

Sistemas estocásticos

Enrique E. Tarifa, Facultad de Ingeniería, UNJu

Mapa curricular de la materia

- Definiciones
- Sistemas determinísticos
- Sistemas estocásticos
- Sistemas continuos

Mapa curricular de la materia

- Definiciones
- Sistemas determinísticos
- **Sistemas estocásticos**
- Sistemas continuos

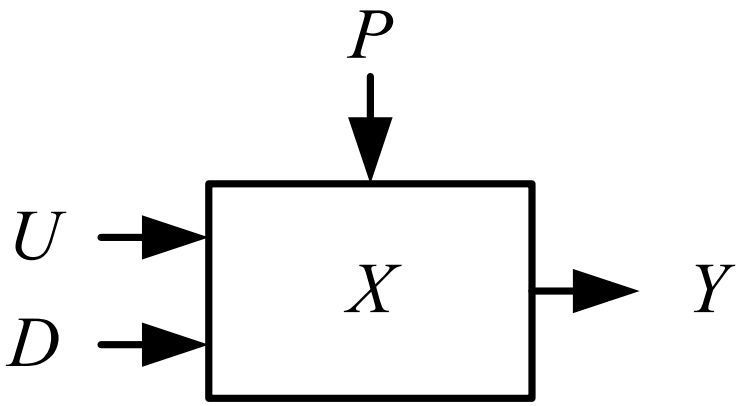
Mapa curricular de generación de variables aleatorias

1. Simulación de Monte Carlo
2. El tiempo
3. Enfoque orientado a eventos
4. Paso de reloj constante
5. Paso de reloj variable
6. Análisis de resultados
7. Enfoque orientado a procesos
8. Simuladores

Generación de números aleatorios

Clasificación de variables

- Parámetros (*P*)
- Variables de entrada:
  - Manipulables (*U*)
  - Perturbación (*D*)
- Variables de salida (*Y*)
- Variables internas (*I*)
- Variables de estado ($X \subseteq I$)



Una variable es un símbolo que se usa para designar valores.

Cajero automático

- El usuario es el banco.
- Objetivo: Determinar cuándo se debe recargar.
- Variables tipo *D*:
  - Tiempo entre arribos de clientes
  - Tipo de operación
  - Monto de operación



Simulador de vuelo

- Los usuarios son los pilotos.
- Objetivo: Capacitar a los pilotos.
- Variables tipo *D*:
  - Cantidad de pasajeros
  - Peso de cada pasajero
  - Peso de cada equipaje



Estrategia

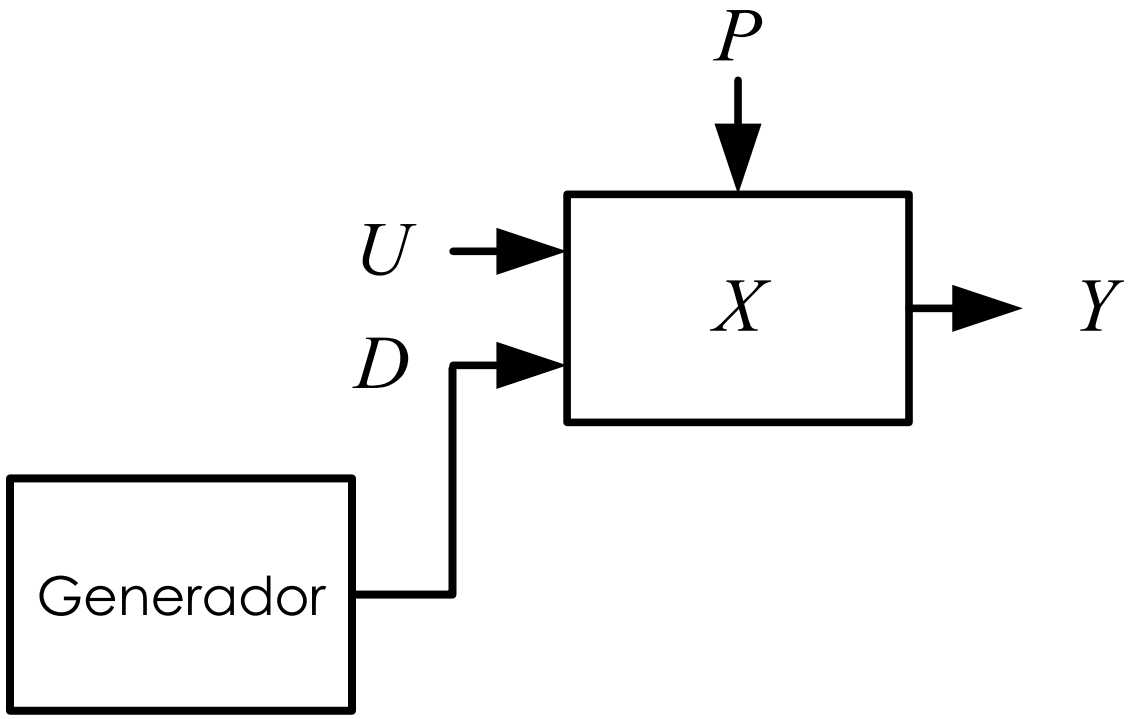
Sistema
- *X*

Entradas
- $f(x) \circ p(x)$

Generador
- *X*

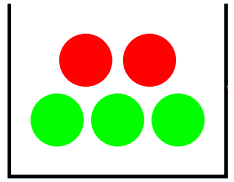
- Se atenúan errores de muestreo.
- Se puede generar cualquier cantidad de números.
- Se puede repetir una secuencia generada.

Generador



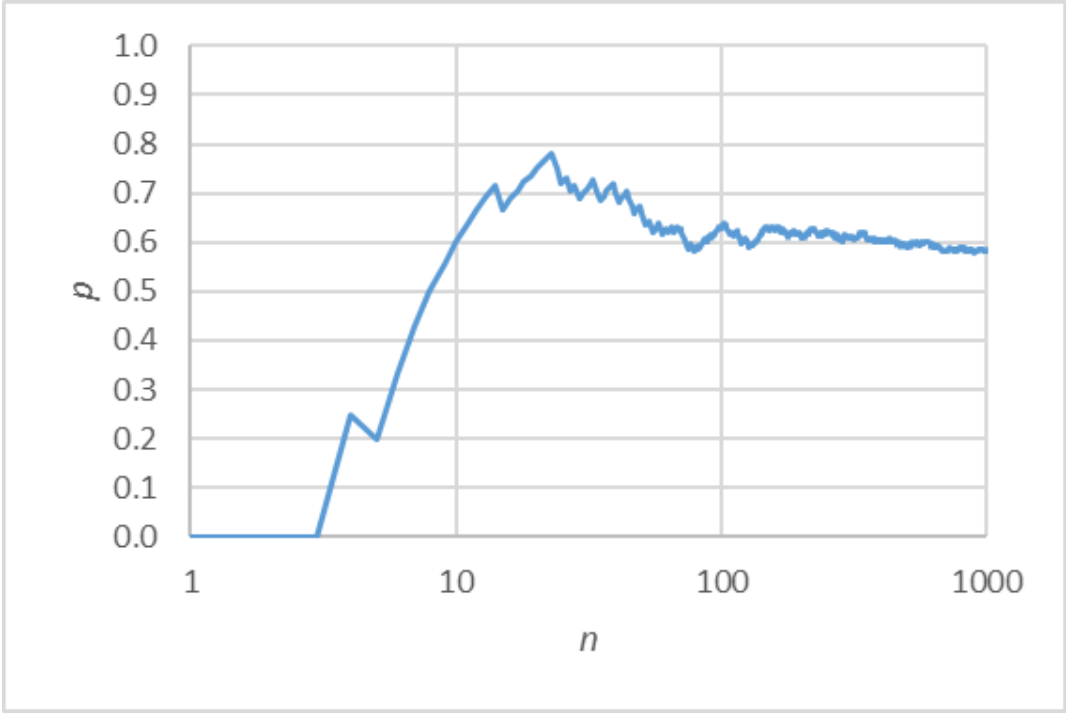
Método analítico

- Gana si de dos bolillas extraídas solo una es verde.
- ¿Cuál es la probabilidad de ganar?
- $P = 3/10 + 3/10 = 6/10$



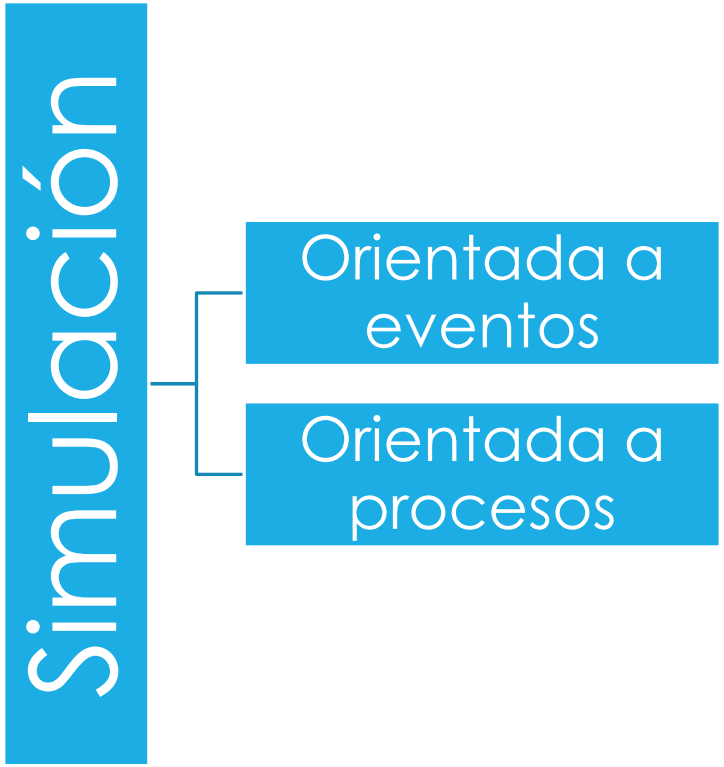
Simulación de Monte Carlo

- Jugar *n* veces.
- Determinar la cantidad de casos *g* ganados.
- Estimar la probabilidad de ganar como $p = g/n$.
- Aumentar *n* hasta estabilizar el resultado.
- El tiempo en que ocurren los eventos se conoce o no interesa.

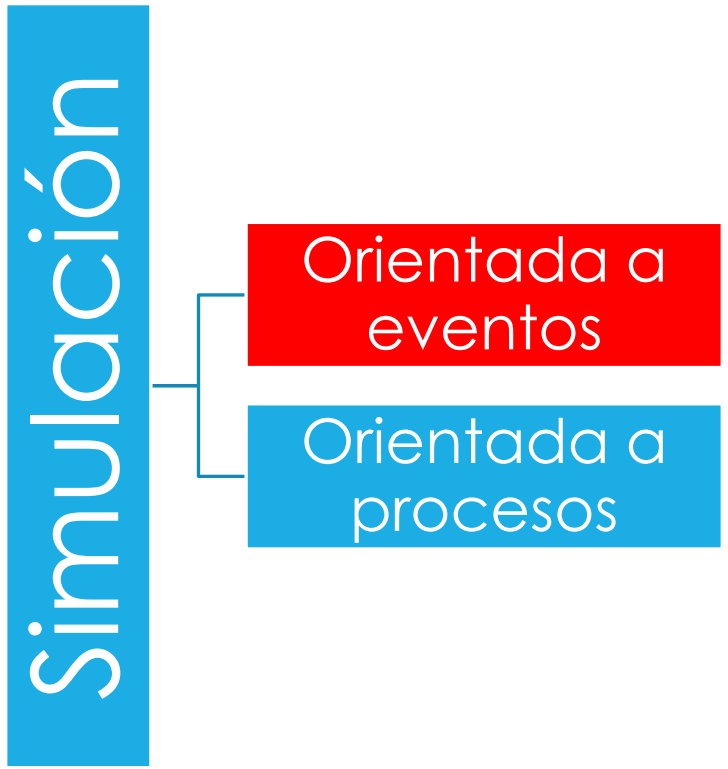


El tiempo

Enfoques para considerar el tiempo



Enfoques para considerar el tiempo



Enfoque orientado a eventos

Los eventos

- El tiempo es protagonista.
- El estado se modifica cada vez que ocurre un *evento*.
- Evento: Causa instantánea de un cambio de estado en un sistema discreto.
  - Llegada de un cliente
  - Falla de un equipo
  - Finalización de la tarea de un servidor

Centro de cómputos

Una empresa posee dos equipos de computación iguales. Cada equipo tiene un tiempo medio de falla de 6 meses. Por cada mes que un equipo está fuera de servicio se pierden $2000. Cuando ambos equipos fallan, las pérdidas son de $10000 por mes. Estas pérdidas son causadas por multas que la empresa debe pagar a fin de mes dependiendo exclusivamente del estado de los equipos en ese momento sin importar en qué instante del mes fallaron. El costo de reparación es de $1000 por equipo, y se abona cuando el equipo está reparado. El tiempo medio de reparación es de 2 meses. Se quiere determinar el fondo anual que la empresa deberá reservar para enfrentar los gastos provocados por las fallas de los equipos.

Modelado considerando eventos

Eventos

- F1: Falla equipo 1.
- F2: Falla equipo 2.
- R1: Se repara equipo 1.
- R2: Se repara equipo 2.
- FM: Fin de mes.

Velocidades

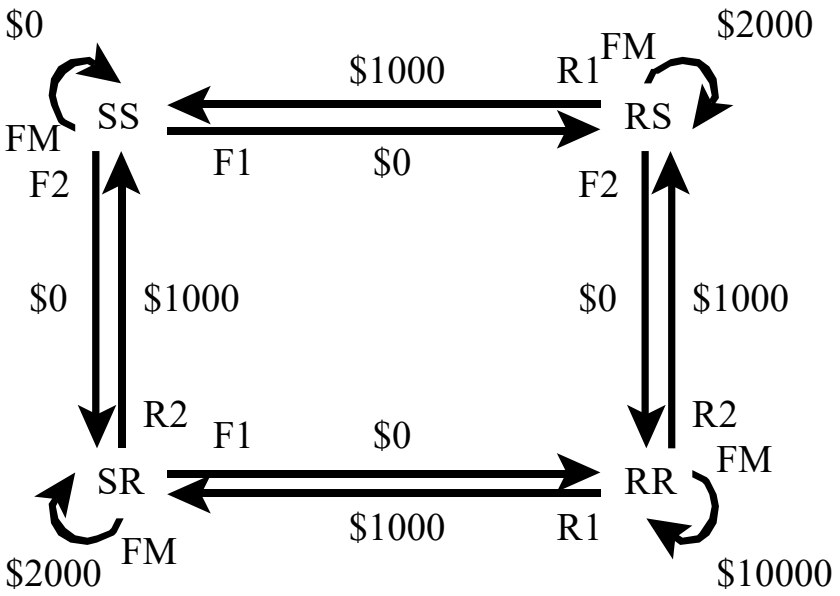
- $\lambda_{F1} = \frac{1}{6}\text{mes}^{-1}$
- $\lambda_{F2} = \frac{1}{6}\text{mes}^{-1}$
- $\lambda_{R1} = \frac{1}{2}\text{mes}^{-1}$
- $\lambda_{R2} = \frac{1}{2}\text{mes}^{-1}$

Modelado considerando eventos

Estados

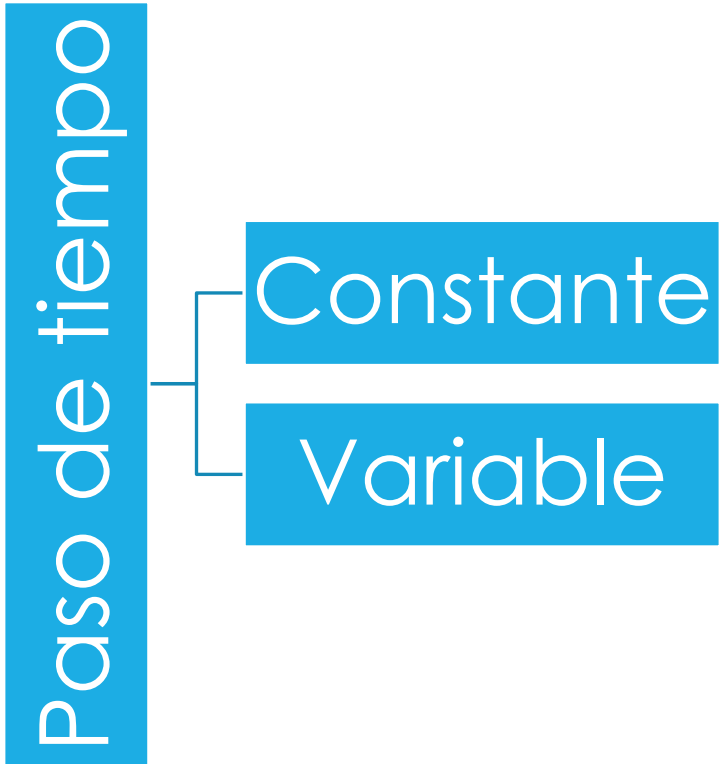
- SS: Los dos equipos en servicio.
- SR: El equipo 1 en servicio, el equipo 2 en reparación.
- RS: El equipo 2 en servicio, el equipo 1 en reparación.
- RR: Los dos equipos en reparación.

Red de Markov

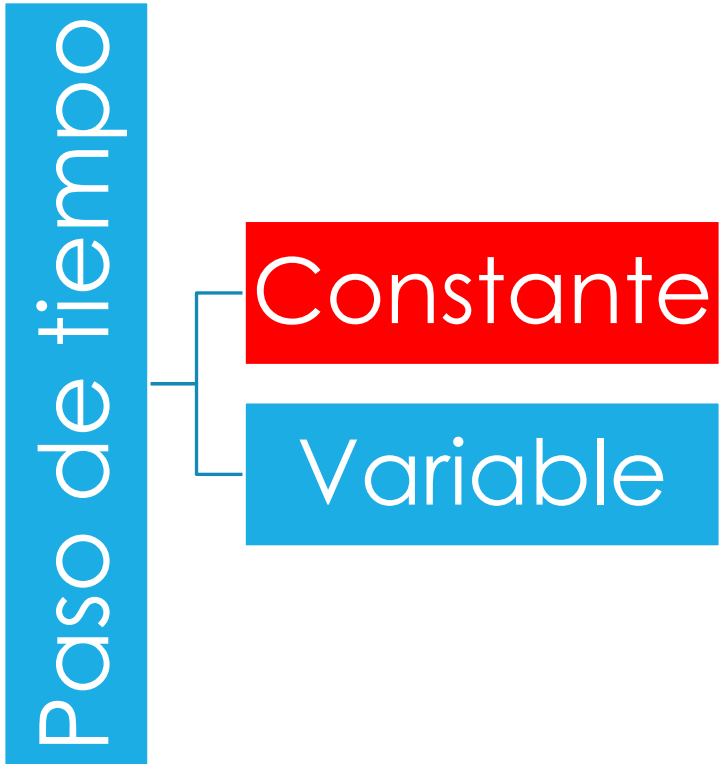


Paso de tiempo

Paso de tiempo

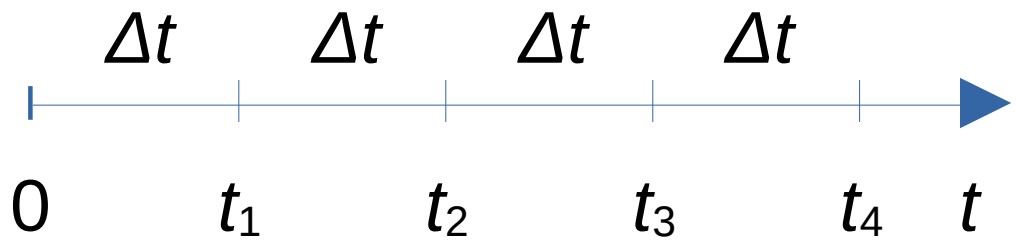


Paso de tiempo



Paso constante de tiempo

- Paso constante Δt
- Solo ocurre un evento por vez.
- Procedimiento:
  1. Inicializar.
  2. Dar un paso Δt.
  3. Determinar el posible evento A.
  4. Generar r.
  5. Si $r < P(A)$, ocurre A, modificar el estado.
  6. Si no finalizó, ir a 2.



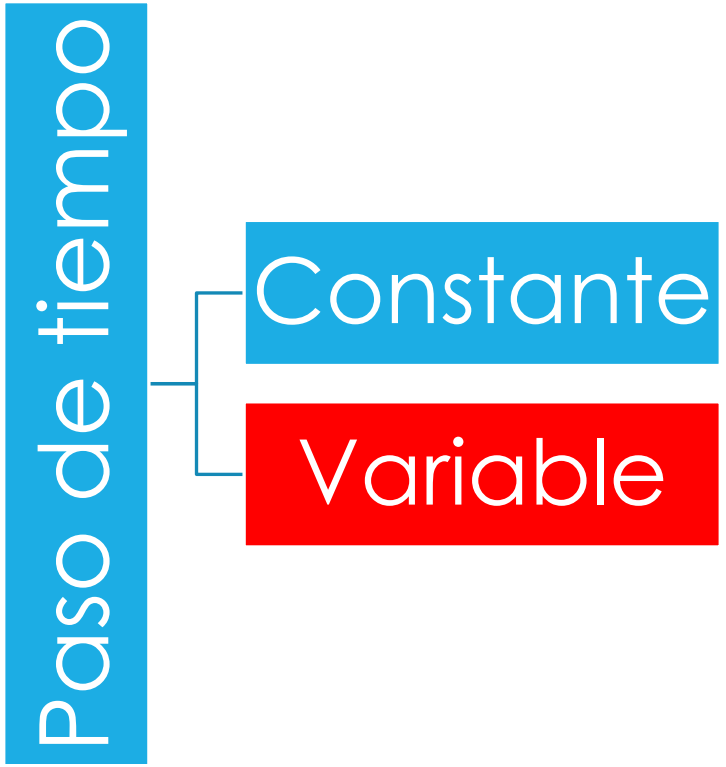
Requiere P(A)

Paso constante de tiempo

- Distribución exponencial:
  - $\mathrm{P}(A) = \lambda_A \Delta t$
- Para $\Delta t = 0.25$ mes
  - $\mathrm{P}(\mathrm{F1}) = 0.04$
  - $\mathrm{P}(\mathrm{F2}) = 0.04$
  - $\mathrm{P}(\mathrm{R1}) = 0.12$
  - $\mathrm{P}(\mathrm{R2}) = 0.12$

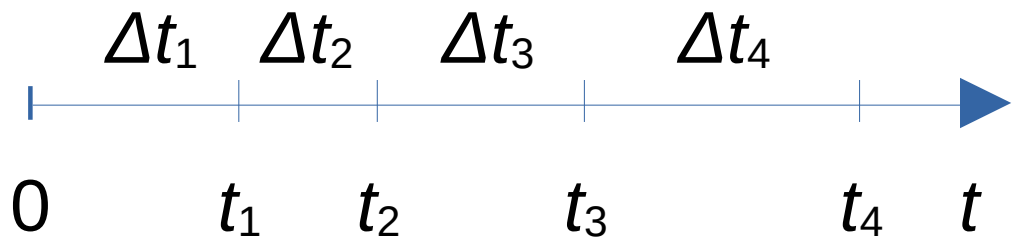
Mes	Evento	Estado	Pérdida ($)
0.00		SS	
0.25		SS	
0.50		SS	
0.75		SS	
1.00	FM	SS	0
…	…	…	…
2.00	FM	SS	0
2.25	F2	SR	0
3.00	FM	SR	2000
4.00	FM	SR	2000
4.50	F1	RR	0
5.00	FM	RR	10000
5.25	R2	RS	1000
6.00	FM	RS	2000
6.50	R1	SS	1000
7.00	FM	SS	0
7.25	F1	RS	0
7.50	F2	RR	0
8.00	FM	RR	10000
9.00	FM	RR	10000
9.50	R2	RS	1000
10.00	FM	RS	2000
11.00	FM	RS	2000
12.00	FM	RS	2000
	Total		$45000

Paso de tiempo



Paso variable de tiempo

- Paso variable Δt
- $f(\Delta t) \rightarrow$ generadores
- Procedimiento:
  1. Inicializar
  2. Determinar el siguiente evento A.
  3. Dar un paso Δt hasta A.
  4. Modificar el estado.
  5. Agendar eventos futuros.
  6. Si no finalizó, ir a 2.



Requiere generador $f(\Delta t)$

Paso variable de tiempo

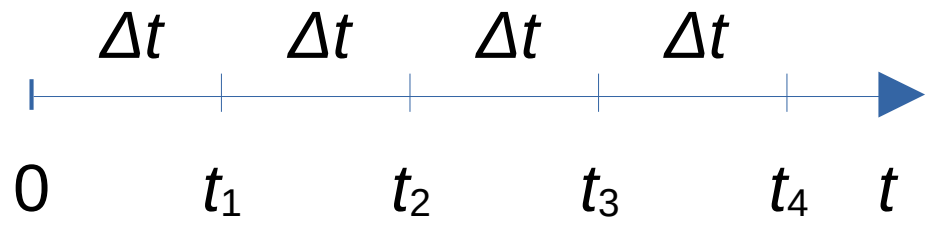
- Distribución exponencial:
  - $\Delta t_A = -\frac{1}{\lambda_A}\ln(r_A)$
- Con velocidades:
  - $\lambda_{F1} = \frac{1}{6}\text{mes}^{-1}$
  - $\lambda_{F2} = \frac{1}{6}\text{mes}^{-1}$
  - $\lambda_{R1} = \frac{1}{2}\text{mes}^{-1}$
  - $\lambda_{R2} = \frac{1}{2}\text{mes}^{-1}$

Mes	Evento	Estado	Pérdida ($)
0.00		SS	
0.25		SS	
0.50		SS	
0.75		SS	
1.00	FM	SS	0
...	...	...	...
2.00	FM	SS	0
2.25	F2	SR	0
3.00	FM	SR	2000
4.00	FM	SR	2000
4.50	F1	RR	0
5.00	FM	RR	10000
5.25	R2	RS	1000
6.00	FM	RS	2000
6.50	R1	SS	1000
7.00	FM	SS	0
7.25	F1	RS	0
7.50	F2	RR	0
8.00	FM	RR	10000
9.00	FM	RR	10000
9.50	R2	RS	1000
10.00	FM	RS	2000
11.00	FM	RS	2000
12.00	FM	RS	2000
	Total		$45000

Comparación

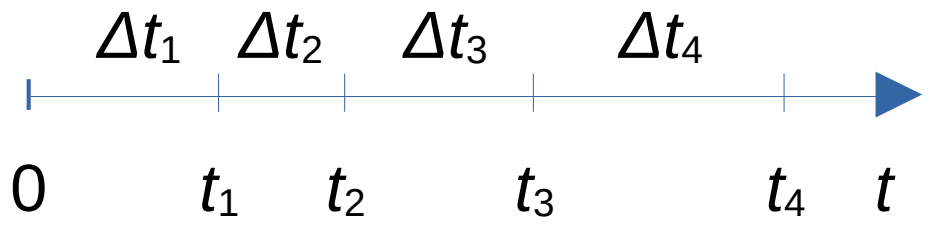
Paso constante

- Programación no compleja
- Sistemas continuos y discretos
- Error Δt
- Ineficiente, varios pasos sin eventos



Paso variable

- Error nulo
- Eficiente
- Programación compleja
- Solo sistemas discretos



Mantenimiento de aviones

Mantenimiento de aviones

Al inicio de cada día, se revisa un avión. El tiempo de revisión es despreciable. Se decide si la unidad necesita mantenimiento o no. La empresa alquila un taller a $2500 por día. Por cada día que pasa sin operar un avión, la empresa pierde $5000. Se desea determinar si conviene alquilar un segundo taller.

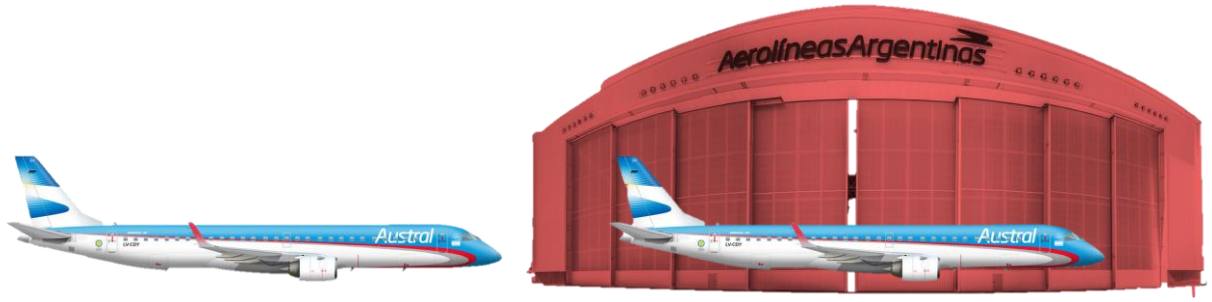
Sistema



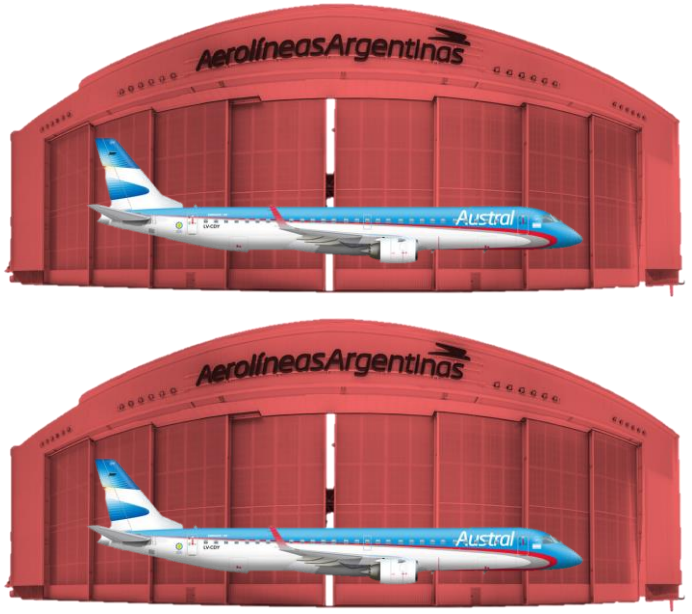


Casos

Un taller



Dos talleres



Pasos para la simulación

- Propósito: Determinar si conviene alquilar un segundo taller.
- Sistema: El sistema de mantenimiento de la empresa.
- Adquisición de datos: Registros de tiempo de ingreso de aviones al taller, tiempo de reparación.
- Construcción del modelo: Una maqueta.
- Validación del modelo: Verificación de los costos reales correspondientes al periodo de medición.
- Experimentación: Estudiar los costos con un taller y con dos talleres.
- Implementación de los resultados: Alquilar otro taller o no.

Modelado de entradas

- Probabilidad de falla: 0.5
- Tiempo de reparación: 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 días con una probabilidad de 1/6.





Simulación

		Un taller						
Días	**Días en taller**	**Entrada**	**Salida**	**Total**				
0								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
Días totales perdidos								

Simulación

		Un taller						
Días	**Días en taller**	**Entrada**	**Salida**	**Total**				
0	2.5	0	2.5	2.5				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
Días totales perdidos								

Simulación

		Un taller						
Días	**Días en taller**	**Entrada**	**Salida**	**Total**				
0	2.5	0	2.5	2.5				
1								
2	2	2.5	4.5	2.5				
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
Días totales perdidos								

Simulación

		Un taller						
Días	**Días en taller**	**Entrada**	**Salida**	**Total**				
0	2.5	0	2.5	2.5				
1								
2	2	2.5	4.5	2.5				
3								
4	3	4.5	7.5	3.5				
5	1.5	7.5	9	4				
6								
7	2	9	11	4				
8	1	11	12	4				
9								
Días totales perdidos				**20.5**				

Simulación

		Un taller			Dos talleres			
Días	**Días en taller**	**Entrada**	**Salida**	**Total**	**Entrada**	**Salida**	**Total**	**Taller**
0	2.5	0	2.5	2.5				
1								
2	2	2.5	4.5	2.5				
3								
4	3	4.5	7.5	3.5				
5	1.5	7.5	9	4				
6								
7	2	9	11	4				
8	1	11	12	4				
9								
Días totales perdidos				**20.5**				

Simulación

		Un taller			Dos talleres			
Días	**Días en taller**	**Entrada**	**Salida**	**Total**	**Entrada**	**Salida**	**Total**	**Taller**
0	2.5	0	2.5	2.5	0	2.5	2.5	1
1								
2	2	2.5	4.5	2.5				
3								
4	3	4.5	7.5	3.5				
5	1.5	7.5	9	4				
6								
7	2	9	11	4				
8	1	11	12	4				
9								
Días totales perdidos				**20.5**				

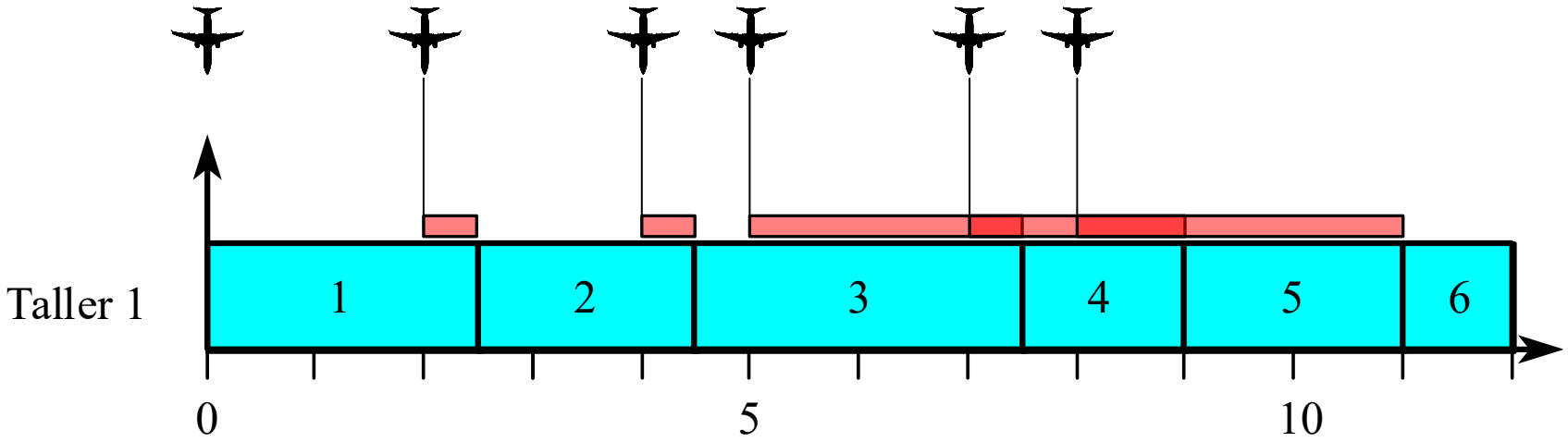
Simulación

		Un taller			Dos talleres			
Días	**Días en taller**	**Entrada**	**Salida**	**Total**	**Entrada**	**Salida**	**Total**	**Taller**
0	2.5	0	2.5	2.5	0	2.5	2.5	1
1								
2	2	2.5	4.5	2.5	2	4	2	2
3								
4	3	4.5	7.5	3.5				
5	1.5	7.5	9	4				
6								
7	2	9	11	4				
8	1	11	12	4				
9								
Días totales perdidos				**20.5**				

Simulación

		Un taller			Dos talleres			
Días	**Días en taller**	**Entrada**	**Salida**	**Total**	**Entrada**	**Salida**	**Total**	**Taller**
0	2.5	0	2.5	2.5	0	2.5	2.5	1
1								
2	2	2.5	4.5	2.5	2	4	2	2
3								
4	3	4.5	7.5	3.5	4	7	3	1
5	1.5	7.5	9	4	5	6.5	1.5	2
6								
7	2	9	11	4	7	9	2	1
8	1	11	12	4	8	9	1	2
9								
Días totales perdidos				**20.5**			**12.0**	

Resultados



Costos para 10 días

- Costo Total = Costo de alquiler + Costo por detención
- Costo Total 1 taller = 10 x 2500 + 20.5 x 5000 = $127500
- Costo Total 2 talleres = 10 x 5000 + 12.0 x 5000 = $110000

Procesamiento de resultados

Análisis de resultados

- Estadísticas basadas en observaciones: Se promedia un atributo de varias entidades.

$$Xm = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - Xm\right)^2$$

i	**x**
1	x_1
2	x_2
…	…
n	x_n

Análisis de resultados

- Estadísticas basadas en el tiempo: Se promedia un atributo de una entidad en el tiempo.

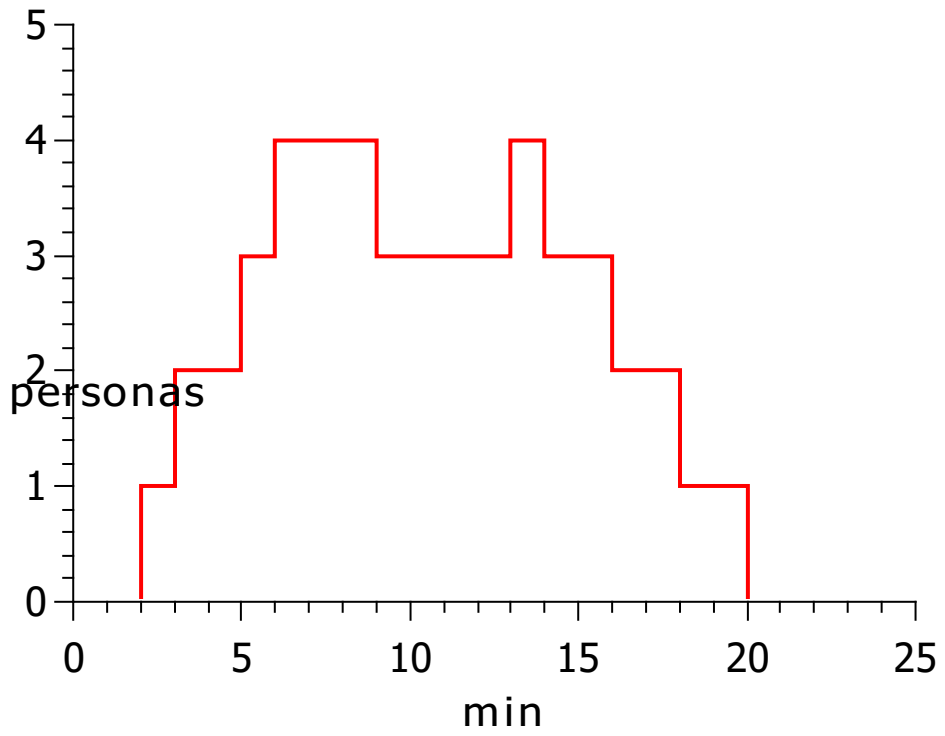
$$T = \sum_{i=1}^{n} \Delta t_i$$

$$Xm = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{n} x_i \, \Delta t_i$$

$$S^2 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{n} \left(x_i - Xm \right)^2 \Delta t_i$$

i	x	Δ*t*
1	x_1	Δt_1
2	x_2	Δt_2
…	…	…
n	x_n	Δt_n

Análisis de resultados



$$T = \sum_{i=1}^{n} \Delta t_i$$

$$Xm = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{n} x_i \, \Delta t_i$$

$$S^2 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{n} \left(x_i - Xm \right)^2 \Delta t_i$$

- $Xm = 2.4$
- $S^2 = 1.54$

Promedios para una fila.xlsx

i	x	Δ*t*
1	0	2
2	1	1
3	2	2
4	3	1
5	4	3
6	3	4
7	4	1
8	3	2
9	2	2
10	1	2
11	0	0

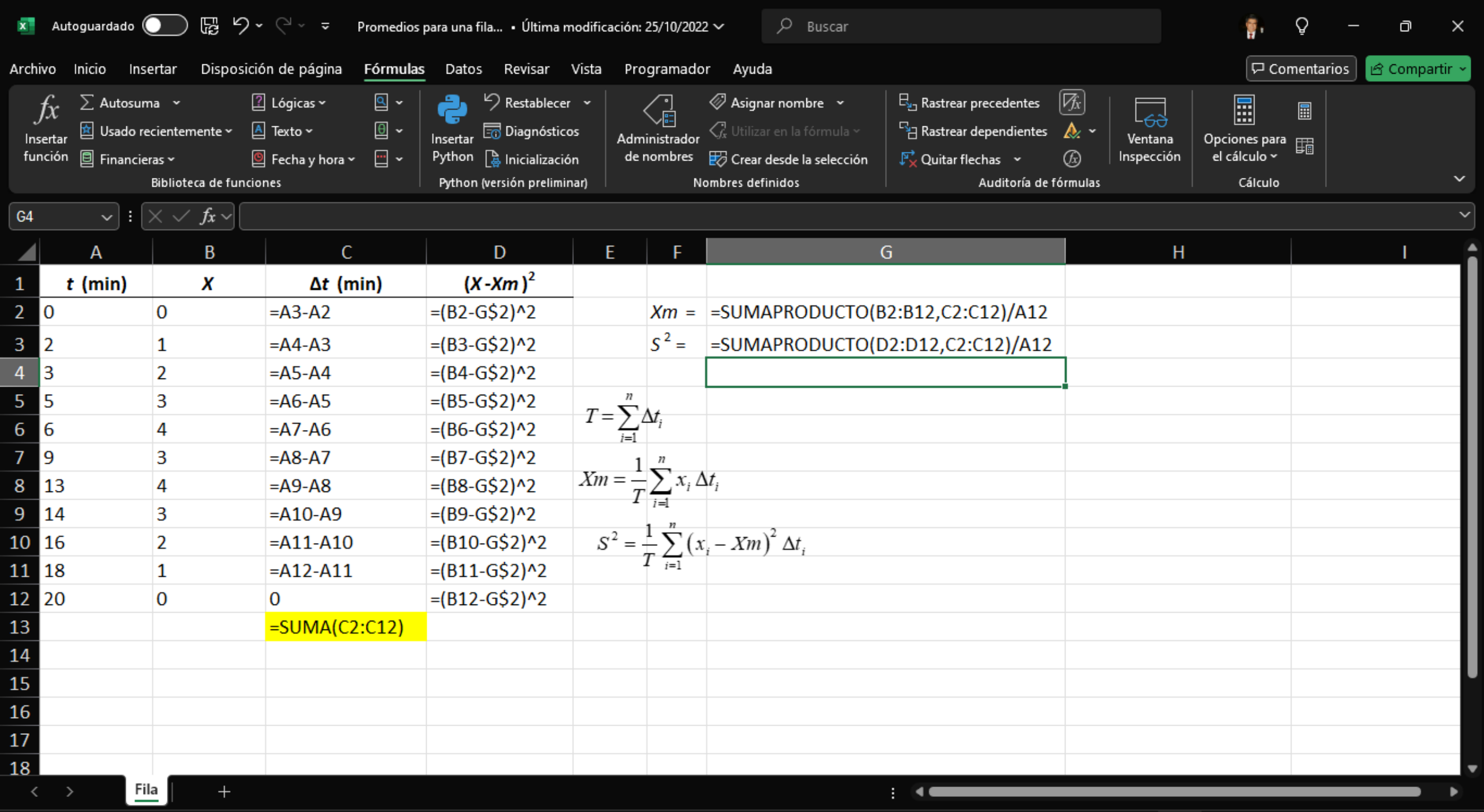
	A	B	C	D
1	**t (min)**	**X**	**Δt (min)**	**$(X-Xm)^2$**
2	0	0	2	5.76
3	2	1	1	1.96
4	3	2	2	0.16
5	5	3	1	0.36
6	6	4	3	2.56
7	9	3	4	0.36
8	13	4	1	2.56
9	14	3	2	0.36
10	16	2	2	0.16
11	18	1	2	1.96
12	20	0	0	5.76
13			20	

	F	G
2	Xm =	2.4
3	S^2 =	1.54

$$T = \sum_{i=1}^{n} \Delta t_i$$

$$Xm = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{n} x_i \, \Delta t_i$$

$$S^2 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{Xm})^2 \, \Delta t_i$$



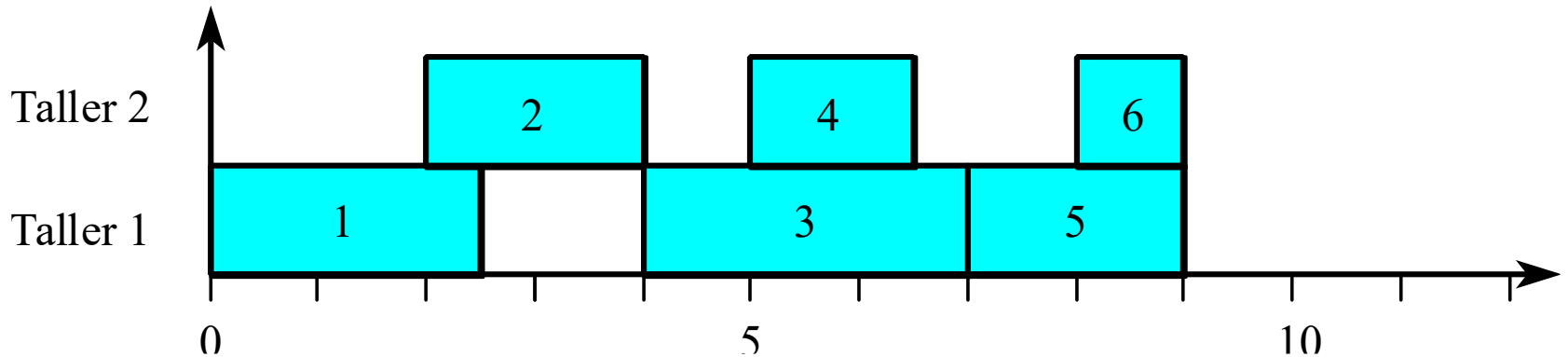
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	***t* (min)**	***X***	**Δ*t* (min)**	**$(X-Xm)^2$**					
2	0	0	=A3-A2	=(B2-G$2)^2		*Xm* =	=SUMAPRODUCTO(B2:B12,C2:C12)/A12		
3	2	1	=A4-A3	=(B3-G$2)^2		S^2 =	=SUMAPRODUCTO(D2:D12,C2:C12)/A12		
4	3	2	=A5-A4	=(B4-G$2)^2					
5	5	3	=A6-A5	=(B5-G$2)^2	$T=\sum_{i=1}^{n}\Delta t_i$				
6	6	4	=A7-A6	=(B6-G$2)^2					
7	9	3	=A8-A7	=(B7-G$2)^2					
8	13	4	=A9-A8	=(B8-G$2)^2	$Xm=\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n}x_i\,\Delta t_i$				
9	14	3	=A10-A9	=(B9-G$2)^2					
10	16	2	=A11-A10	=(B10-G$2)^2	$S^2=\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n}(x_i-Xm)^2\,\Delta t_i$				
11	18	1	=A12-A11	=(B11-G$2)^2					
12	20	0	0	=(B12-G$2)^2					
13			=SUMA(C2:C12)						
14									
15									
16									
17									
18									

Resultados

- Número de aviones que entraron
- Número de aviones que salieron
- Tiempo total de espera
- Tiempo medio de espera
- Longitud media de la fila
- Tiempo de utilización del Taller

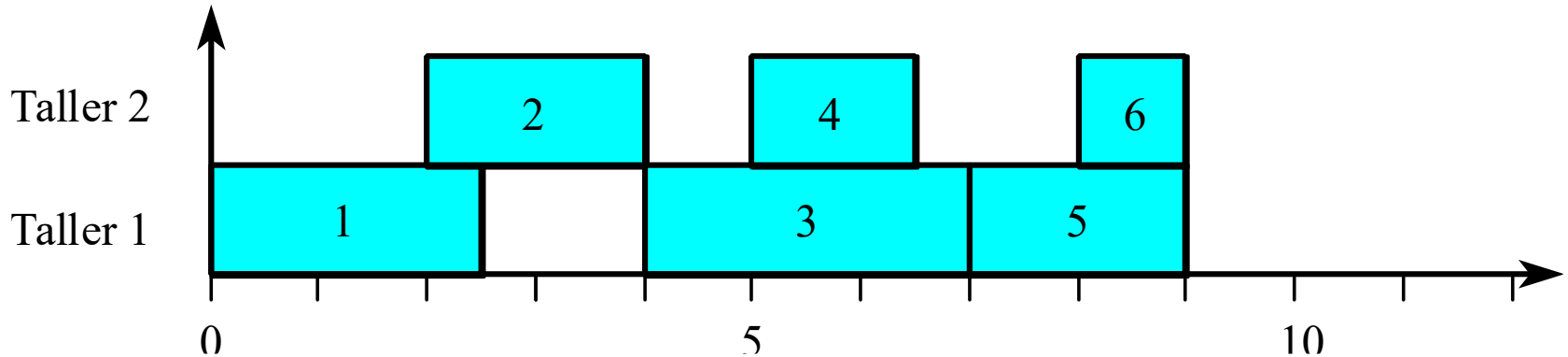
Utilización media

- Utilización: x = Si(*utilizado*,1,0)
- Utilización media: Promedio basado en tiempo
- Taller 1 = (2.5 + 3 + 2)/10 = 0.75
- Taller 2 = (2 + 1.5 + 1)/10 = 0.45
- Talleres utilizados = 0.75 + 0.45 = 1.2



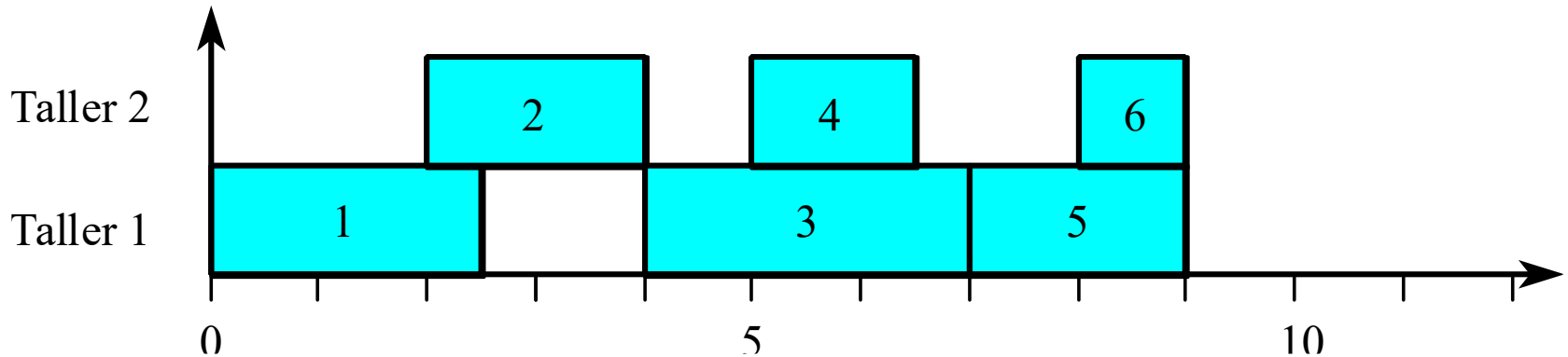
Tiempo de ocupación medio

- Variable: Tiempo que duró cada ocupación
- Promedio: Basado en observaciones (ocupaciones)
- Taller 1 = (2.5 + 5)/2 = 3.25 día/ocupación
- Taller 2 = (2 + 1.5 + 1)/3 = 1.5 día/ocupación
- Talleres = (3.25 + 1.5)/2 = 2.375 día/(ocupación taller)



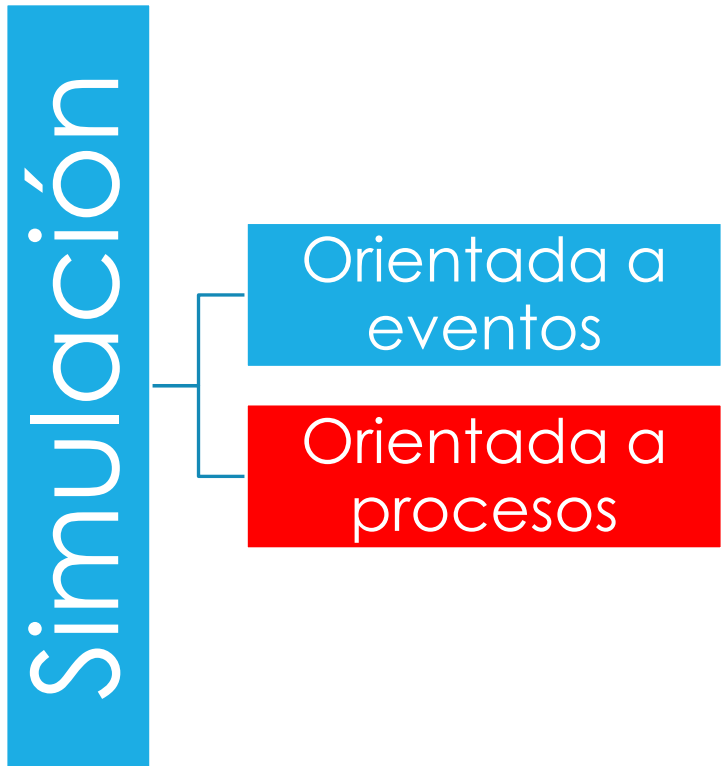
Tiempo ocioso medio

- Variable: Tiempo que duró cada detención
- Promedio: Basado en observaciones (detenciones)
- Taller 1 = (1.5 + 1)/2 = 1.25 día/detención
- Taller 2 = (2 + 1 + 1.5 + 1)/4 = 1.375 día/detención
- Talleres = (1.25 + 1.375)/2 = 1.3125 día/(detención taller)

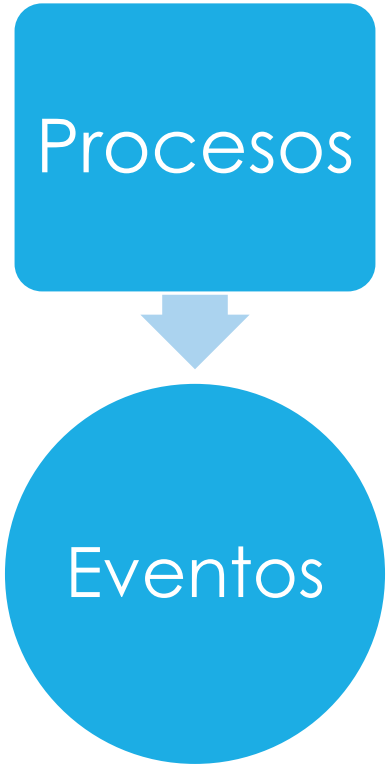


Enfoque orientado a procesos

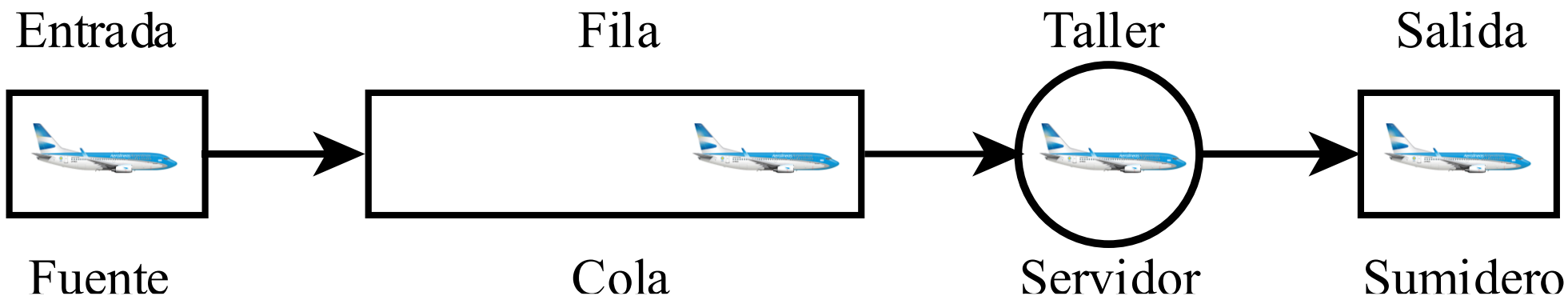
Enfoques para considerar el tiempo



Enfoque orientado a procesos

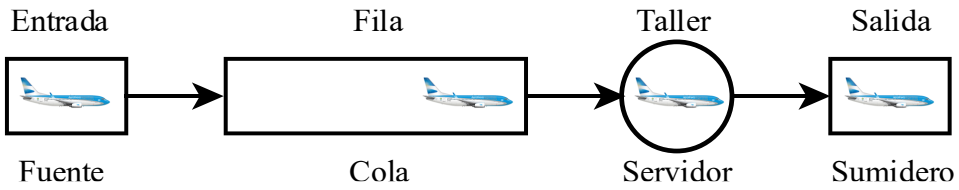


Simulación orientada a procesos



Simulación orientada a procesos

Procesos



Eventos

- Inicio de la revisión
- Finalización de la revisión
- Inició del mantenimiento
- Finalización del mantenimiento

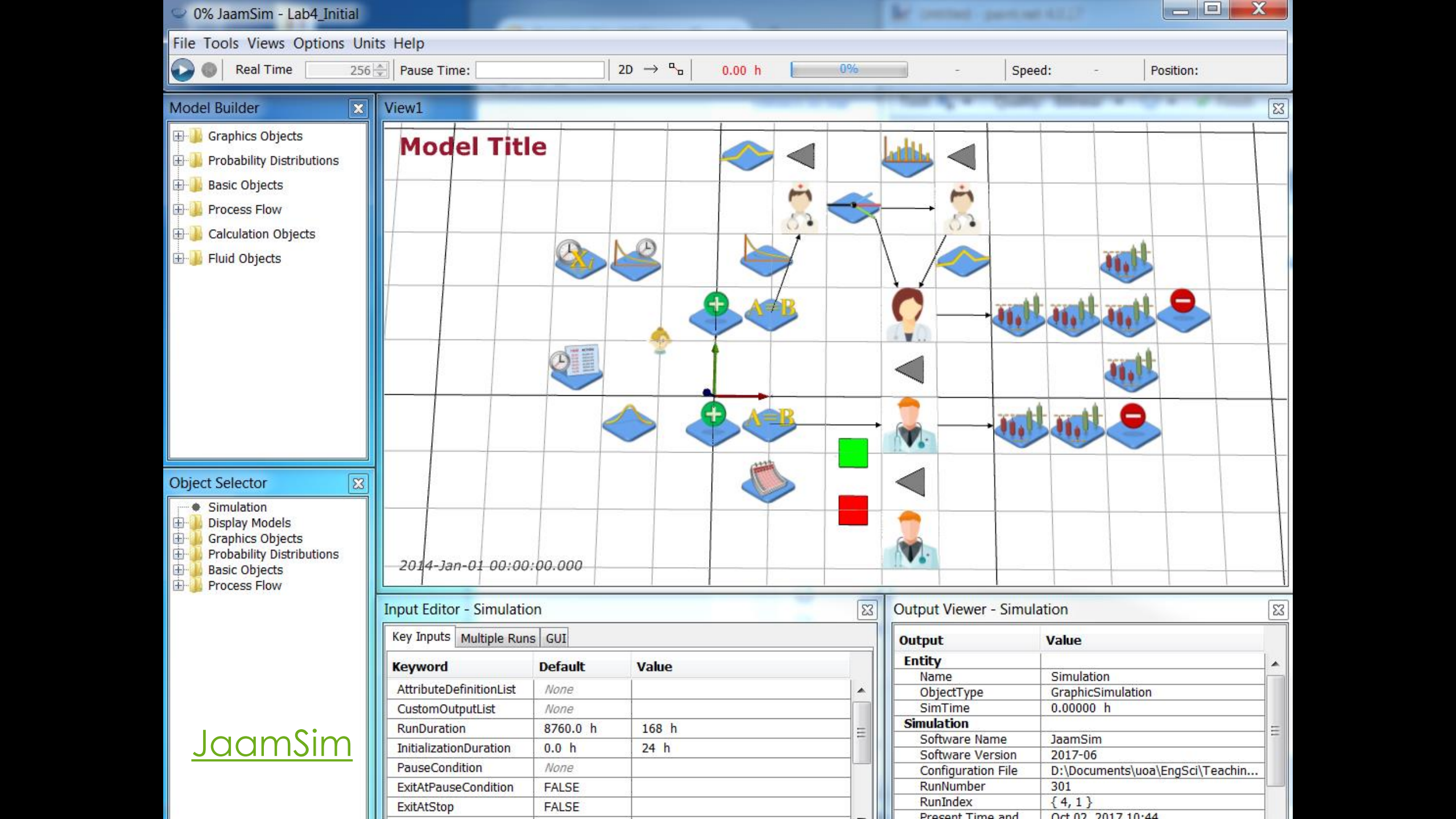
Software para simulación

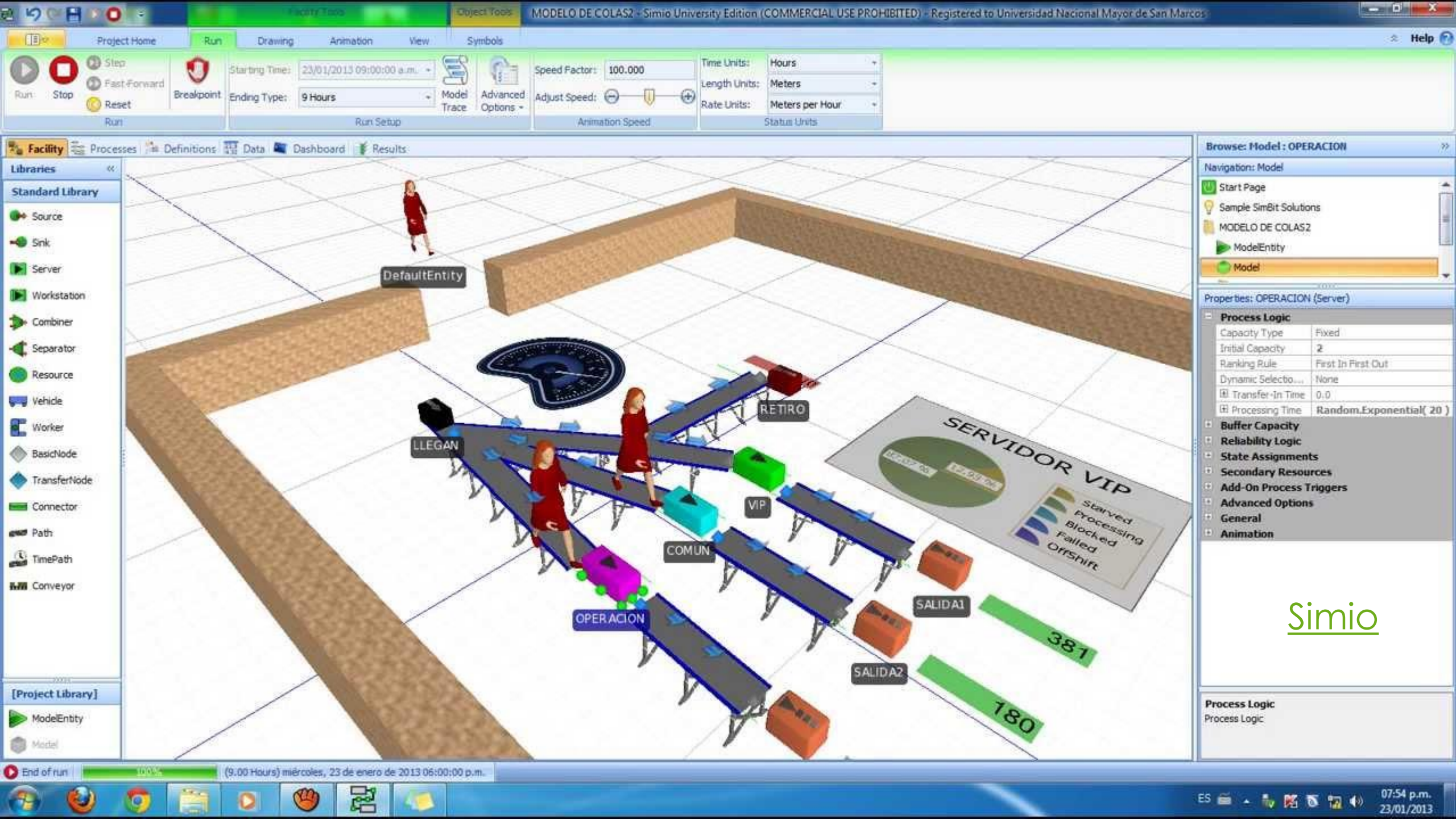
Lenguajes para simulación

- Propósito general:
  - FORTRAN
  - C
  - Pascal
- Orientados a eventos:
  - SIMSCRIPT
  - SLAM
- Orientados a procesos:
  - GPSS
  - SIMAN
  - SIMNET

SIMSCRIPT II.5 Main program
Queueing Model

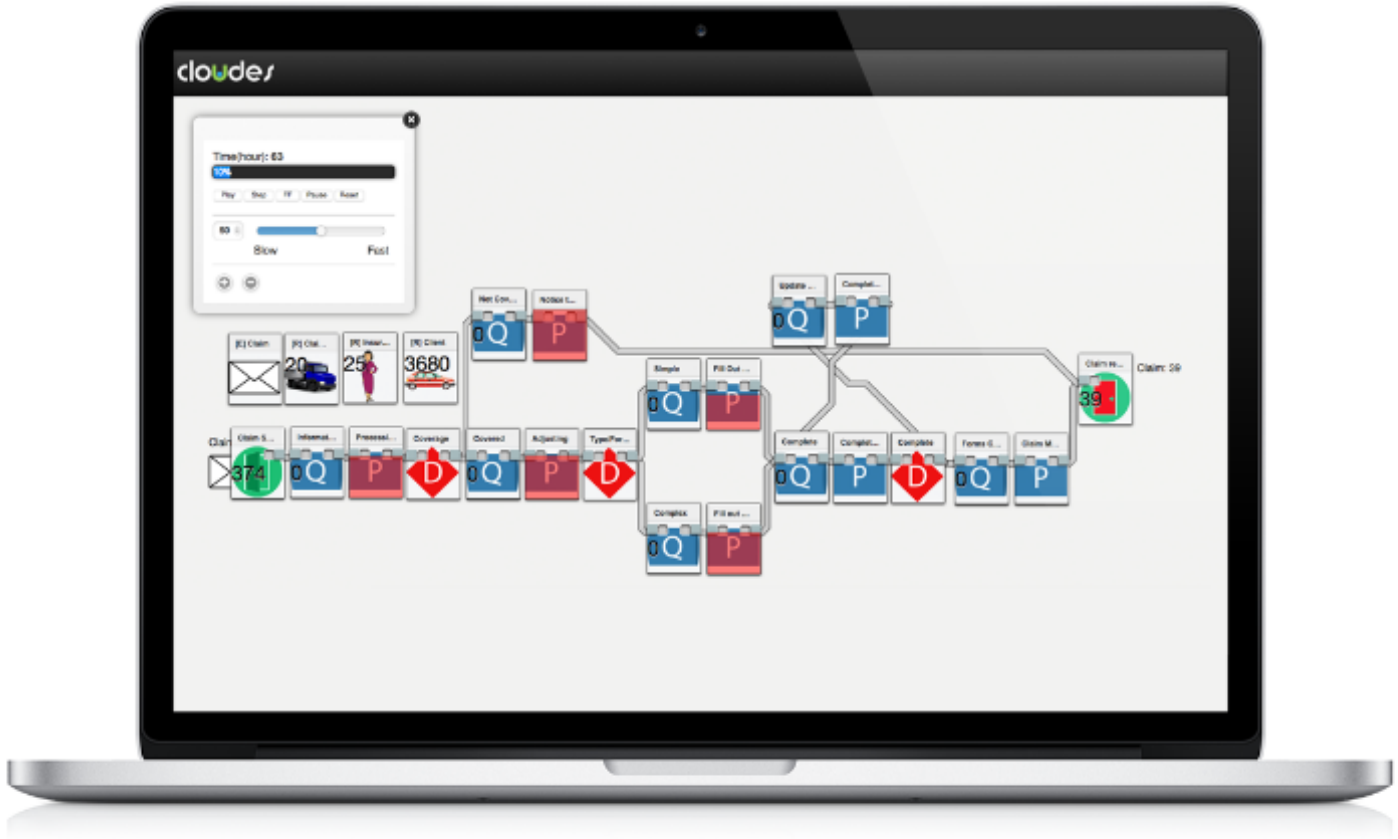
```
1 MAIN
2
3       READ MEAN.INTERARRIVAL.TIME,
4               MEAN.SERVICE.TIME, AND TOT.DELAYS
5
6       CREATE EVERY SERVER(1)
7       LET U.SERVER(1) = 1
8
9       ACTIVATE AN ARRIVAL.GENERATOR NOW
10
11      START SIMULATION
12
13 END
```


0% JaamSim - Lab4_Initial
File Tools Views Options Units Help
Real Time 256 Pause Time: 2D 0.00 h 0% Speed: Position:
Model Builder
Graphics Objects
Probability Distributions
Basic Objects
Process Flow
Calculation Objects
Fluid Objects
View1
Model Title
2014-Jan-01 00:00:00.000
Object Selector
Simulation
Display Models
Graphics Objects
Probability Distributions
Basic Objects
Process Flow
JaamSim
Input Editor - Simulation
Key Inputs Multiple Runs GUI
Keyword Default Value
AttributeDefinitionList None
CustomOutputList None
RunDuration 8760.0 h 168 h
InitializationDuration 0.0 h 24 h
PauseCondition None
ExitAtPauseCondition FALSE
ExitAtStop FALSE
Output Viewer - Simulation
Output Value
Entity
Name Simulation
ObjectType GraphicSimulation
SimTime 0.00000 h
Simulation
Software Name JaamSim
Software Version 2017-06
Configuration File D:\Documents\uoa\EngSci\Teachin...
RunNumber 301
RunIndex { 4, 1 }


MODELO DE COLAS2 - Simio University Edition (COMMERCIAL USE PROHIBITED) - Registered to Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Project Home
Run
Drawing
Animation
View
Symbols
Help
Run
Stop
Step
Fast Forward
Reset
Breakpoint
Starting Time:
23/01/2013 09:00:00 a.m.
Ending Type:
9 Hours
Model Trace
Advanced Options
Speed Factor:
100.000
Adjust Speed:
Time Units:
Hours
Length Units:
Meters
Rate Units:
Meters per Hour
Facility
Processes
Definitions
Data
Dashboard
Results
Libraries
Standard Library
Source
Sink
Server
Workstation
Combiner
Separator
Resource
Vehicle
Worker
BasicNode
TransferNode
Connector
Path
TimePath
Conveyor
[Project Library]
ModelEntity
Model
DefaultEntity
LLEGAN
RETIRO
VIP
COMUN
OPERACION
SALIDA1
SALIDA2
SERVIDOR VIP
Starved
Processing
Blocked
Failed
OffShift
381
180
Browse: Model : OPERACION
Navigation: Model
Start Page
Sample SimBit Solutions
MODELO DE COLAS2
ModelEntity
Model
Properties: OPERACION (Server)
Process Logic
Capacity Type
Fixed
Initial Capacity
2
Ranking Rule
First In First Out
Dynamic Selecto...
None
Transfer-In Time
0.0
Processing Time
Random.Exponential(20)
Buffer Capacity
Reliability Logic
State Assignments
Secondary Resources
Add-On Process Triggers
Advanced Options
General
Animation
Simio
Process Logic
Process Logic
End of run
100%
(9.00 Hours) miércoles, 23 de enero de 2013 06:00:00 p.m.
ES
07:54 p.m.
23/01/2013

cloudes

Email | Password | Log in | Sign up | Forgot password? | Learn

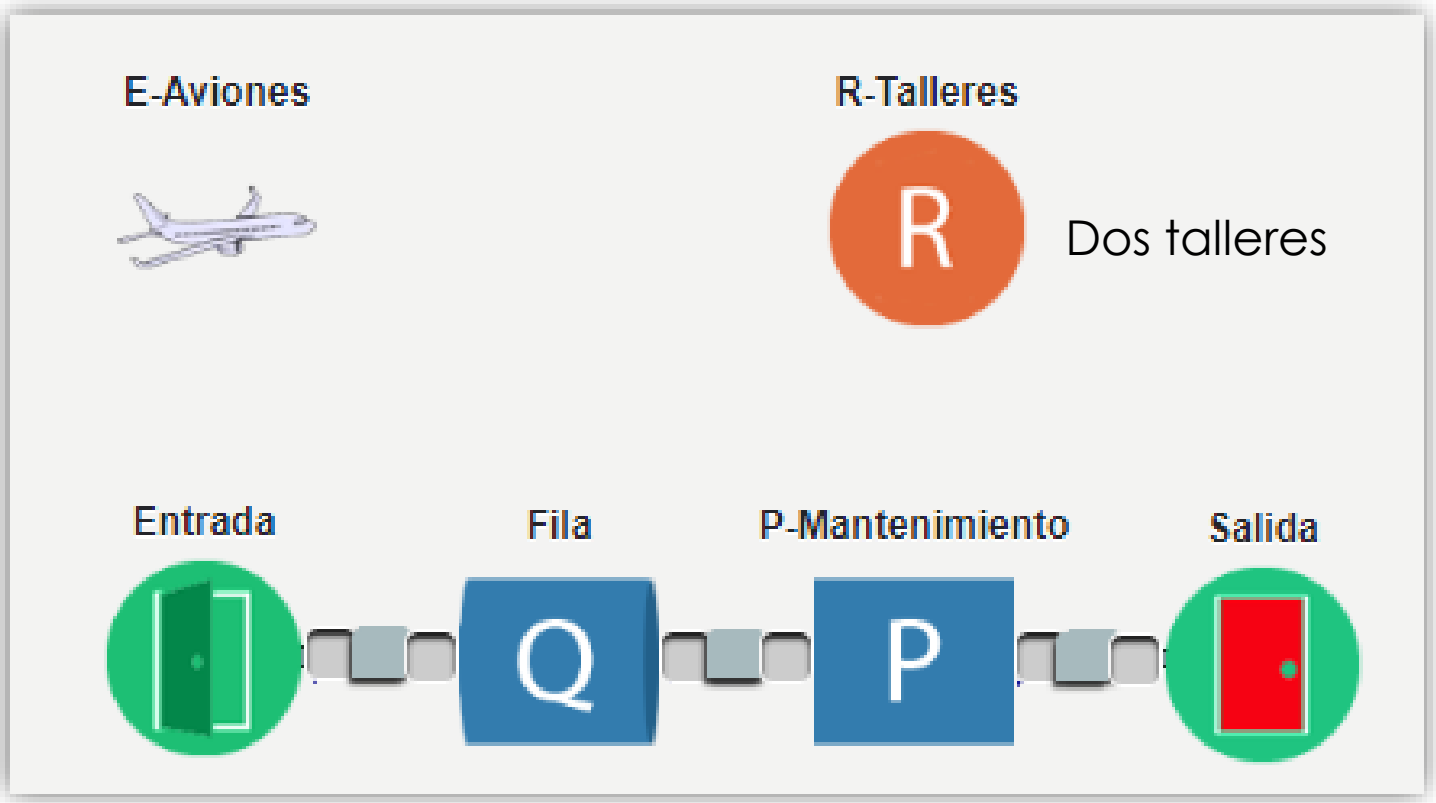


LEARN BUILD & PLAY

with Simulations

cloudes

Cloudes



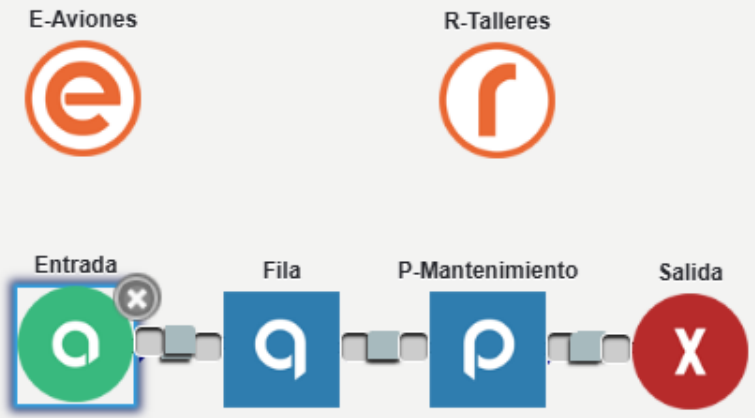
Exponencial(3)

Uniforme(1,3)

Aviones

Diseño Conceptual

Construcción de Si...



Aviones

Diseño Conceptual

Construcción de Sim...

Herramientas

Nombre: Entrada

Descripción:

Entidad: Aviones

Tiempo Entre-llegadas: Exponential

3

Use un programa de tiempos entre-llegadas

Entidades por llegada: Constant

1

Establecer el tiempo de la primera llegada

Salvar

Aviones

Diseño Conceptual
Construcción de Sim...
Herramientas

Upload Documentation

Visibilidad: Privada

Solo usted puede ver la simulación

Nombre de la simulación: Aviones

Descripción Breve: This is a simple example of a DES simulation.

Etiquetas: e.g. Securidad Aeroportuaria

Longitud de la Simulación: 30

Unidad de tiempo: Dias

Intervalo de Tiempo de la Gráfica: 1

Tipo de Gráfica: Linea

Salvar

Salida

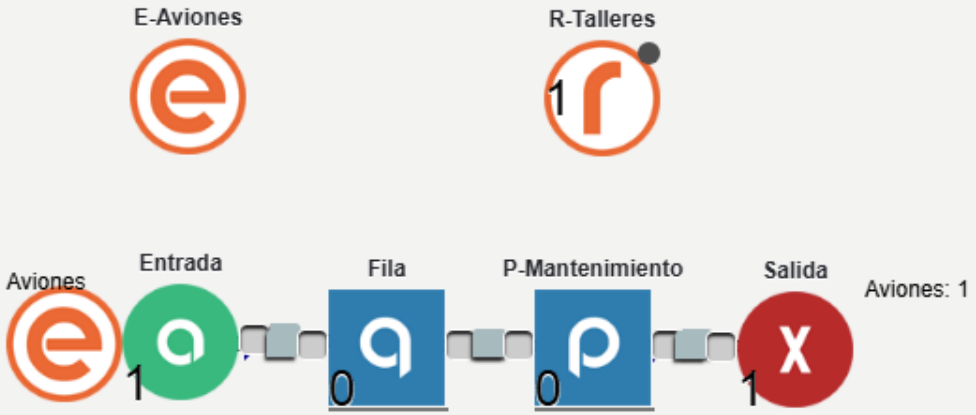
Tiempo(day): **5**

Correr | Paso a Paso | Pausa | Reajustar

50

Despacio — Adelantar

Rápido



Aviones

Diseño Conceptual

Construcción de Sim...

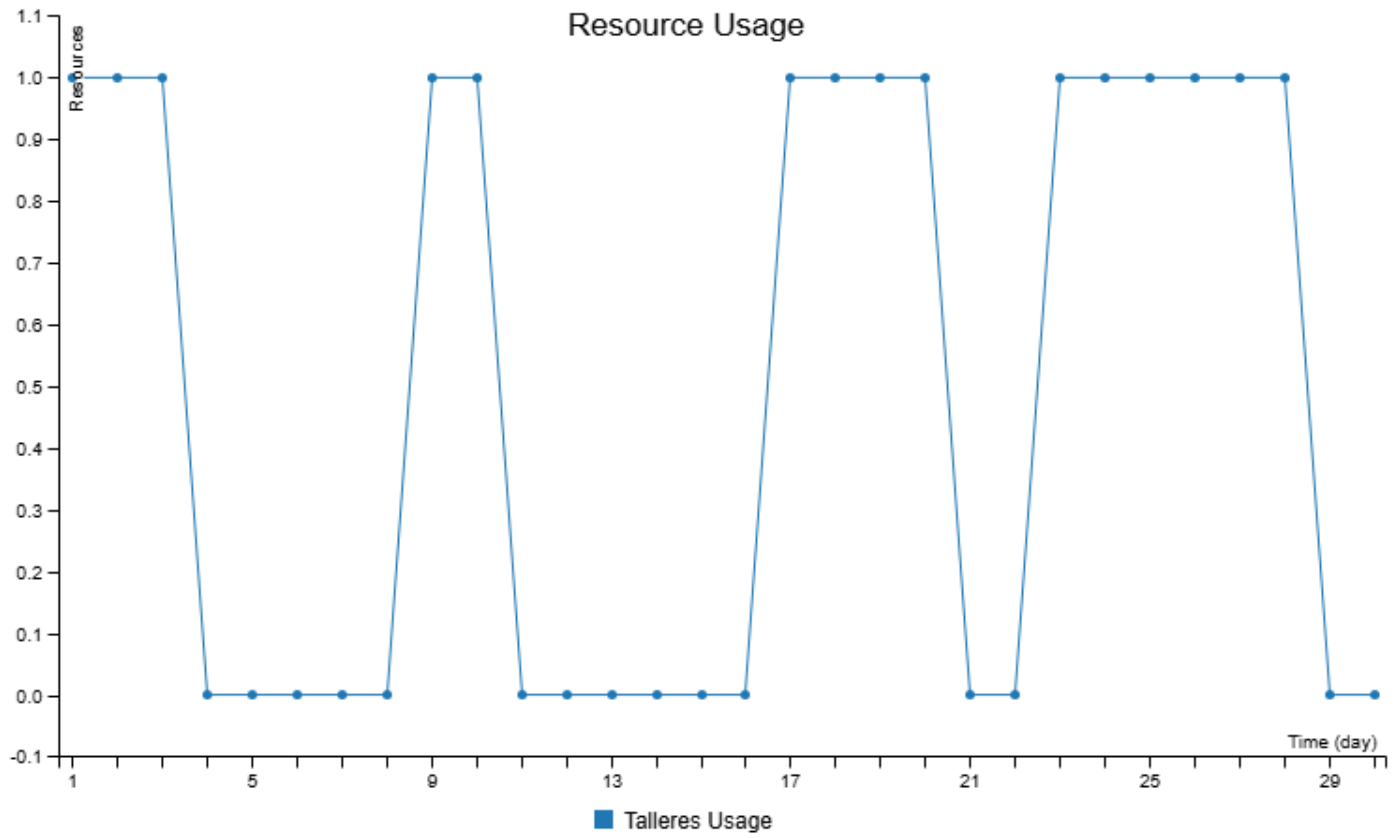
Herramientas

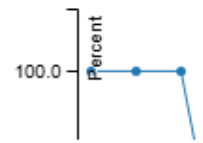
21:49:39 Contrucción finalizada.

Longitud de Simulación: 30 day

Repeticiones: 1

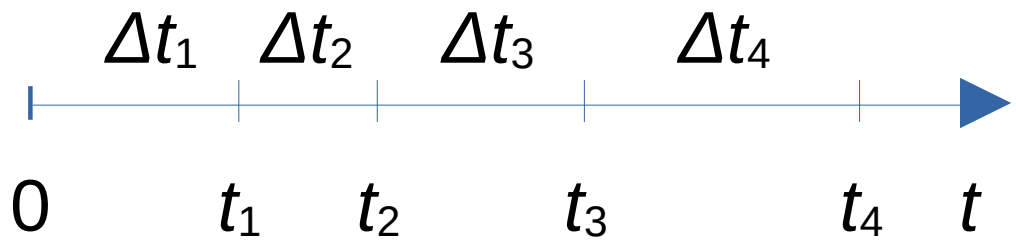
Save as .xls



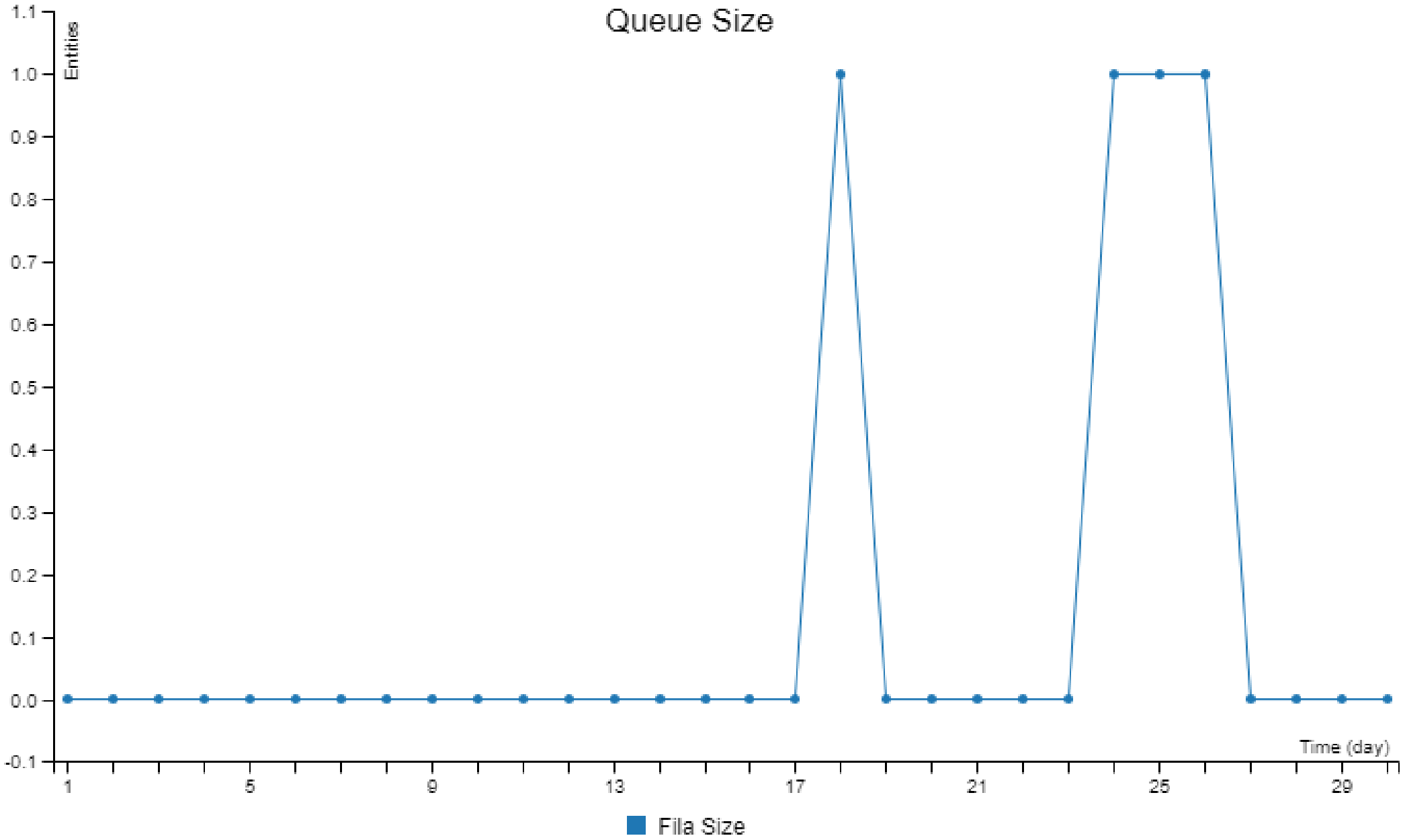


Paso variable de tiempo

- Paso variable Δt
- $f(\Delta t) \rightarrow$ generadores
- Procedimiento:
  1. Inicializar
  2. Determinar el siguiente evento A.
  3. Dar un paso Δt hasta A.
  4. Modificar el estado.
  5. Agendar eventos futuros.
  6. Si no finalizó, ir a 2.



Requiere generador $f(\Delta t)$


Queue Size
Entities
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
-0.1
1
5
9
13
17
21
25
29
Time (day)
Fila Size

Longitud de Simulación: 30 day

Repeticiones: 1

Entrada	
Total Arrivals	7

Mantenimiento	
Avg Process Time (day)	2.143
Total Idle Time (day)	15
Total Entities Processed	7

Salida	
"Aviones" Exited	7
Total Exited	7

Fila	
Entities Denied (Max Queue Size)	0
Entities Balked (Wait Time Limit)	0
Dequeued	7
Queue Max	2
Queue Final	0
Queue Avg	0.141
Max Wait Time (day)	2
Avg Wait Time (day)	0

Talleres	
Quantity Final	1
Max Utilization (%)	100
Avg Utilization (%)	50

Aviones	
Total Arrived	7
Total Exited	7
Total Dropped	0
Total Representing A Batch	0
Total Separated	0
Avg Time In System (day)	2.71

Mapa curricular de generación de variables aleatorias

1. Simulación de Monte Carlo
2. El tiempo
3. Enfoque orientado a eventos
4. Paso de reloj constante
5. Paso de reloj variable
6. Análisis de resultados
7. Enfoque orientado a procesos
8. Simuladores