

MODELADO Y SIMULACIÓN

Febrero de 2016 - Segunda semana

PREGUNTA 1 (3 puntos)

Se pretende estudiar mediante simulación el funcionamiento de una sección de una editorial, en la cual se hace una revisión de los textos, y se imprimen y encuadernan los libros. En esta sección trabaja un editor, así como el personal necesario para el funcionamiento de 6 máquinas impresoras y 2 máquinas encuadernadoras. A continuación se describe el funcionamiento del sistema.

Un pedido consiste en la orden de impresión y encuadernación de determinado número de ejemplares de un libro. El número de ejemplares a imprimir y el número de páginas del libro difieren de un pedido a otro. Los pedidos llegan a esta sección de la editorial de uno en uno. El tiempo que transcurre entre dos pedidos sucesivos está distribuido exponencialmente, con media 12 horas.

Al llegar, los pedidos se ponen en la cola FIFO del proceso *Revisión pedido*, que es realizado por el editor. El tiempo que tarda el editor en revisar un pedido está distribuido triangularmente, con rango $[4, 24]$ horas y media 12 horas. En la revisión, el editor establece qué pedidos están correctamente definidos y por consiguiente pueden pasar a los procesos de impresión y encuadernación, y qué pedidos necesitan ser completados antes de pasar a dichos procesos. El 90 % de los pedidos están correctamente definidos, mientras que es preciso completar la información del 10 % restante.

Los pedidos bien definidos se ponen en la cola FIFO del proceso de impresión. Los pedidos incompletos quedan en espera de que se reciba la información que falta. En dicha tarea no toma parte el editor, ya que la información necesaria es aportada desde otras secciones de la editorial. Se estima que el tiempo necesario para recibir dicha información está distribuido triangularmente, con rango $[1, 7]$ días, y moda 2 días. Una vez recibida la información, el pedido es puesto en la cola del proceso de impresión.

Cada pedido es completamente procesado en una de las seis máquinas impresoras, cada una de las cuales trabaja independientemente de las demás. El tiempo necesario para imprimir un pedido es función del número de copias que hay que hacer del libro y del número de páginas que tiene el libro. Llamando $N_{ejemplares}$ al número de copias y $N_{paginas}$ al número de páginas del libro, el tiempo necesario para imprimir un pedido es $N_{ejemplares} \cdot N_{paginas} / 120$ minutos.

El número de copias que compone cada pedido está distribuido triangularmente, con rango $[500, 2000]$ y moda 1000 ejemplares. El número de páginas del libro que debe imprimirse en cada pedido está distribuido uniformemente entre 200 y 600 páginas.

Una vez completada la impresión de un pedido, éste se pone en la cola FIFO del proceso de encuadernado. Las dos máquinas encuadernadoras funcionan una independientemente de la otra. Todos los libros que componen un pedido se encuadernan seguidos, en la misma máquina encuadernadora. El tiempo que tarda la máquina encuadernadora en encuadernar un pedido de $N_{ejemplares}$ libros es igual a $N_{ejemplares}$ minutos. Una vez completada la encuadernación del pedido, éste abandona el sistema.

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 después de procesar cada pedido es preciso realizar un mantenimiento en la máquina impresora para recargarla. El tiempo necesario para realizar el mantenimiento está distribuido uniformemente entre 30 y 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 el diagrama de módulos del sistema. El proceso de llegada es descrito como se muestra en la Figura 1.2. En los procesos “Revisión pedido”, “Impresión” y “Encuadernación”, la acción es *Seize, Delay Release*. Por el contrario, la acción del proceso “Completa info” es *Delay*. En las Figuras 1.2, 1.3 y 1.4 se muestra la definición de estos procesos, así como el módulo Decide y el módulo Assign. En este último se asigna el valor de los atributos en cada entidad. Dado que hay 6 impresoras, se asigna el valor 6 en el módulo *Resource* a la capacidad del recurso *impresora* (véase la Figura 1.5). Igualmente, se asigna el valor 2 a la capacidad del recurso *encuadernadora*.

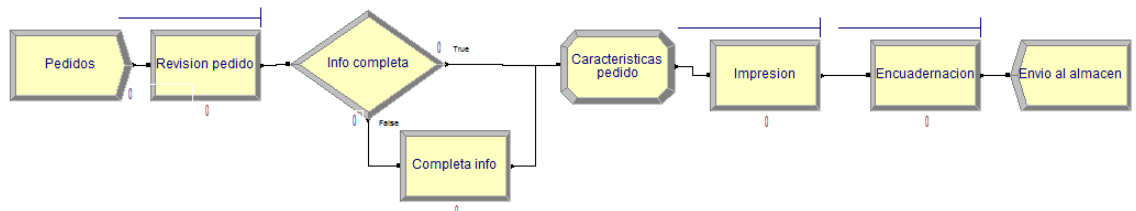


Figura 1.1: Diagrama de módulos del proceso.

En la segunda parte de la pregunta se pide modificar el modelo suponiendo que se realiza un mantenimiento en la máquina impresora tras procesar un pedido. Para modelar estas operaciones de mantenimiento debe en primer lugar definirse el tipo de fallo, que en este modelo se denomina *Mantenimiento*, y a continuación asociar el tipo de fallo con el recurso (véase la Figura 1.5).

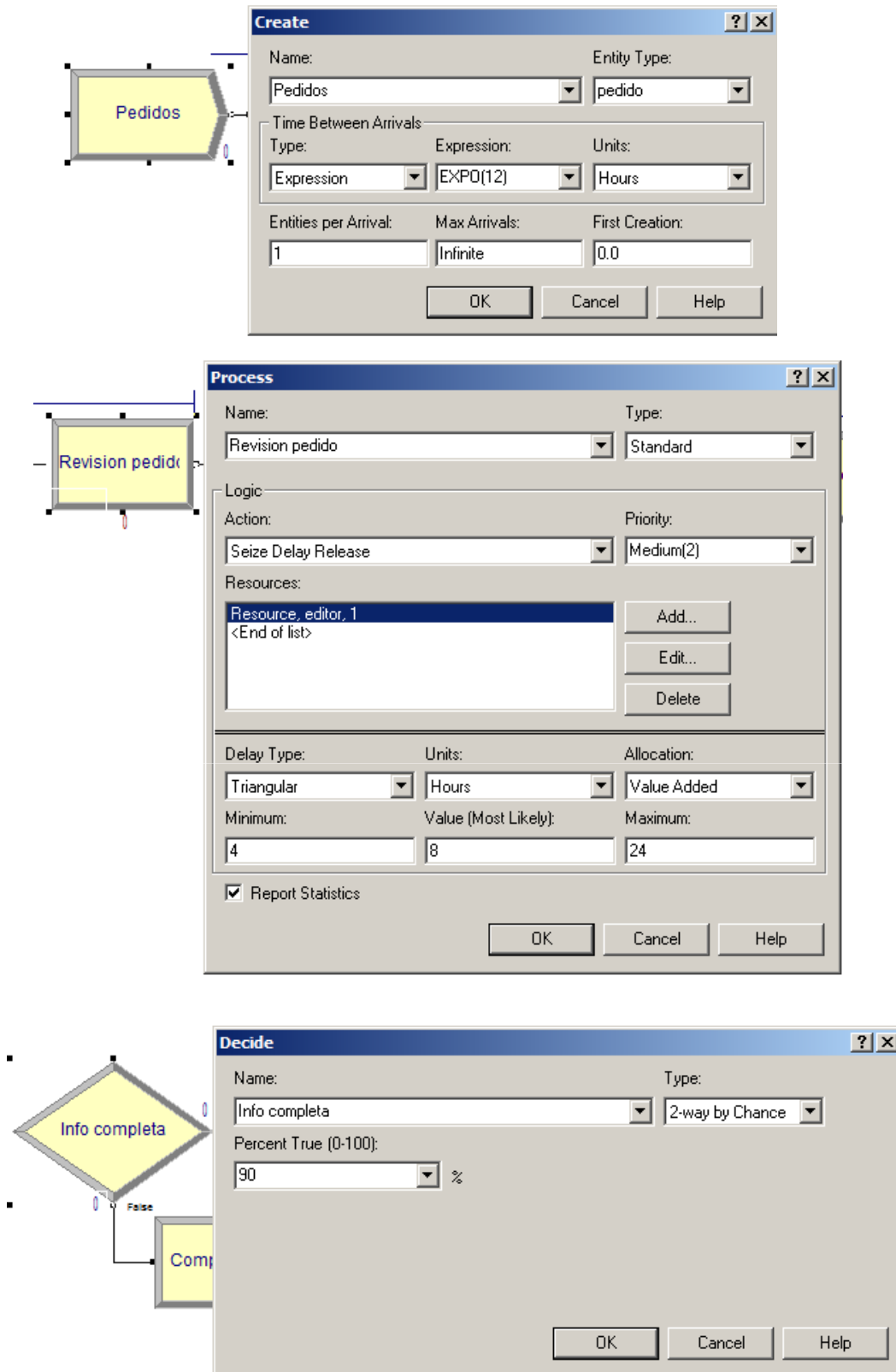


Figura 1.2: Definición del proceso de llegada, del proceso “Revisión pedido” y del módulo de decisión. En el proceso de llegada se define el único tipo de entidad que hay en el sistema: pedido. El tiempo medio del proceso “Revisión pedido” son 12 horas. Dado que es una distribución triangular con rango [4,24] horas y media 12 horas, el valor más probable son 8 horas.

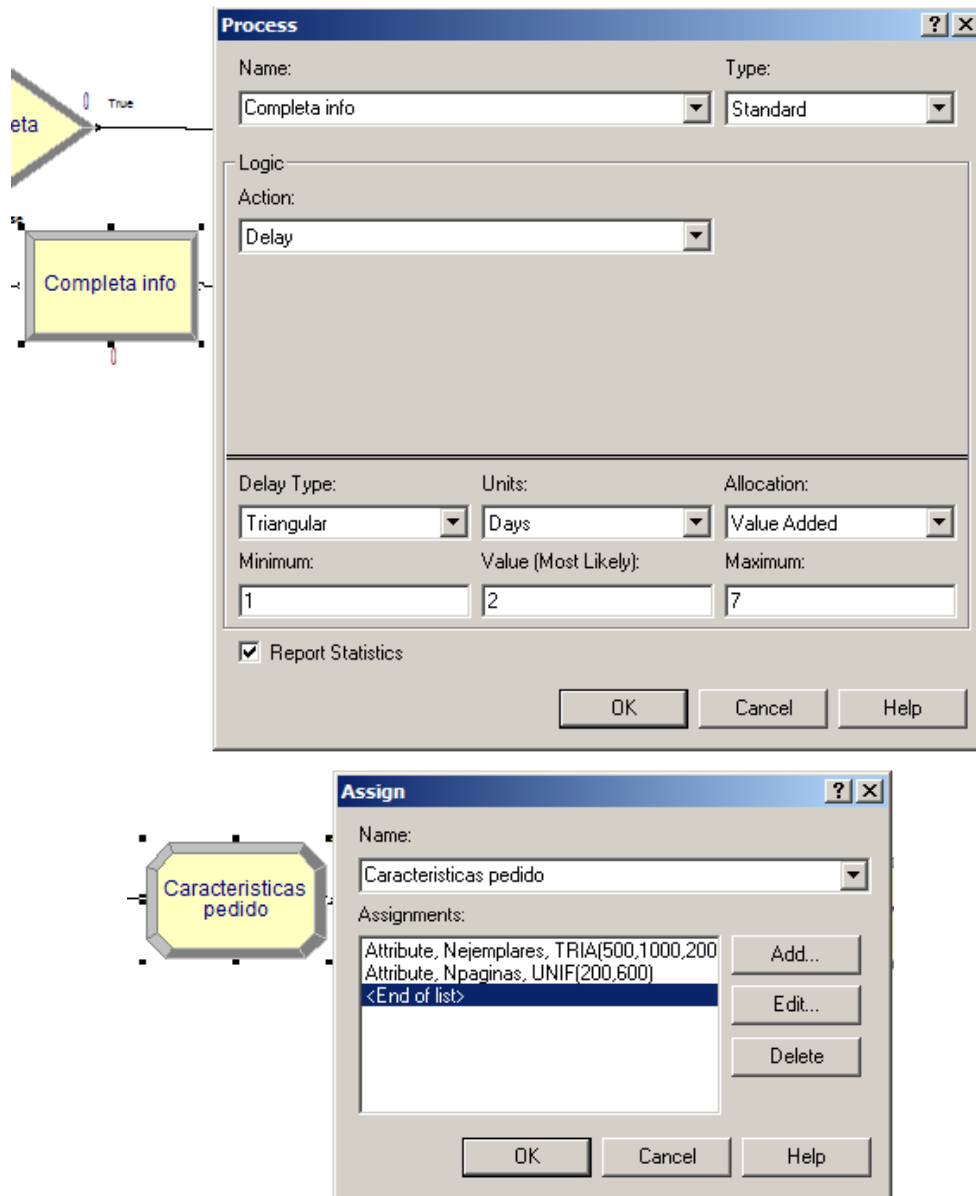


Figura 1.3: Definición del proceso “Completa info”, cuya acción es del tipo Delay. En la parte inferior de la figura se muestra la asignación de valor a los atributos Nejemplares y Npaginas de la entidad.

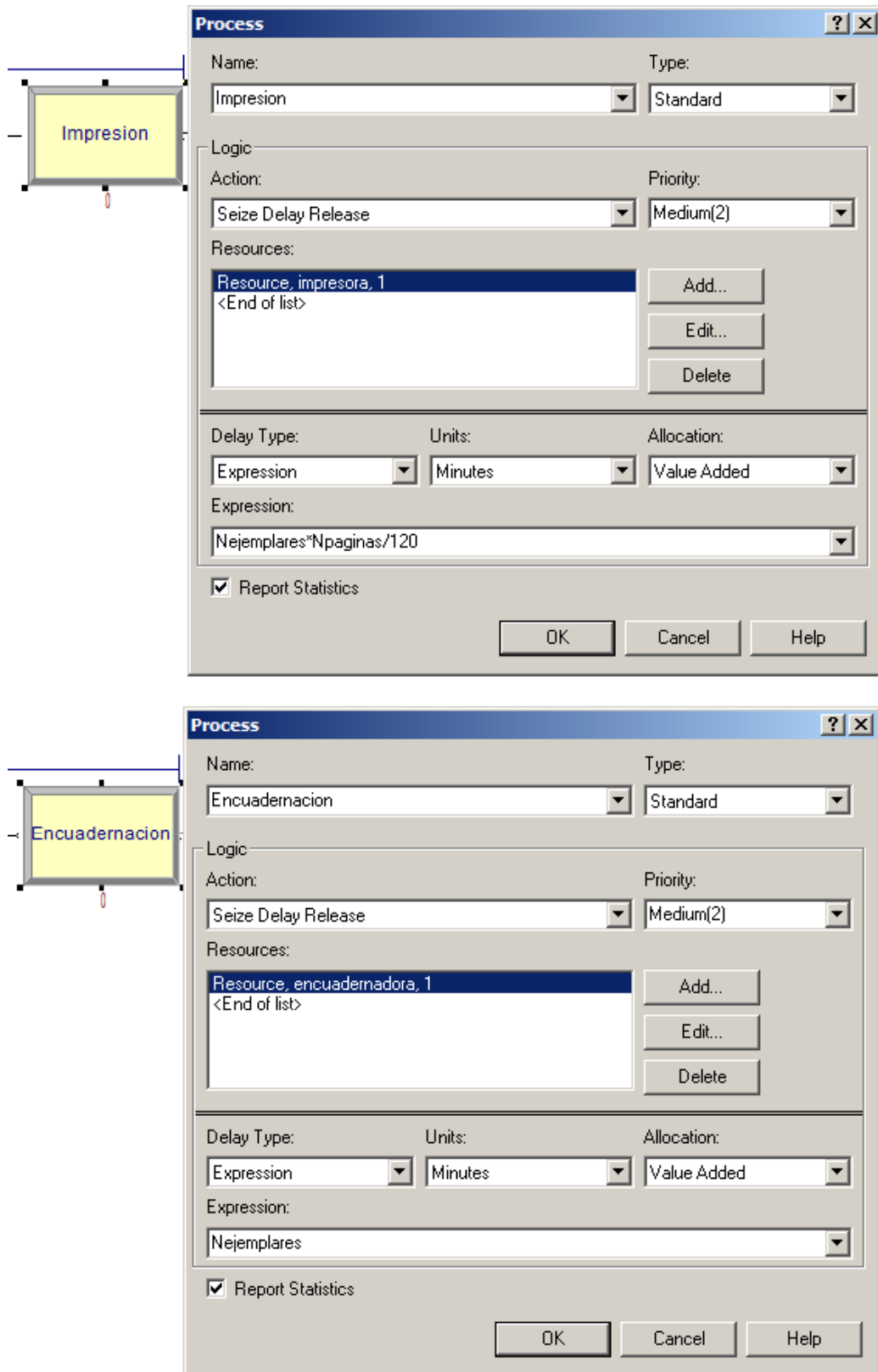


Figura 1.4: Definición de los procesos “Impresión” y “Encuadernación”. El tiempo de la acción Delay de estos procesos se define en función de los atributos Nejemplares y Npaginas de la entidad.

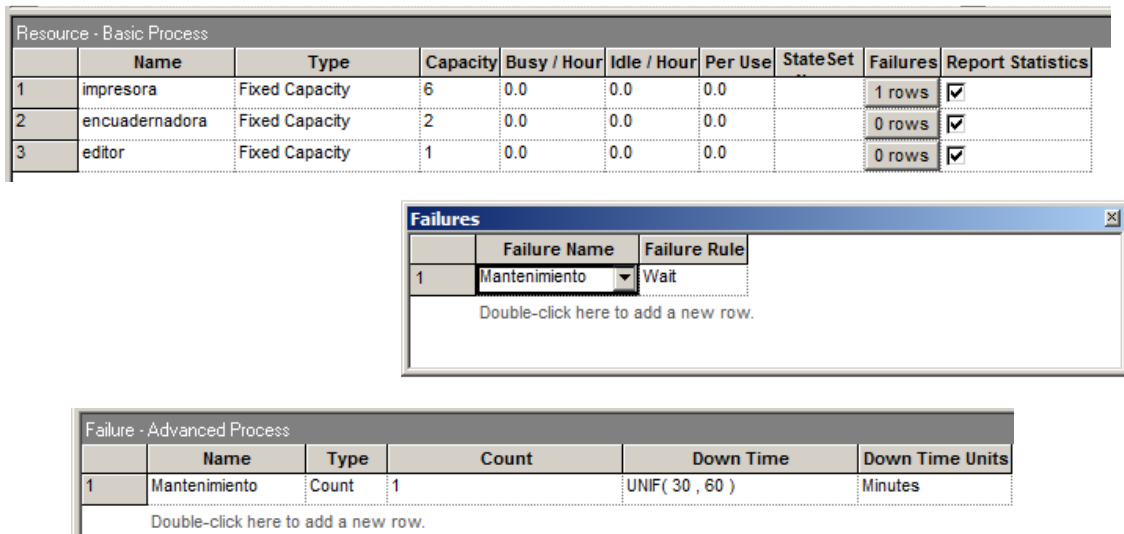


Figura 1.5: Definición de la capacidad de los recursos, así como del tipo de fallo “Mantenimiento”, que se asocia al recurso “encuadernadora”.

PREGUNTA 2 (3 puntos)

- 2.a (1 punto) Explique detalladamente si el proceso de llegada de pedidos a la sección de la editorial descrita en el enunciado es un *proceso de Poisson estacionario*.
- 2.b (1 punto) Explique detalladamente cómo generar los instantes de llegada de un *proceso de Poisson estacionario*. Ponga un ejemplo.
- 2.c (1 punto) Explique detalladamente cómo generar los instantes de llegada de un *proceso de Poisson no estacionario*. Ponga un ejemplo.

Solución a la Pregunta 2

Véanse las Secciones 4.9.1, 5.7.1 y 5.7.2 del texto base.

PREGUNTA 3 (3 puntos)

Describa, empleando el formalismo DEVS clásico, un *Contador-n*. Este sistema, que generaliza al contador binario, tiene una entrada y una salida. Los eventos de entrada pueden tomar sólo dos valores: 0 y 1. Los eventos de salida sólo pueden tomar un valor: 1. El *Contador-n* genera un evento de salida cada n eventos de entrada de valor 1.

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

Solución a la Pregunta 3

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:

- La variable *fase* puede tomar los valores { "pasivo", "activo" }.
- 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.
- La variable *cuenta* almacena el número de eventos de entrada de valor 1. Puede tomar los valores $\{0, \dots, n - 1\}$.

Tabla 1.1: Modelo DEVS de la Pregunta 3.

Nombre del modelo	Ejercicio_3
Parámetros	$n \in \mathbb{N}$;
X	(portIn, {0, 1})
Y	(portOut, {1})
Variables de estado	$fase \in \{ "pasivo", "activo" \}$; $\sigma \in \mathbb{R}_{0,\infty}^+$; $cuenta \in \{0, \dots, n - 1\}$;
$\delta_{int} : S \rightarrow S$	return ("pasivo", ∞ , cuenta);
$\delta_{ext} : Q \times X \rightarrow S$	if (cuenta + dato(portIn) < n) return ("pasivo", $\sigma - e$, cuenta+dato(portIn)); return ("activo", 0, 0);
$\lambda : S \rightarrow Y$	return (portOut, 1);
$ta : S \rightarrow \mathbb{R}_{0,\infty}^+$	return σ ;

El estado del modelo en el instante inicial de la simulación sería:

$$(fase, \sigma, cuenta) = (\text{"pasivo"}, \infty, 0)$$

PREGUNTA 4 (1 punto)

Indique qué periodo tiene el generador congruencial lineal de números pseudo-aleatorios siguiente:

$$z_i = (5 \cdot z_{i-1} + 3) \pmod{16}$$

e indique si este generador tiene periodo completo.

Solución a la Pregunta 4

Véase la Sección 5.2.3 del texto base.