

MODELADO Y SIMULACIÓN

Febrero de 2014 - Primera semana

PREGUNTA 1 (3 puntos)

Se pretende estudiar mediante simulación el funcionamiento de una fábrica dedicada a la manufactura de piezas decorativas. La manufactura de las piezas consta de dos pasos. En primer lugar, se forma la pieza. A continuación, se somete a un proceso en el cual se cubre de una capa uniforme de color dorado. Tras cada uno de estos dos pasos, la pieza es sometida a un control de calidad y es retrabajada en caso necesario. Las piezas son manufacturadas de una en una. El funcionamiento de la fábrica es descrito a continuación.

Una vez al día llega el pedido de piezas a la fábrica, pudiéndose en él solicitar la manufactura de 5, 10, 15, 20 ó 25 piezas. Así pues, el tiempo que transcurre entre dos pedidos consecutivos es 24 horas. El número de piezas solicitadas en cada pedido varía de un pedido a otro, estando distribuido según se muestra en la tabla siguiente.

<u>Número de piezas</u>	<u>Probabilidad</u>
5	0.05
10	0.10
15	0.15
20	0.50
25	0.20

Los pedidos son atendidos en el mismo orden en que llegan. La fábrica dispone de una única máquina para formar las piezas. Las piezas se forman de una en una. El tiempo necesario para formar una pieza está distribuido triangularmente, con rango $[30, 60]$ minutos y moda 45 minutos.

Una vez formada, la pieza es sometida a un control de calidad. Se estima que el 85 % de las piezas superan el control de calidad y son puestas en cola del proceso de dorado. El 15 % restante están defectuosas y deben ser retrabajadas.

El retrabajado de las piezas es realizado por dos operarios, que trabajan independientemente entre sí. Se forma una única cola, con disciplina FIFO, frente al proceso de retrabajado. Cada operario retrabaja de principio a fin una pieza, poniéndola a continuación en la cola del proceso de dorado. El tiempo que tarda uno de los operarios en retrabajar una pieza está distribuido triangularmente, con rango [60, 120] minutos y moda 90 minutos.

Las piezas retrabajadas son puestas en cola del proceso de dorado, siendo indistinguibles de las piezas que superaron el control de calidad.

El proceso de dorado es realizado en cualquiera de 5 máquinas, que trabajan independientemente entre sí, y tardan 2 horas en dorar una pieza. Frente a las máquinas se forma una única cola, con disciplina FIFO.

Una vez dorada, la pieza es sometida a un control de calidad. El 90 % de las piezas superan el control de calidad y abandonan el sistema. El 10 % restante son retrabajadas y a continuación puestas de nuevo en cola del proceso de dorado.

El retrabajado consiste en introducir la pieza en un baño con productos químicos, durante un tiempo distribuido triangularmente con rango [3, 5] horas y moda 4 horas. La capacidad del baño es muy grande, por ello se supone que cualquier pieza que no pase el control de calidad comienza inmediatamente a ser retrabajada.

Una vez finalizado el proceso en el baño químico se ha eliminado completamente la capa dorada que cubría la pieza, con lo cual debe ser puesta de nuevo en cola del proceso de dorado, siendo indistinguible de aquellas piezas que nunca han sido sometidas a dicho proceso.

Se realiza una simulación del sistema de 365 días de duración, con el fin de estimar la utilización de los recursos y el tiempo de ciclo. Por favor, conteste a las preguntas siguientes.

- 1.a (2 puntos) 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.

1.b (1 punto) Suponga que la máquina que forma las piezas se para por mantenimiento cada 100 piezas procesadas en ella. El tiempo necesario para realizar estos mantenimiento está distribuido triangularmente, con rango [1, 3] horas y moda 2 horas.

Asimismo, suponga que cada máquina de dorado se para por mantenimiento cada 5 piezas procesadas en ella. El tiempo necesario para realizar este mantenimiento está distribuido triangularmente, con rango [30, 90] minutos y moda 60 minutos.

Describa detalladamente cómo modificaría el modelo en Arena para describir estos mantenimientos.

Solución a la Pregunta 1

En la Figura 1.1 se muestra una posible manera de describir el funcionamiento del sistema.

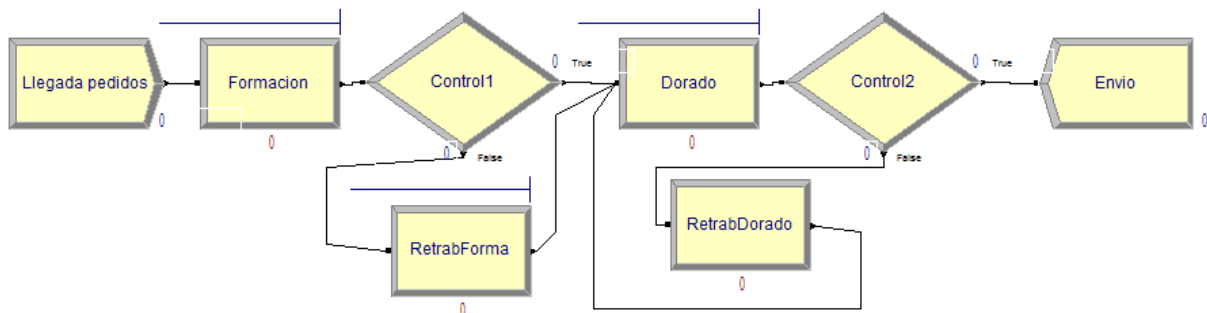


Figura 1.1: Diagrama de módulos del proceso.

El proceso de llegada de los pedidos puede ser descrito tal como se muestra en la Figura 1.2.

En la Figura 1.3 se muestra el proceso de formación de las piezas, el control de calidad y el proceso de re-trabajado.

Asimismo, en la Figura 1.4 se muestra el proceso de dorado, el control de calidad y el re-trabajado. La capacidad de los recursos se define en el módulo *Resource* (véase la Figura 1.5).

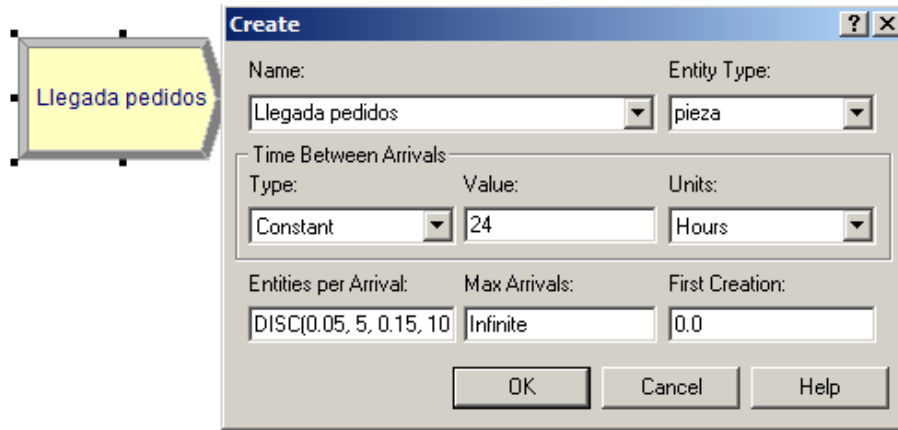


Figura 1.2: Módulo Create que describe el proceso de llegada de los pedidos. La distribución de las entidades de cada pedido (*Entities per Arrival*) es: DISC(0.05, 5, 0.15, 10, 0.30, 15, 0.80, 20, 1.0, 25).

En la segunda parte de la pregunta se pide modificar el modelo para describir los mantenimientos. Para modelar estas operaciones de mantenimiento debe en primer lugar definirse el tipo de fallo y a continuación asociar el tipo de fallo con el recurso. Véase la Figura 1.5.

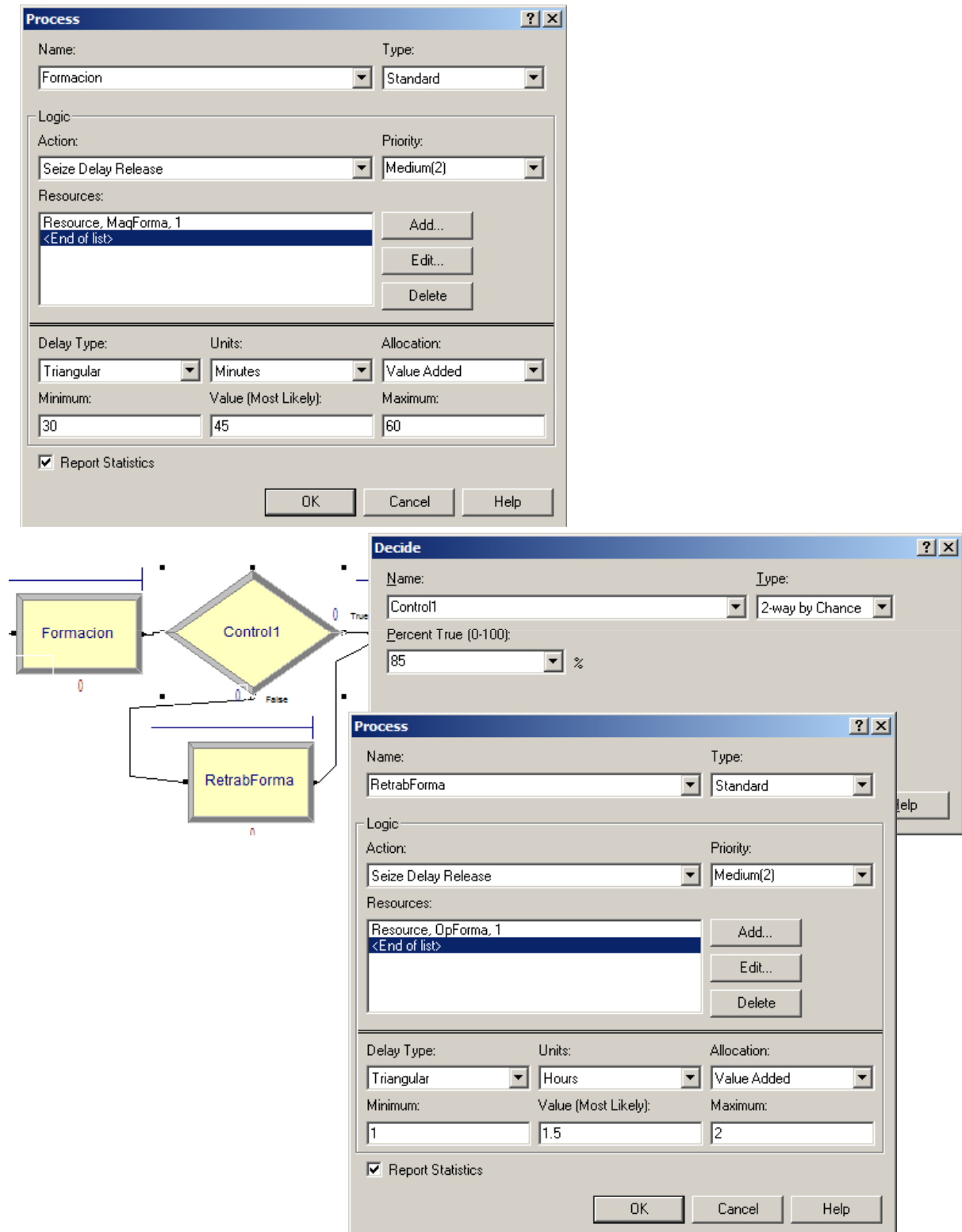


Figura 1.3: Definición del proceso de formación de las piezas, el control de calidad y el proceso de retrabajado.

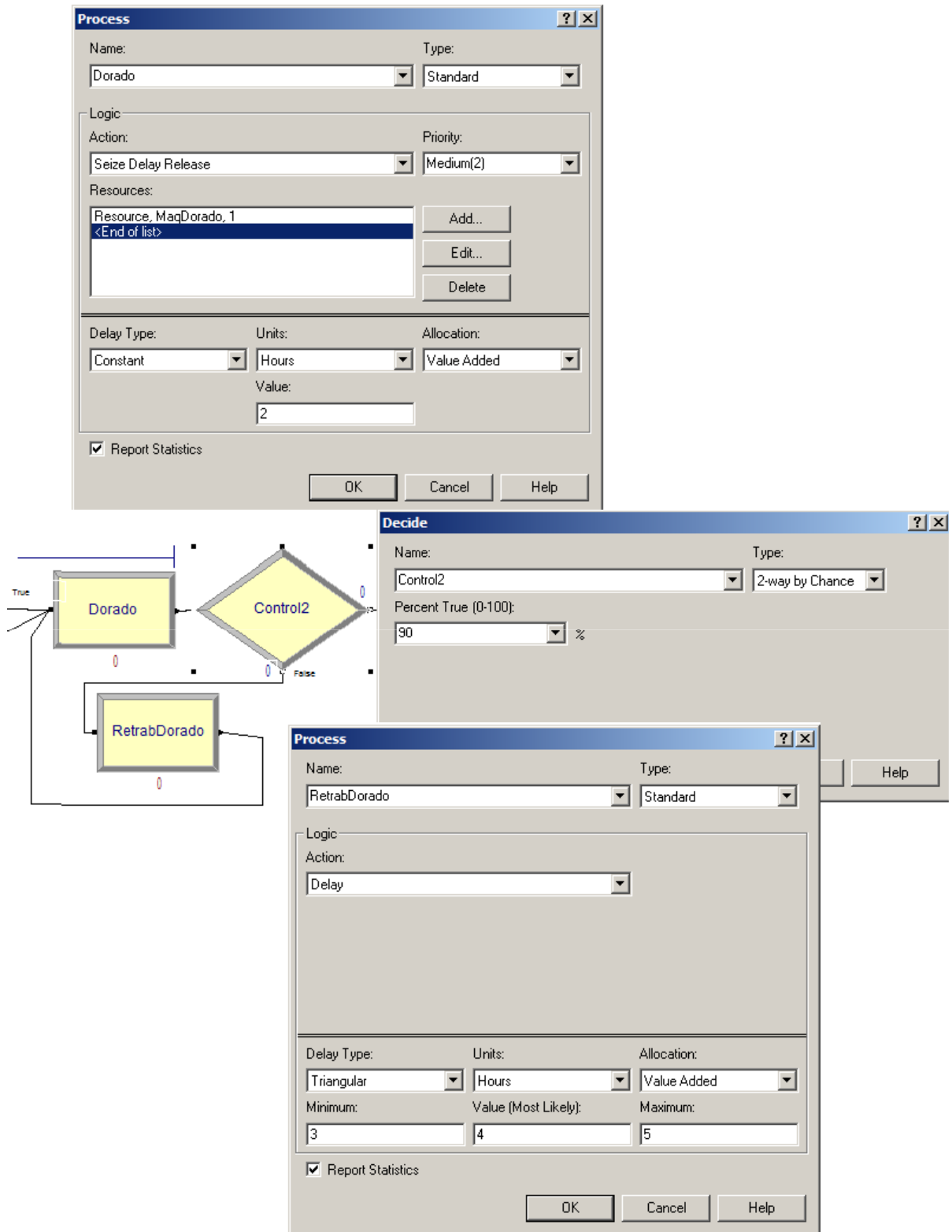


Figura 1.4: Definición del proceso de dorado, el control de calidad y el proceso de retrabajado.

Entity - Basic Process									
	Entity Type	Initial Picture	Holding Cost / Hour	Initial VA Cost	Initial NVA Cost	Initial Waiting Cost	Initial Tran Cost	Initial Other Cost	Rep
1	pieza	Picture.Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>

Process - Basic Process												
	Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Minimum	Value	Maximum	Rep
1	Formacion	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Minutes	Value Added	30	45	60	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Dorado	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Hours	Value Added	5	2	1.5	<input checked="" type="checkbox"/>
3	RetrabForma	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	1	1.5	2	<input checked="" type="checkbox"/>
4	RetrabDorad	Standard	Delay	Medium(2)	0 rows	Triangular	Hours	Value Added	3	4	5	<input checked="" type="checkbox"/>

Failure - Advanced Process					
	Name	Type	Count	Down Time	Down Time Units
1	MantenMaqDorado	Count	5	TRIA(30,60,90)	Minutes
2	MantenMaqForma	Count	100	TRIA(1,2,3)	Hours

Failures		
	Failure Name	Failure Rule
1	MantenMaqForma	Ignore

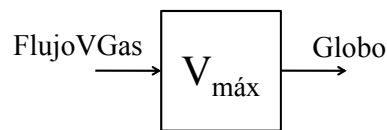
Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	State Set Name	Failures	Report Statistics
1	MaqForma	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		1 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2	OpForma	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
3	MaqDorado	Fixed Capacity	5	0.0	0.0	0.0		1 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Failures		
	Failure Name	Failure Rule
1	MantenMaqDorado	Ignore

Figura 1.5: Módulos de datos.

PREGUNTA 2 (3 puntos)

Describa, empleando el formalismo DEVS clásico, el comportamiento del sistema para el inflado de globos descrito a continuación. El sistema infla los globos uno a uno. Como se muestra en la figura, el sistema tiene un puerto de entrada (FlujoVGas) y un puerto de salida (Globo). Los eventos llegan al sistema de uno en uno. Los eventos recibidos son números reales mayores que cero.



Los eventos que llegan al puerto FlujoVGas indican el valor del flujo de gas empleado para inflar los globos. Así, un evento de valor f en el puerto FlujoVGas indica que el flujo de gas empleado para inflar los globos, desde ese instante y hasta que se reciba un evento con diferente valor en ese mismo puerto, es f metros cúbicos por segundo. Consecuentemente, el incremento por unidad de tiempo en el volumen del globo que está siendo inflado es f metros cúbicos por segundo.

Cuando el volumen del globo que está inflándose supera el valor $V_{máx}$, que es un parámetro del modelo, entonces el globo abandona el sistema, lo cual se indica enviando un evento con valor “globo” a través del puerto Globo, y comienza a inflarse un nuevo globo cuyo volumen inicial es cero.

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. El estado del sistema puede definirse mediante las variables de estado siguientes: (σ, F, v) . El significado de estas variables es el siguiente:

- 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.

- La variable F almacena el valor del flujo de gas. Puede tomar valores reales mayores que cero.
- La variable v almacena el volumen del globo. Puede tomar valores reales positivos, incluido el cero.

Tabla 1.1: Modelo DEVS de la Pregunta 2.

Nombre del modelo	Ejercicio_2
Parámetros	$V_{\text{máx}} \in \mathbb{R}^+$;
X	(FlujoVGas, \mathbb{R}^+)
Y	(Globo, {"globo"})
Variables de estado	$\sigma \in \mathbb{R}_{0,\infty}^+$; $F \in \mathbb{R}^+$; $v \in \mathbb{R}_0^+$;
$\delta_{int} : S \rightarrow S$	return ($\frac{V_{\text{máx}}}{F}, F, 0$);
$\delta_{ext} : Q \times X \rightarrow S$	return ($\frac{V_{\text{máx}} - (v + F \cdot e)}{\text{dato}(\text{FlujoVGas})}$, dato(FlujoVGas), $v + F \cdot e$);
$\lambda : S \rightarrow Y$	return (Globo, "globo");
$ta : S \rightarrow \mathbb{R}_{0,\infty}^+$	return σ ;

PREGUNTA 3 (2 puntos)

- 3.a** (1 punto) Explique detalladamente cómo se construye una función de probabilidad acumulada empírica a partir de un conjunto x_1, \dots, x_n de observaciones independientes de una variable aleatoria X .
- 3.b** (1 punto) Explique detalladamente cómo se compara, empleando una gráfica cuantil-cuantil, la función de probabilidad acumulada empírica de un conjunto de datos experimentales con una distribución teórica.

Solución a la Pregunta 3

Véanse las Secciones 4.3.2 y 4.5.4 del texto base.

PREGUNTA 4 (2 puntos)

- 4.a** (1 punto) Explique detalladamente en qué consiste el método de réplicas/eliminación aplicado a las simulaciones en el estacionario.
- 4.b** (1 punto) Explique detalladamente en qué consiste el método de medias por lotes aplicado a las simulaciones en el estacionario.

Solución a la Pregunta 4

Véase la Sección 6.4.2 del texto base.