

# MODELADO Y SIMULACIÓN

Apellidos: \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_

DNI: \_\_\_\_\_ Centro Asociado en el que está MATRICULADO: \_\_\_\_\_

## INSTRUCCIONES

Entregue las hojas de enunciado junto con el examen.

Dispone de 2 horas para realizar el examen.

Material permitido: Ninguno.

### 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.

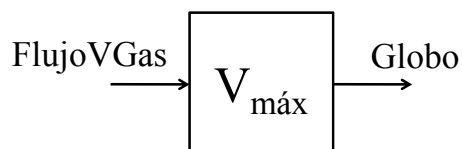
**1.b** (1 punto) Suponga que la máquina que forma las piezas se para por mantenimiento cada 100 piezas procesadas en ella. El tiempo necesario para realizar estos mantenimiento está distribuido triangularmente, con rango  $[1, 3]$  horas y moda 2 horas.

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.

## Pregunta 2 (3 puntos)

Describe, 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.

### **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.

### **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.