

# MODELADO Y SIMULACIÓN

Febrero de 2015 - Segunda semana

## PREGUNTA 1 (3 puntos)

Se pretende estudiar mediante simulación el funcionamiento de una estación de Inspección Técnica de Vehículos (ITV) de tipo turismo. El funcionamiento del sistema se modela de la forma descrita a continuación.

Los vehículos llegan de uno en uno a la estación de ITV. El intervalo de tiempo entre llegadas sucesivas de vehículos está distribuido exponencialmente, con media 10 minutos.

Al llegar, el cliente pasa conduciendo su vehículo a través de la puerta de entrada a la estación, en la que está situada una caseta para el pago de la ITV. El cliente realiza el pago sin bajar del coche, a través de la ventanilla del mismo. Se estima que el tiempo necesario para realizar el pago está distribuido triangularmente, con rango  $[2, 5]$  minutos y moda 3 minutos.

Una vez realizado el pago, el cliente conduce su vehículo hasta una de las dos líneas de inspección de que dispone la estación de ITV. En lo sucesivo, estas líneas se llamarán Línea 1 y Línea 2 respectivamente. El tiempo necesario para ir desde la entrada de la estación hasta el comienzo de cualquiera de las líneas de inspección es despreciable.

El 40 % de los clientes se dirige a la Línea 1, mientras que el 60 % restante va a la Línea 2. En la línea de inspección es donde se realizan al vehículo las tres revisiones de que consta la ITV. En todo momento, el cliente va dentro de su vehículo siguiendo las instrucciones de los operarios que realizan la inspección.

El funcionamiento de las dos líneas de inspección se modela de la misma forma. Se supone que las dos líneas funcionan independientemente la una de la otra.

En cada línea de inspección se realizan consecutivamente las tres revisiones descritas a continuación.

1. **Revisión 1.** En primer lugar, se comprueba el número de bastidor del vehículo, y se revisa el funcionamiento de sus lámparas, del claxon, del limpiaparabrisas y de los cinturones de seguridad. El tiempo necesario para realizar este conjunto de revisiones está distribuido normal, con media 4 minutos y desviación estándar 1 minuto.
2. **Revisión 2.** A continuación, se realizan al vehículo las pruebas de frenado y de emisión de gases. El tiempo requerido para realizar el conjunto de ellas está distribuido normal, con media 5 minutos y desviación estándar 1 minuto.
3. **Revisión 3.** Finalmente, se inspecciona en un foso la parte baja del vehículo y se le realizan pruebas para determinar si la dirección funciona adecuadamente. El tiempo requerido para todo ello está distribuido normal, con media 10 minutos y desviación estándar 2 minutos.

Cada línea de inspección está atendida por dos operarios, uno de Tipo A y otro de Tipo B. El operario de Tipo A realiza la Revisión 1 y la Revisión 2. El operario de Tipo B realiza la Revisión 3.

La forma de operación de cada línea de inspección es la siguiente:

1. Frente al proceso Revisión 1 se forma una cola con disciplina FIFO, que es atendida por el operario Tipo A. Este operario realiza consecutivamente la Revisión 1 y la Revisión 2. Hasta que el operario no ha completado las dos revisiones de un vehículo no comienza a atender al vehículo siguiente. El tiempo requerido para ir desde el punto donde se realiza la revisión 1 hasta el punto en el que se realiza la revisión 2 es despreciable.
2. Frente al proceso Revisión 3 se forma una cola con disciplina FIFO, que es atendida por el operario Tipo B. Se supone que el tiempo necesario para que un vehículo vaya desde el puesto donde se realiza la Revisión 2 hasta el puesto donde se realiza la Revisión 3 es despreciable.

Cuando finaliza la Revisión 3 de un vehículo, éste abandona la línea de inspección y se dirige a un parking, donde el conductor deja el coche aparcado para dirigirse a pie a la oficina donde se le entregará el informe de la inspección. Emplean el

mismo parking y se dirigen a la misma oficina los clientes que han pasado por cualquiera de las dos líneas de inspección. Se supone que el tiempo necesario para ir desde cualquiera de las líneas hasta el parking, aparcar y, posteriormente, ir desde el parking hasta la oficina, es despreciable.

La oficina dispone de dos ventanillas. Frente a ambas se forma una única cola con disciplina FIFO. Cada una de las ventanillas está atendida por un empleado. El tiempo necesario para que cualquiera de los empleados atienda a un cliente está distribuido triangularmente, con rango [3, 10] minutos y moda 5 minutos.

Una vez finalizada la atención a un cliente en la oficina, éste regresa al parking y abandona, conduciendo su vehículo, la estación de ITV.

Describa *detalladamente* cómo realizaría el modelo del sistema descrito anteriormente 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

En la Figura 1.1 se muestra el diagrama de módulos del modelo y en la Figura 1.2 la ventana de configuración del módulo Create que describe la llegada de vehículos a la estación de ITV. Existe un único tipo de entidad en el modelo: el "vehículo".

El proceso de pago es descrito mediante el módulo Process llamado "Pagar". En la Figura 1.3 se muestra cómo se ha definido el módulo. El recurso del proceso se ha denominado "cobrador". La entidad captura una unidad del recurso. A su vez, la capacidad del recurso es uno. Esto último se define en la columna Capacity del módulo de datos Resource (véase la Figura 1.8).

Los módulos de la Línea 1 que describen las revisiones 1 y 2 se muestran en las Figuras 1.4 y 1.5. Las acciones de la primera revisión son Seize - Delay. La entidad abandona el módulo con el recurso capturado. Las acciones en la segunda revisión son Delay - Release. En este segundo módulo la entidad libera la unidad del recurso que había capturado en el anterior. El recurso se denomina "empleadoLinea1\_pasos1y2". Su capacidad es igual a uno (véase la Figura 1.8).

El módulo Process que describe la revisión 3 en la Línea 1 se muestra en la Figura 1.6. El recurso del proceso se ha denominado "empleadoLinea1\_Paso3".

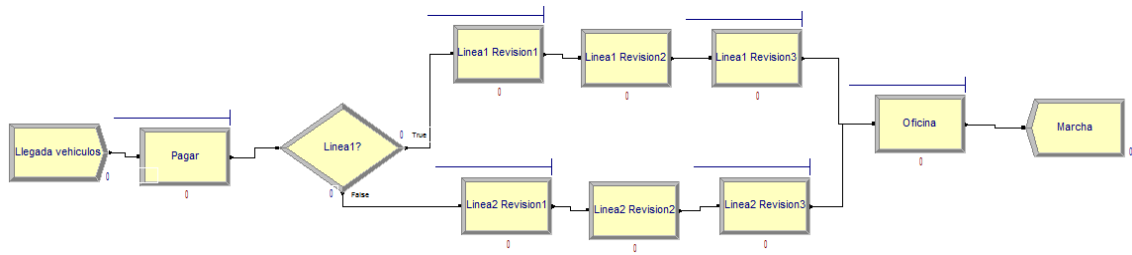


Figura 1.1: Diagrama de módulos del proceso.

La ventana 'Create' muestra los parámetros de configuración para el proceso de llegada de vehículos. El nombre del proceso es 'Llegada vehiculos' y el tipo de entidad es 'vehiculo'. El tiempo entre llegadas está configurado como 'Random (Expo)' con un valor de 10 minutos. Se permiten 1 entidad por llegada, con un máximo de llegadas infinito y una primera creación a 0.0. Las opciones 'OK', 'Cancel' y 'Help' están disponibles al final.

Figura 1.2: Proceso de llegada de los vehículos.

La ventana 'Process' muestra los parámetros de configuración para el proceso de pago. El nombre del proceso es 'Pagar' y el tipo es 'Standard'. La lógica de acción está configurada como 'Seize Delay Release' con una prioridad de 'Medium(2)'. Se ha asignado el recurso 'Resource, cobrador, 1'. El tipo de retraso es 'Triangular' con unidades en minutos y una asignación de 'Value Added'. Los valores de configuración son: Mínimo: 2, Valor (Más Probable): 3, Máximo: 5. La opción 'Report Statistics' está marcada. Las opciones 'OK', 'Cancel' y 'Help' están disponibles al final.

Figura 1.3: Proceso de pago.

The screenshot shows a 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name:** Linea1 Revision1
- Type:** Standard
- Logic:**
  - Action:** Seize Delay
  - Priority:** Medium(2)
  - Resources:** Resource, empleadoLinea1\_Pasos1y2, 1
- Delay Type:** Normal
- Units:** Minutes
- Allocation:** Value Added
- Value (Mean):** 4
- Std Dev:** 1
- Report Statistics

Figura 1.4: Revisión 1 en la Línea 1.

The screenshot shows a 'Process' dialog box with the following configuration:

- Name:** Linea1 Revision2
- Type:** Standard
- Logic:**
  - Action:** Delay Release
  - Resources:** Resource, empleadoLinea1\_Pasos1y2, 1
- Delay Type:** Normal
- Units:** Minutes
- Allocation:** Value Added
- Value (Mean):** 5
- Std Dev:** 1
- Report Statistics

Figura 1.5: Revisión 2 en la Línea 1.

La definición de los módulos que describen la operación en la Línea 2 es completamente análoga.

En la Figura 1.7 se muestra la definición del módulo que describe el funcionamiento de la oficina. La capacidad del recurso “oficinista” es dos. Esto se define en el módulo de datos Resource, el cual se muestra en la Figura 1.8.

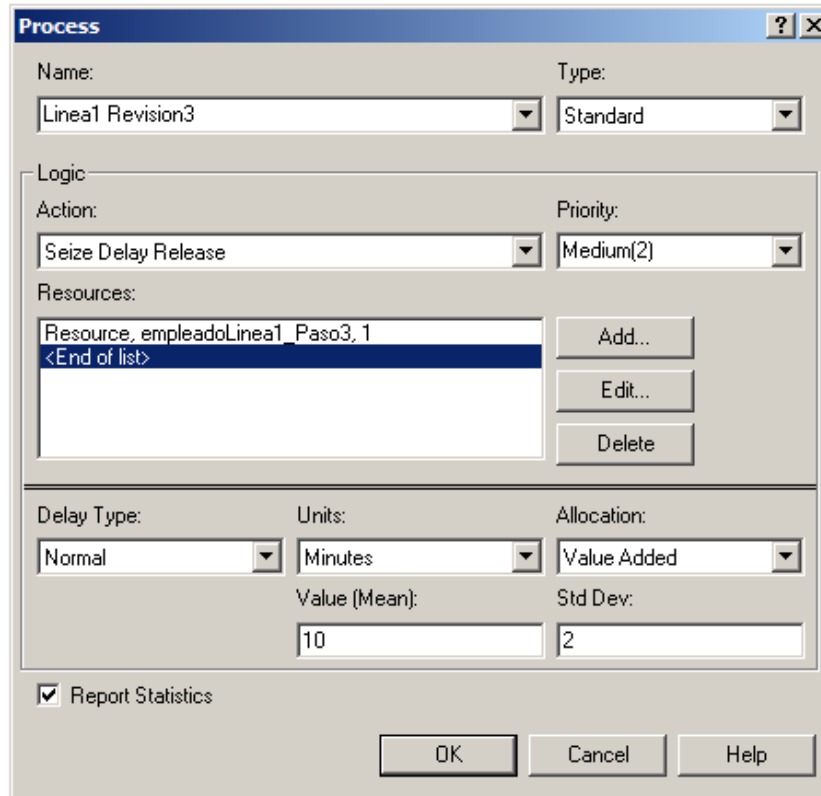


Figura 1.6: Revisión 3 en la Línea 1.

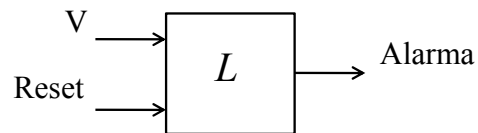
Figura 1.7: Proceso en la oficina.

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	State Set Name	Failures	Report Statistics
1	cobrador	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2	empleadoLinea1_Pasos1y2	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
3	empleadoLinea1_Paso3	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
4	empleadoLinea2_Pasos1y2	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
5	empleadoLinea2_Paso3	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
6	oficinista	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 1.8: Módulo de datos Resource.

**PREGUNTA 2** (3 puntos)

Empleando el formalismo DEVS clásico, describa el siguiente modelo de una grúa que se desplaza sobre un carril. Como se muestra en la figura, el modelo tiene dos puertos de entrada ( $V$ , Reset), un puerto de salida (Alarma) y un parámetro ( $L$ ).



El parámetro  $L$  puede tomar valores reales positivos. Los valores recibidos en el puerto  $V$  son números reales. En el puerto Reset se recibe el valor “reset”.

La velocidad de la grúa sólo puede cambiar en el instante en que se recibe un evento en alguno de los puertos de entrada:

- La recepción de un número real en el puerto  $V$  produce un cambio instantáneo en la velocidad de la grúa: el nuevo valor de la velocidad de la grúa es igual al valor recibido.
- Cuando se recibe un evento en el puerto Reset, la posición y velocidad de la grúa pasan instantáneamente a valer cero. La grúa comenzará nuevamente a moverse cuando se reciba un valor diferente de cero en el puerto de entrada  $V$ .

Sea  $x$  la posición de la grúa. Cada vez que la posición de la grúa sale del intervalo  $[-L, L]$ , el modelo envía un evento a través del puerto Alarma. Los eventos enviados tienen dos posibles valores:  $\{-1, +1\}$ .

- Cuando la posición de la grúa se hace mayor que  $L$ , se envía el valor  $+1$ .
- Cuando la posición de la grúa se hace menor que  $-L$ , se envía el valor  $-1$ .

Al comienzo de la simulación la grúa se encuentra en reposo en la posición  $x = 0$ .

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



## Solución a la Pregunta 2

La descripción DEVS clásico del sistema se muestra en la Tabla 1.1. Obsérvese que el estado del sistema puede definirse mediante las variables de estado siguientes:  $(\sigma, x, v)$ . El significado de estas variables es el siguiente:

- La variable  $\sigma$  almacena el tiempo que transcurrirá hasta la siguiente transición interna en ausencia de eventos externos. Puede tomar valores reales positivos, incluido el cero.
- La variable  $x$  almacena la posición en la que se encuentra la grua en el instante en el cual se produjo el último evento. Puede tomar valores reales.
- La variable  $v$  almacena el valor del último evento recibido en el puerto V. Puede tomar valores reales.

La transición interna se produce cuando la grua pasa por la posición  $x = L$  con velocidad positiva y cuando pasa por la posición  $x = -L$  con velocidad negativa. En el primer caso se envía el valor  $+1$  a través de puerto de salida y en el segundo el valor  $-1$ .

En el cuerpo de la función de transición externa se define una variable local llamada  $x_{\text{new}}$ , que almacena la posición en la que se encuentra la grua en el instante en que se ejecuta la función. Dicha posición se calcula sumando dos términos: la posición de la grua cuando se recibió el anterior evento y la distancia recorrida desde aquel instante.

Tabla 1.1: Modelo DEVS de la Pregunta 2.

Nombre del modelo	Ejercicio_2
Parámetros	$L \in \mathbb{R}^+$ ;
$X$	$(\mathbb{V}, \mathbb{R}),$ $(\text{Reset}, \{\text{"reset"}\})$
$Y$	$(\text{Alarma}, \{-1, 1\})$
VARIABLES DE ESTADO	$\sigma \in \mathbb{R}_{0,\infty}^+$ ; $x \in \mathbb{R};$ $v \in \mathbb{R};$
$\delta_{int} : S \rightarrow S$	<b>return</b> $(\infty, x + v \cdot \sigma, v);$
$\delta_{ext} : Q \times X \rightarrow S$	<b>if</b> $(\text{dato}(\text{Reset}) \neq \emptyset) \{$ <b>return</b> $(\infty, 0, 0);$ } $x_{\text{new}} \in \mathbb{R};$ $x_{\text{new}} = x + v \cdot e;$ <b>if</b> $(\text{dato}(\mathbb{V}) > 0 \text{ and } x_{\text{new}} \leq L) \{$ <b>return</b> $(\frac{L-x_{\text{new}}}{\text{dato}(\mathbb{V})}, x_{\text{new}}, \text{dato}(\mathbb{V}));$ } <b>if</b> $(\text{dato}(\mathbb{V}) < 0 \text{ and } x_{\text{new}} \geq -L) \{$ <b>return</b> $(-\frac{L+x_{\text{new}}}{\text{dato}(\mathbb{V})}, x_{\text{new}}, \text{dato}(\mathbb{V}));$ } <b>return</b> $(\infty, x_{\text{new}}, \text{dato}(\mathbb{V}));$
$\lambda : S \rightarrow Y$	<b>if</b> $(v > 0) \{$ <b>return</b> $(\text{Alarma}, 1);$ } <b>else</b> { <b>return</b> $(\text{Alarma}, -1);$ }
$ta : S \rightarrow \mathbb{R}_{0,\infty}^+$	<b>return</b> $\sigma;$

**PREGUNTA 3** (1.5 puntos)

- 3.a** (0.5 puntos) Explique detalladamente qué aplicación tienen los histogramas en el modelado de las entradas aleatorias al modelo.
- 3.b** (1 punto) Explique detalladamente cómo se dibuja el histograma de una variable aleatoria continua a partir de un conjunto de datos experimentales,  $x_1, \dots, x_n$ . Ponga un ejemplo de ello.

**Solución a la Pregunta 3**

Véase la Sección 4.5.3 del texto base.

**PREGUNTA 4** (2.5 puntos)

- 4.a** (0.5 puntos) Explique detalladamente qué es un Generador Congruencial Lineal (GCL) de números pseudoaleatorios y cómo se genera una secuencia de números pseudoaleatorios empleando este tipo de generador. Ponga un ejemplo.
- 4.b** (0.5 puntos) Explique detalladamente la diferencia entre un GCL mixto y un GCL multiplicativo. Ponga un ejemplo de cada tipo de generador.
- 4.c** (0.5 puntos) Explique detalladamente qué es el periodo de un GCL. Ponga un ejemplo.
- 4.d** (0.5 puntos) Explique detalladamente qué significa que un GCL tiene periodo completo.
- 4.e** (0.5 puntos) Explique detalladamente qué condiciones debe satisfacer un GCL para tener periodo completo.

**Solución a la Pregunta 4**

Véase la Sección 5.2.3 del texto base.