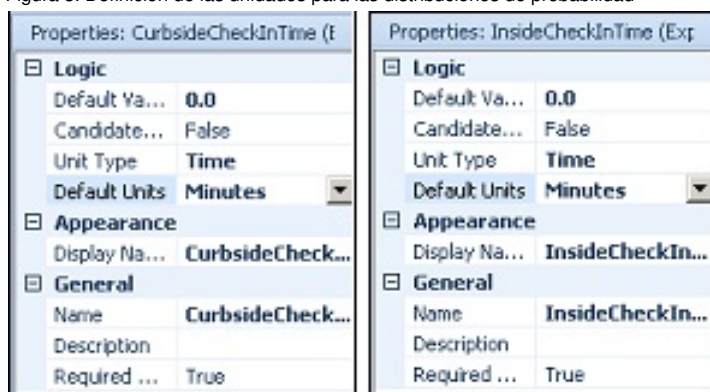
Lo primero que hay que hacer es definir los tipos de pasajeros en una tabla de datos. Para ello, seleccionamos la pestaña “Data” y creamos una nueva tabla de nombre “Passenger”. Luego, como se indica en la figura 7, usamos el botón de propiedades estándar para crear tres nuevas columnas, tipo de pasajero (entero), “CurbsideCheck-in Time” (expresión), e “InsideCheck-inTime” (expresión).

Figura 7. Definición de las tipologías de entidades (pasajeros)



Dado que las distribuciones de probabilidad nos las han dado en minutos, es importante definirlo en las ventanas de propiedades de cada una de estas distribuciones (figura 8).

Figura 8. Definición de las unidades para las distribuciones de probabilidad



Una vez definida la generación de cada una de las diferentes entidades del modelo, hemos de especificar las demoras asociadas a cada una de ellas. Para ello, primero hemos de indicar la tipología de cada uno de los pasajeros. Para poder especificar esta tipología, podemos seleccionar las propiedades de la entidad e indicar un 33 % para cada una de las tres tipologías existentes (figura 9).

Figura 9. Selección de la tipología de pasajeros



Tras determinar la llegada y la tipología de las entidades (pasajeros), es necesario especificar el tiempo de servicio en cada uno de los diferentes mostradores de facturación. Para ello, en la ventana de propiedades de cada uno de los dos mostradores seleccionamos el tiempo de proceso necesario, el cual previamente hemos definido en la tabla de datos (figura 10 y figura 11).

Figura 10. Definición del tiempo de facturación para el mostrador de la acera

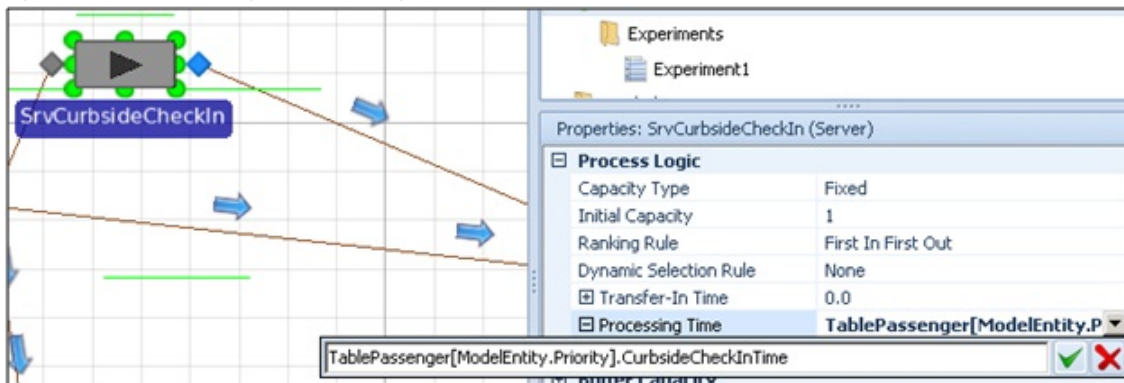
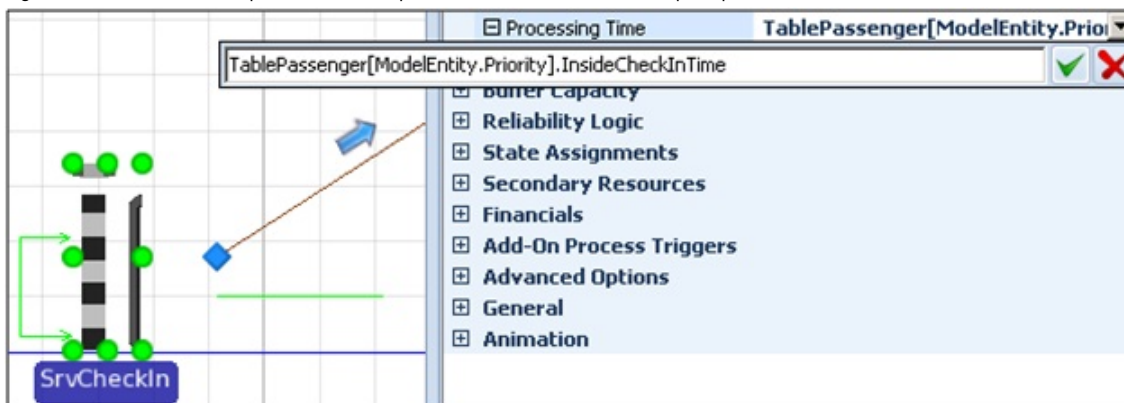


Figura 11. Definición del tiempo de facturación para el mostrador de facturación principal



En este punto podemos ya lanzar las primeras simulaciones para comprobar el comportamiento del sistema.

1.4. Ejecución del modelo

Lo primero que observaremos es una acumulación considerable de entidades en la cola de facturación del mostrador principal. Esto lo podemos observar visualmente (figura 12), o bien a través de los resultados estadísticos (figura 13).

Figura 12. Acumulación de pasajeros en el mostrador de facturación principal

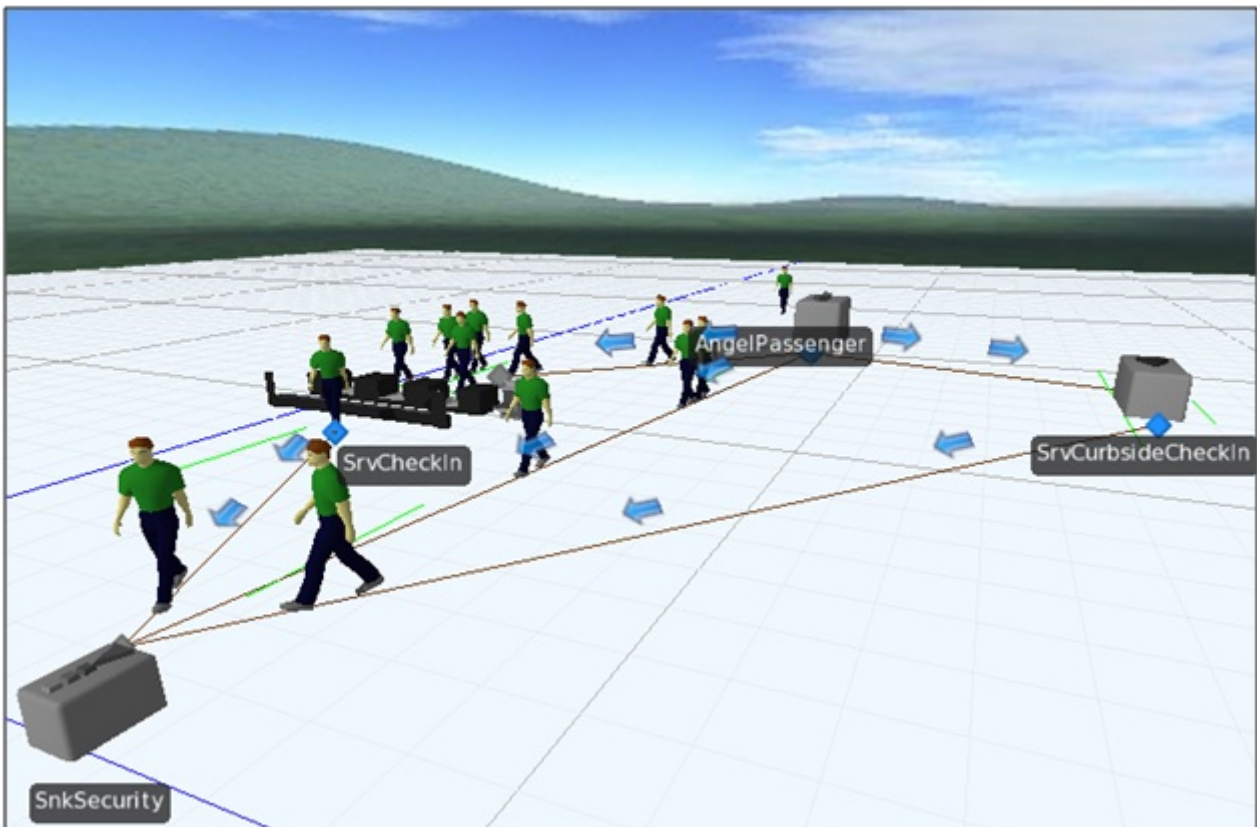


Figura 13. Tiempo medio de espera en los mostradores de facturación

SrvCheckIn	InputBuffer	Content	NumberInStation	Maximum	236.0000
		HoldingTime	TimeInStation	Average (Ho...	3.1275
				Maximum (Ho...	6.3314
				Minimum (Ho...	0.0000

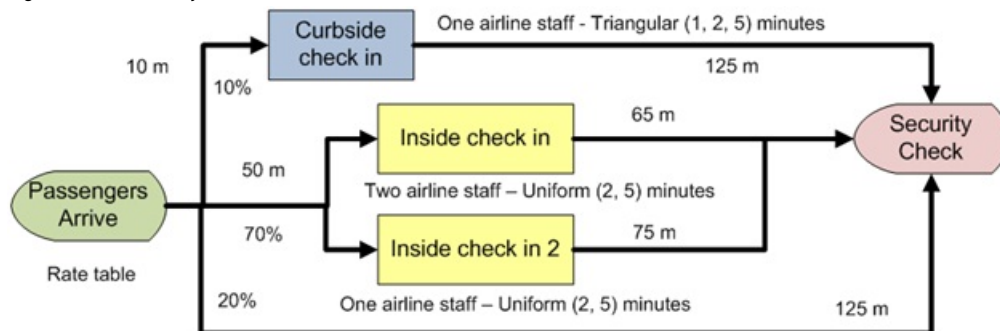
2. Sistema de facturación mejorado

Es evidente que el sistema descrito por el modelo anterior es mejorable, en este capítulo explicaremos cómo es posible hacerlo.

2.1. Rediseñando el sistema

A fin de mejorar el sistema, se propone añadir un segundo mostrador de facturación principal que se usará durante los periodos de hora punta (figura 14).

Figura 14. Modelo mejorado con un nuevo mostrador de facturación



Las hipótesis que rigen el comportamiento de este nuevo mostrador de facturación son: (a) los pasajeros escogerán el mostrador de facturación con menor número de elementos en cola; y (b) el segundo mostrador de facturación estará operativo únicamente de 10 a 18.

Para ello redefinimos el modelo de la siguiente forma:

- 1) Creando el segundo mostrador de facturación (figura 15).
- 2) Creando un nuevo camino de 75 metros que una el mostrador con el punto de seguridad.
- 3) Creando un nodo de transferencia y definiendo la regla de enrutamiento que permita a los pasajeros llegar al nuevo mostrador de facturación.
- 4) Creando un camino que conecte la fuente con el nodo de transferencia.
- 5) Creando un camino que conecte el nodo de transferencia con los mostradores de facturación.
- 6) Finalmente, hay que redefinir la lógica que permite seleccionar un mostrador u otro. Esto se hará en función del número de elementos en cada cola (figura 16).

Figura 15. Redefinición del modelo

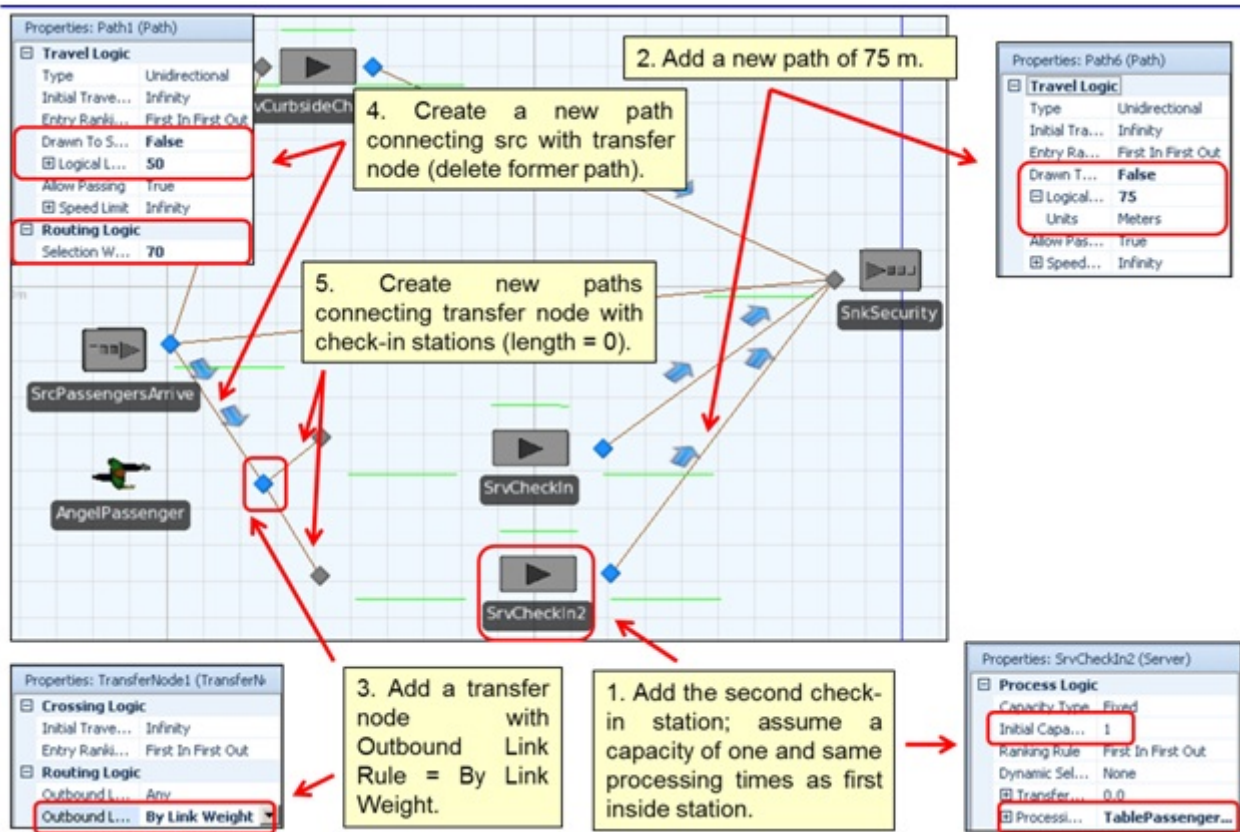
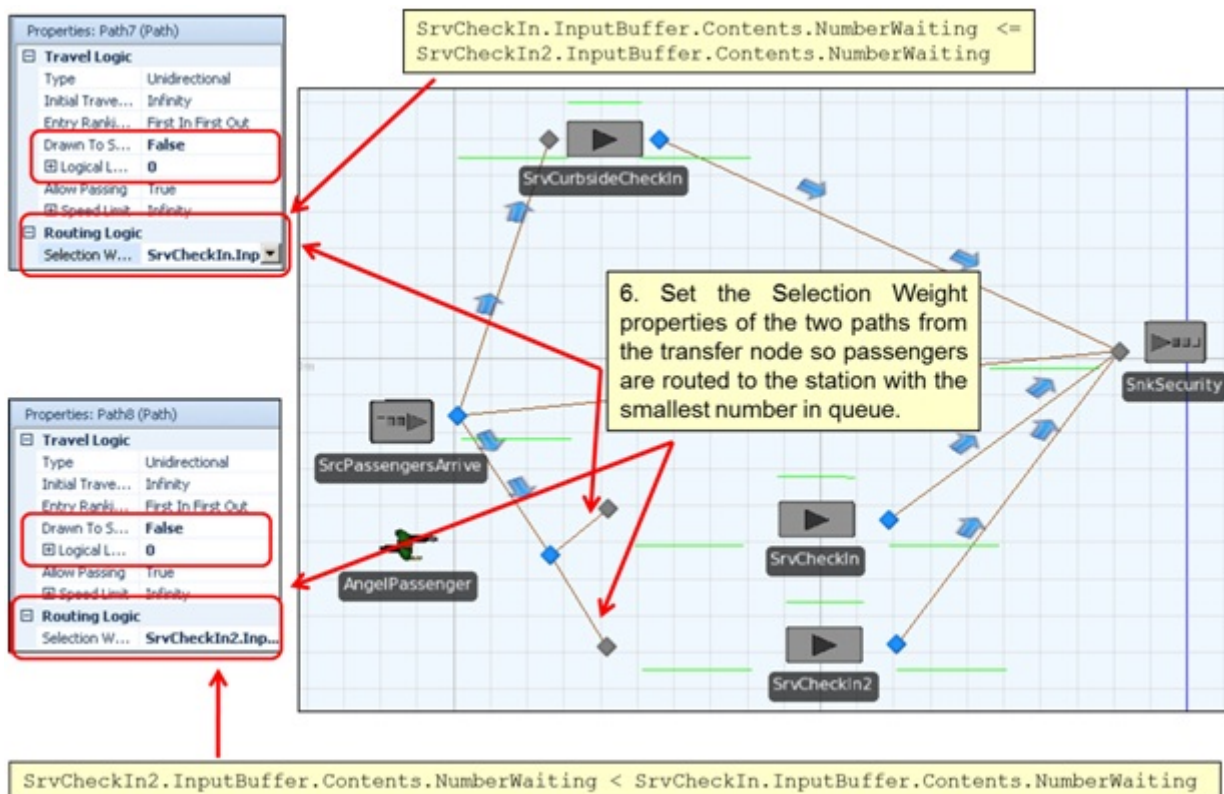


Figura 16. Redefinición de la lógica de selección del mostrador de facturación



Una vez ya tenemos el modelo redefinido con el nuevo mostrador de facturación, podemos volver a ejecutarlo para obtener nuevos resultados. Se puede observar en el nuevo modelo que las acumulaciones no son de la misma magnitud que en el modelo original (figura 17). Además, los pasajeros se distribuyen de forma homogénea por ambos mostradores. Un análisis de los resultados obtenidos (figura 18) permite ver claramente la mejora de la nueva alternativa propuesta.

Figura 17. Representación visual del modelo con el nuevo mostrador de facturación

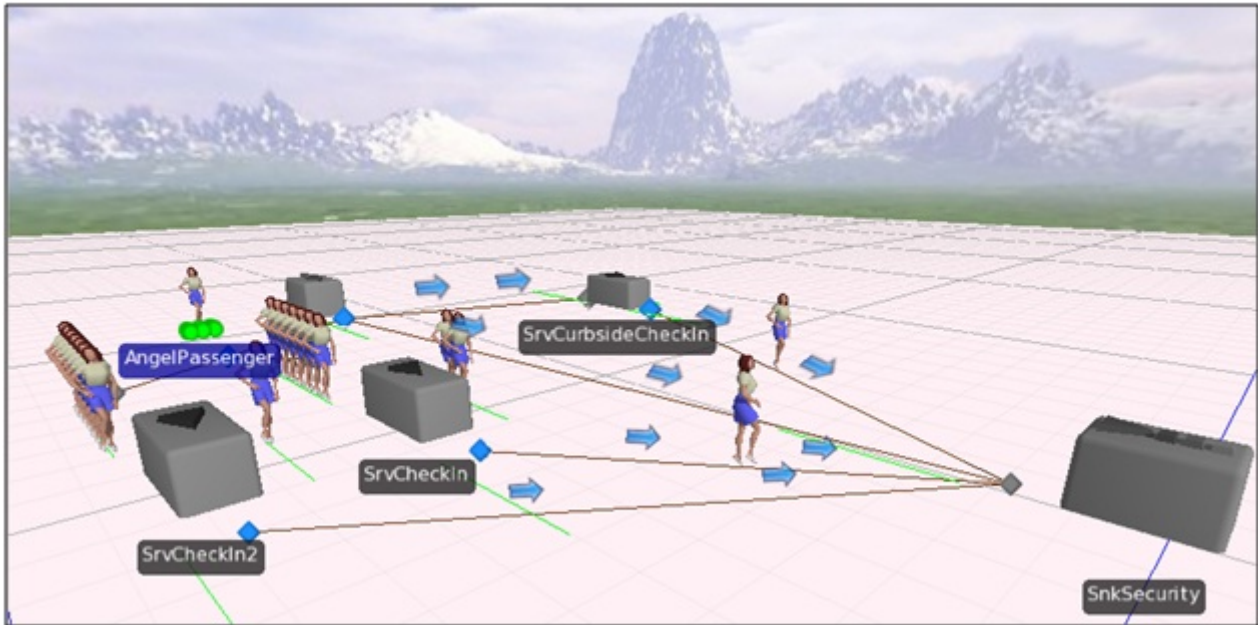


Figura 18. Tiempos de espera del modelo con el nuevo mostrador de facturación

SrvCheckIn2	InputBuffer	Content	NumberInStation	Average	8.2259
				Maximum	30.0000
		HoldingTime	TimeInStation	Average (Ho...)	0.9630
				Maximum (Ho...)	2.1526
				Minimum (Ho...)	0.0000

SrvCheckIn	InputBuffer	Content	NumberInStation	Average	8.0173
				Maximum	30.0000
		HoldingTime	TimeInStation	Average (Ho...)	0.4454
				Maximum (Ho...)	1.0843
				Minimum (Ho...)	0.0000

El modelo, no obstante, todavía no incorpora el horario que rige el comportamiento del nuevo mostrador de facturación. Es posible definir dicho horario a través de la pestaña “Schedules”, añadiendo un nuevo horario e indicando su tiempo de inicio, final, y duración (figura 19).

Figura 19. Definición del calendario de funcionamiento del nuevo mostrador de facturación

1. Set a new schedule (Data tab)

1a. In Data tab, click on Schedules > Work Schedules to create a new default schedule. Change its name to SecondCheckInStation.

1b. In the Day Patterns tab, specify the start time, duration, and the capacity value of the inside check.

Caution: creating a schedule takes several steps.

Una vez definido el horario hay que asociarlo al nuevo mostrador de facturación. Para ello, abrimos las propiedades del mostrador y en la sección “Process Logic” asociamos el calendario tal como se indica en la figura 20.

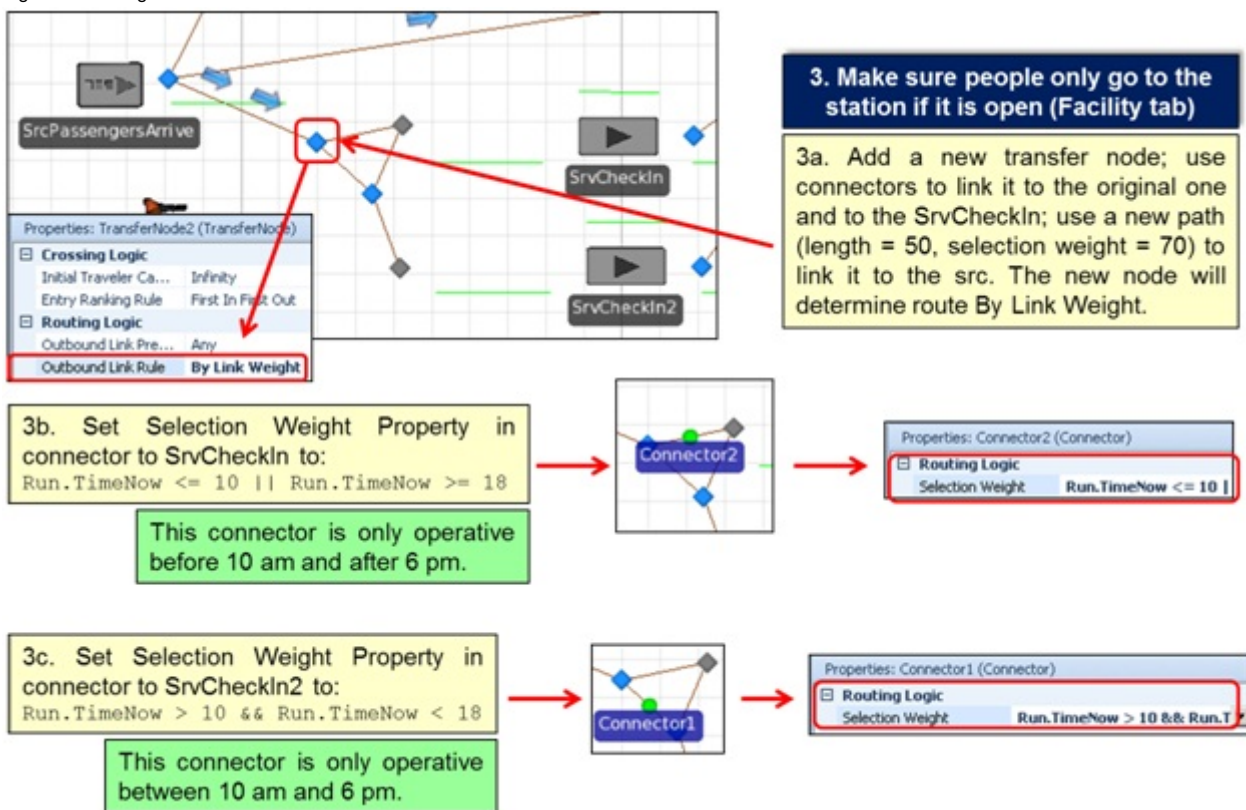
Figura 20. Asignación del calendario al segundo mostrador de facturación

2. Pass the schedule to the station (Facility tab)

Change the Capacity Type of SrvCheckIn2 to WorkSchedule and the Work Schedule to SecondCheckInStation.

Todos los pasos previos no son suficientes aún, dado que ahora podría haber pasajeros que intentaran usar un mostrador de facturación que no está operativo. Por ello, hay que modificar la lógica que rige el comportamiento de los caminos que permiten este enrutamiento, indicando que únicamente serán operativos cuando el mostrador esté operativo. La figura 21 muestra este proceso. El elemento clave (punto 3b de la figura) especifica que únicamente podremos seleccionar el conector si se cumple alguna de las siguientes condiciones: “Run.TimeNow <= 10” o “Run.TimeNow >= 18”. Análogamente, se configurará el otro camino para que esté activo entre las 10 de la mañana y las 6 de la tarde.

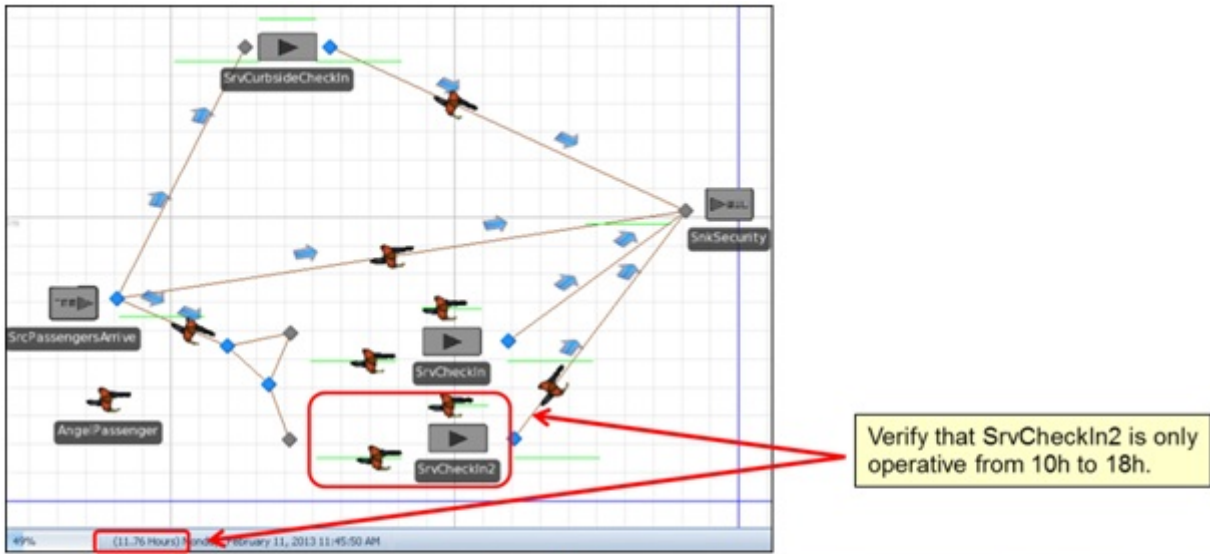
Figura 21. Configuración de los horarios de activación de cada camino



2.2. Ejecución del nuevo modelo

La figura 22 muestra los resultados obtenidos con este nuevo modelo. Es interesante notar cómo las entidades se desplazan respetando los horarios establecidos para cada mostrador, así como las diferencias de comportamiento y rendimiento con respecto a la versión inicial del sistema de facturación.

Figura 22. Ejecución del nuevo modelo con horarios de apertura y cierre



SrvCheckIn	InputBuffer	Content	NumberInStation	Average	33.1171
				Maximum	106.0000
		HoldingTime	TimeInStation	Average (Ho...	1.5833
				Maximum (Ho...	3.6994
SrvCheckIn2	InputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Ho...	1.5446
				Maximum (Ho...	2.6648
				Minimum (Ho...	0.0000
	Throughput	NumberEntered	Total		147.0000
		NumberExited	Total		115.0000

Actividades

A continuación se incluyen una serie de actividades que permitirán afianzar los conocimientos adquiridos en este módulo. Todas las actividades son optativas excepto las que indique el/la profesor/a de la asignatura.

1. Desarrolla tu propio modelo de Simio similar al de este módulo.
2. Mejora la animación de los modelos usando tanto la biblioteca estándar como el repositorio 3D de Google.
3. Compara los resultados de simulación obtenidos en diferentes escenarios: (a) con sólo una estación interna de *check-in*; (b) con dos estaciones internas; (c) con la segunda estación estando operativa de 10h a 18h; y (d) con la segunda estación estando operativa de 8h a 20h.
4. Escribe un breve informe resumiendo las actividades anteriores. El informe debe contener: (a) una introducción al sistema (incluyendo un diagrama de flujo), (b) una descripción de cómo se ha desarrollado el modelo (incluyendo imágenes), (c) una sección experimental, (d) una discusión de los resultados, y (e) una conclusión.

Bibliografía

Joines, J. A.; Roberts, S. D. (2012). *Simulation Modeling with SIMIO: A Workbook*. SIMIO LLC.

Kelton, D.; Sadowski, R.; Swets, N. (2009). *Simulation with Arena*. McGraw-Hill Science.

Kelton, W.; Smith, J.; Sturrock, D.; Verbraeck, A. (2010). *Simio and Simulation: Modeling, Analysis, Applications*. Learning Solutions.

Simio (2010). *Introduction to Simio*. <http://www.simio.com/about-simio/introduction-to-simio.htm>.

Winter Simulation Conference Archive. <http://informs-sim.org>.

