

MODELADO Y SIMULACIÓN

Septiembre de 2014

PREGUNTA 1 (3 puntos)

Se pretende estudiar mediante simulación el funcionamiento de la sección de una comisaría de policía dedicada a la expedición de pasaportes. A continuación, se describe el funcionamiento de dicha sección.

Los ciudadanos pueden hacer uso del sistema de *cita previa* a través de Internet o bien pueden acudir a la comisaría sin haber solicitado cita previa.

- *Llegada de ciudadanos con cita previa.* Se supone que transcurren exactamente 15 minutos entre las sucesivas llegadas de grupos de ciudadanos que han solicitado cita previa. Puesto que el horario de atención al público es de 8:00h a 20:00h, la llegada de ciudadanos con cita previa se produce en los instantes 8:00h, 8:15h, 8:30h, 8:45h, 9:00h, . . . , 19:00h, 19:15h, 19:30h y 19:45h. En cada uno de estos grupos, el número de ciudadanos a los que deberá expedirse pasaporte obedece a la distribución de probabilidad siguiente:

0 personas	-	probabilidad: 0.05
1 persona	-	probabilidad: 0.15
2 personas	-	probabilidad: 0.35
3 personas	-	probabilidad: 0.45

- *Llegada de ciudadanos sin cita previa.* Los ciudadanos sin cita previa acuden a la comisaría en instantes de tiempo aleatorios. Se supone que acuden en grupos y que el intervalo de tiempo entre llegadas sucesivas está distribuido exponencialmente, con media 20 minutos. En cada uno de estos grupos, el número de ciudadanos a los que deberá expedirse pasaporte obedece a la distribución de probabilidad siguiente:

- 1 persona - probabilidad: 0.50
- 2 personas - probabilidad: 0.30
- 3 personas - probabilidad: 0.15
- 4 personas - probabilidad: 0.04
- 5 personas - probabilidad: 0.01

Una vez en la sección de expedición de pasaportes, los ciudadanos esperan en una única cola con disciplina FIFO a que llegue su turno. No se realiza distinción alguna entre los ciudadanos que tenían cita previa y los que no. Es decir, los ciudadanos son atendidos en riguroso orden en llegada con independencia de que hayan solicitado o no cita previa.

Los pasaportes son expedidos por los funcionarios que trabajan en la comisaría. Cada funcionario trabaja independientemente de los demás, atendiendo a los ciudadanos de uno en uno de la forma siguiente: comienza a atender a un ciudadano, realiza el proceso completo de expedición del pasaporte de ese ciudadano y, una vez concluido dicho proceso, el ciudadano abandona la comisaría, quedando el funcionario en disposición de atender a un nuevo ciudadano (al situado en primera posición en la cola) o quedando libre (si la cola está vacía).

El tiempo necesario para la expedición del pasaporte está distribuido de manera triangular, con rango [10, 18] minutos y moda 15 minutos.

Como se ha indicado anteriormente, el horario de atención al público es de 8:00h a 20:00h. El número de funcionarios encargados de la realización de pasaportes varía en función de la hora del día, según se indica en la tabla mostrada a continuación.

Horario	Número de funcionarios
8:00h a 10:00h	4
10:00h a 14:00h	8
14:00h a 16:00h	4
16:00h a 18:00h	8
18:00h a 20:00h	4

El objetivo del estudio es doble. Por una parte, analizar el tiempo medio de espera de los ciudadanos en la cola. Por otra, analizar la utilización y la utilización planificada de los funcionarios. Para ello, se realizarán 100 réplicas independientes de la simulación, cada una de las cuales tendrá una duración de 12 horas.

Por favor, describa *detalladamente* cómo realizaría el modelo del sistema anterior usando Arena. En particular, dibuje el diagrama de módulos e indique qué parámetros del comportamiento del sistema deben definirse en cada módulo.

Solución a la Pregunta 1

El diagrama de módulos del modelo se muestra en la Figura 1.1. La descripción de los dos procesos de llegada se muestra en las Figuras 1.2 y 1.3. La definición del módulo *Process* que describe el proceso de expedición de los pasaportes de muestra en la Figura 1.4. La capacidad del recurso se planifica según se muestra en la Figura 1.5.

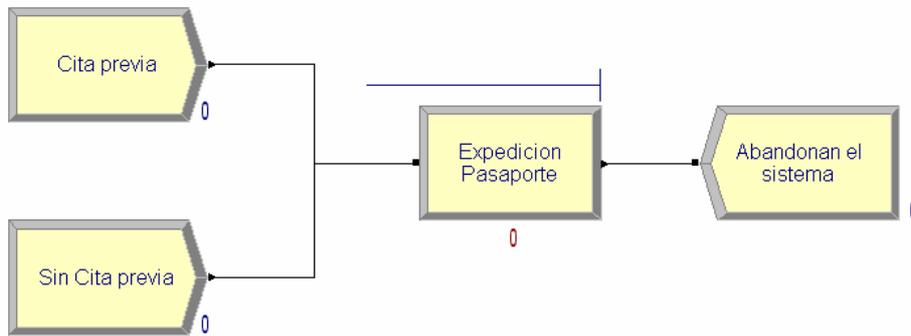


Figura 1.1: Diagrama de módulos.

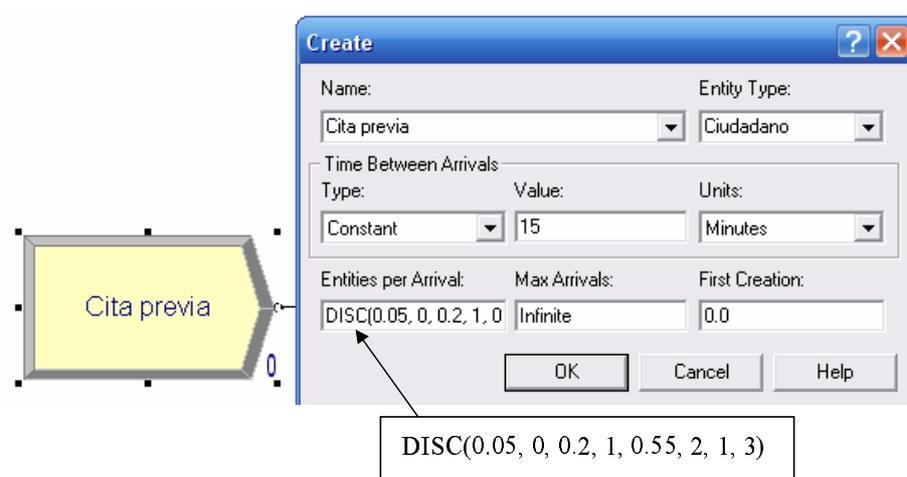


Figura 1.2: Proceso de llegada de ciudadanos con cita previa.

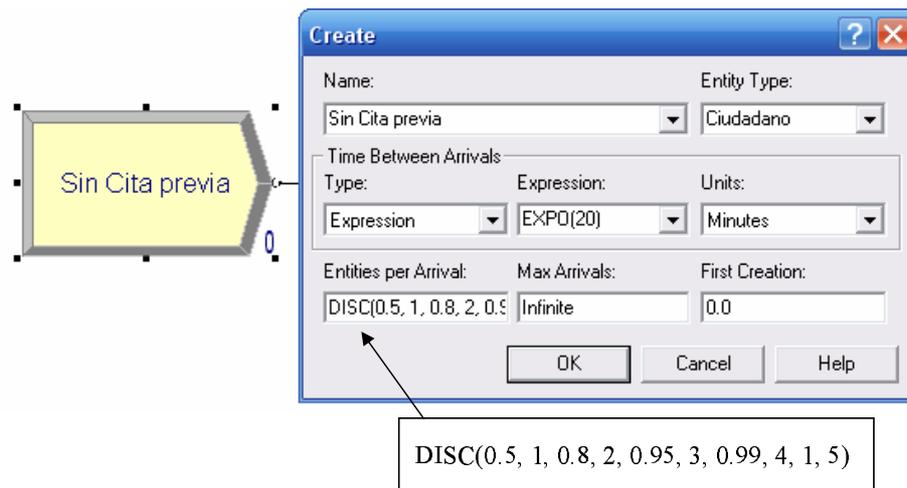


Figura 1.3: Proceso de llegada de ciudadanos sin cita previa.

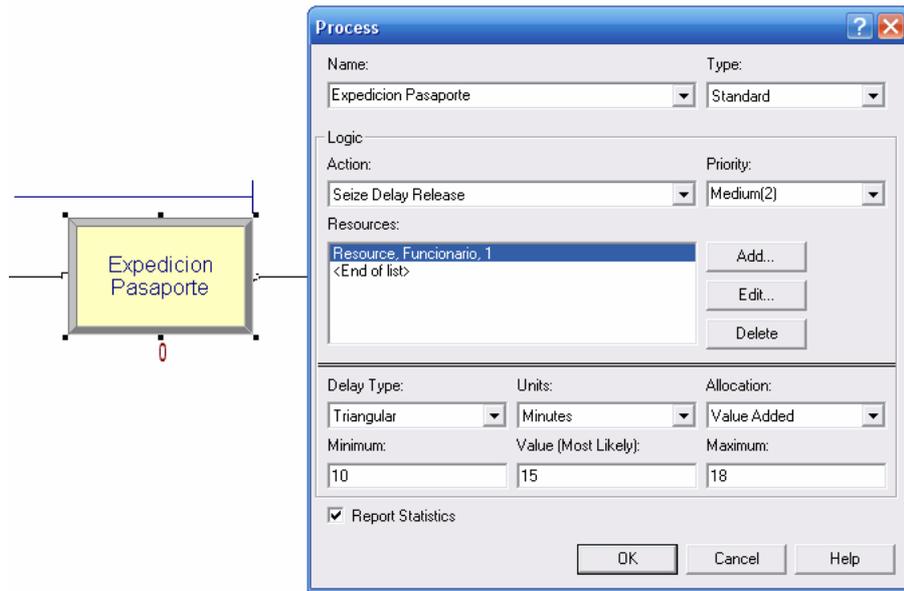


Figura 1.4: Proceso de expedición de pasaportes.

Resource - Basic Process										
	Name	Type	Schedule Name	Schedule Rule	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet	Failures	Report St
1	Funcionario	Based on Schedule	turnosFuncionario	Ignore	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Schedule - Basic Process						
	Name	Format Type	Type	Time Units	Scale Factor	Durations
1	turnosFuncionarios	Duration	Capacity	Hours	1.0	5 rows

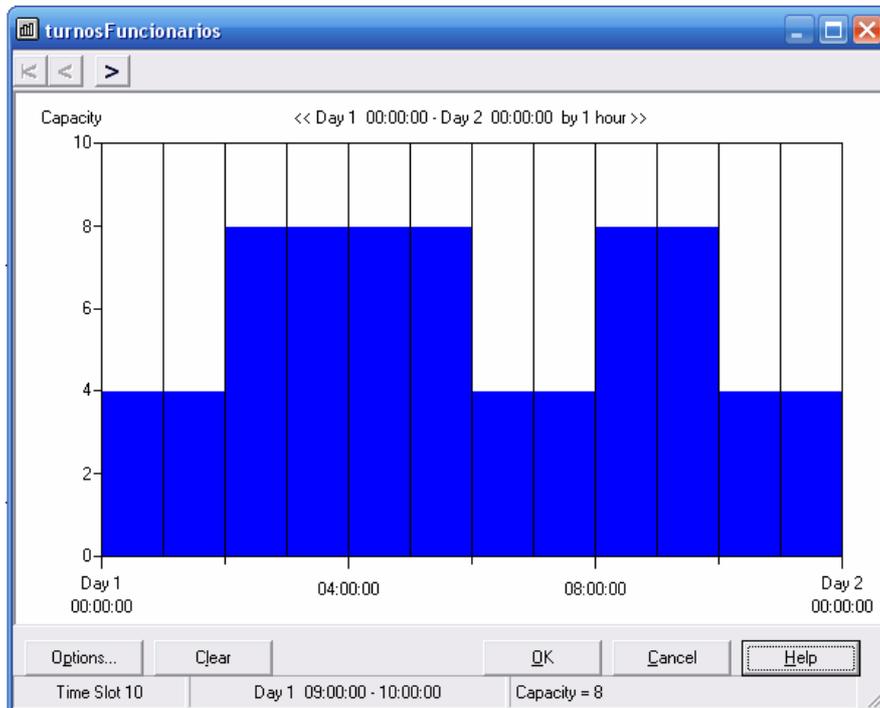


Figura 1.5: Planificación de la capacidad del proceso de expedición de pasaportes.

PREGUNTA 2 (2 puntos)

- 2.a) (1 punto) Explique de manera razonada si alguno de los dos procesos de llegada de ciudadanos (con cita previa y sin cita previa) descritos en la Pregunta 1 es un *proceso de Poisson compuesto*.
- 2.b) (1 punto) Explique de manera razonada cómo simular el *proceso de llegada de los ciudadanos sin cita previa* descrito en la Pregunta 1. Es decir, cómo obtener los instantes de llegada y el número de ciudadanos que llega en cada uno de ellos.

Solución a la Pregunta 2

Véanse las Secciones 4.9 y 5.7 del texto base.

PREGUNTA 3 (2 puntos)

Explique detalladamente en qué consiste cada uno de los dos diseños experimentales siguientes, ponga un ejemplo en cada caso basándose en el sistema descrito en el enunciado de la Pregunta 1 (sección de una comisaría dedicada a la expedición de pasaportes) e indique cómo analizaría en cada caso los efectos principales.

- 3.a) (1 punto) Diseño factorial 2^3 .
- 3.b) (1 punto) Diseño factorial fraccional 2^{4-1} .

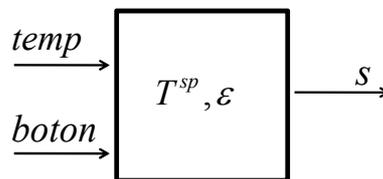
Solución a la Pregunta 3

Véanse las Secciones 7.3 y 7.4 del texto base.

PREGUNTA 4 (3 puntos)

Describa, empleando el formalismo DEVS clásico, el modelo del sistema climatizador descrito a continuación. La finalidad del sistema es calentar o enfriar una habitación, según sea necesario, de modo que la temperatura de la habitación se mantenga próxima a cierto valor de consigna, T^{sp} .

La interfaz del sistema se muestra en la figura. Está compuesta por dos puertos de entrada ($temp$, $boton$) y un puerto de salida (s). Tal como se explicará más adelante, el valor de los parámetros T^{sp} y ε influye en que el climatizador funcione como calefactor, como refrigerador o esté en reposo.

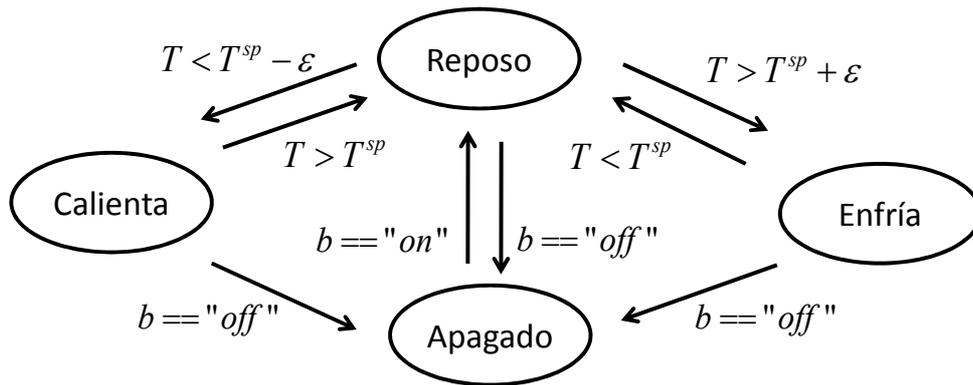


Los eventos de entrada llegan al sistema de uno en uno, es decir, no hay eventos de entrada simultáneos.

- Al puerto $temp$ llegan eventos cuyo valor es la temperatura actual de la habitación. Estos eventos pueden tomar valores reales positivos.
- Al puerto $boton$ llegan eventos con valor “on” u “off”, que representan que el usuario ha apretado el botón de encendido o apagado del climatizador, respectivamente.
- Los eventos transmitidos a través del puerto de salida s pueden tener tres posibles valores: $\{-1, 0, 1\}$.

El sistema puede encontrarse en las cuatro fases siguientes: Apagado, Reposo, Calienta, Enfría.

Las condiciones de transición de una fase a otra se muestran en la figura, donde T y b representan el valor del evento recibido en el puerto $temp$ y $boton$, respectivamente. De satisfacerse la condición de transición, ésta se produce en el instante en que se recibe el evento de entrada.



Se genera un evento de salida a través del puerto s en el instante en que se produce un cambio en la fase del sistema. El valor del evento depende de la nueva fase:

Nueva fase	Valor del evento
Calienta	1
Enfría	-1
Reposo	0
Apagado	0

Puede realizar las hipótesis adicionales que estime oportunas, siempre que estén en consonancia con la descripción anterior del sistema.

Solución a la Pregunta 4

La descripción DEVS clásico del sistema se muestra en la Tabla 1.1. El estado del sistema puede definirse mediante dos variables de estado: (fase, σ).

- La variable de estado fase puede tomar cuatro valores: { "Apagado", "Reposo", "Calienta", "Enfría" }.
- La variable σ almacena el tiempo que transcurrirá hasta la siguiente transición interna en ausencia de eventos externos. Puede tomar valores reales positivos, incluido el cero e infinito.

Tabla 1.1: Modelo DEVS de la Pregunta 4.

Nombre del modelo	Ejercicio_4
Parámetros	$T^{sp} \in \mathbb{R}^+$ $\varepsilon \in \mathbb{R}^+$
X	(temp, \mathbb{R}^+), (boton, {"on", "off"})
Y	(s, {-1,0,1})
VARIABLES DE ESTADO	fase \in {"Apagado", "Reposo", "Calienta", "Enfria" } $\sigma \in \mathbb{R}_{0,\infty}^+$
$\delta_{int} : S \rightarrow S$	return (fase, ∞);
$\delta_{ext} : Q \times X \rightarrow S$	<pre> if (dato(boton) \neq \emptyset) { if (dato(boton)=="off" and fase \neq "Apagado") return ("Apagado", 0); if (dato(boton)=="on" and fase == "Apagado") return ("Reposo", 0); return (fase, $\sigma - e$); } else { if (dato(temp) > T^{sp} and fase=="Calienta" or dato(temp) < T^{sp} and fase=="Enfria") return ("Reposo", 0); if (dato(temp) < $T^{sp} - \varepsilon$ and fase=="Reposo") return ("Calienta", 0); if (dato(temp) > $T^{sp} + \varepsilon$ and fase=="Reposo") return ("Enfria", 0); return (fase, $\sigma - e$); } </pre>
$\lambda : S \rightarrow Y$	<pre> if (fase == "Calienta") { return (s, 1); } else if (fase == "Enfria") { return (s, -1); } else { return (s, 0); } </pre>
$ta : S \rightarrow \mathbb{R}_{0,\infty}^+$	return σ ;