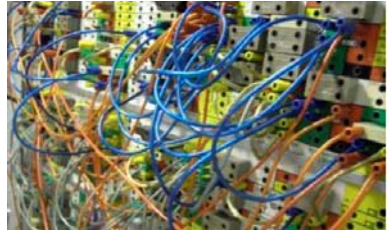


**SIMULACIÓN SISTEMAS DE COLAS**



## SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE COLAS

Los sistemas de colas son modelos de sistemas que proporcionan un servicio. Como modelo, pueden representar sistema donde clientes llegan buscando un servicio de algún tipo y salen después de que dicho servicio haya sido atendido.

Entre simuladores, QSIM y a QSS de WinQSB.



### SIMULADOR DE COLAS - QSS (Queuing System Simulation)

QSS es un simulador de WinQSB que permite imitar un sistema de colas con múltiples servidores, diversos tipos de clientes y varias colas. Cada tipo de clientes puede tener distintos tipos de llegadas y tiempos de servicio que habrá que especificar.

Cuando un cliente sale de un servidor, éste pasa a la siguiente cola o servidor o acaba el servicio. Si la cola está llena, el cliente se queda en el servidor que está hasta que haya espacio. Si el cliente se va a unir a otra cola, se le puede asignar un tiempo fijo de llegada a esa cola (tiempo de transferencia).

QSS siempre supone que la población es infinita, por tanto, no permite simular situaciones donde la población es finita.

Al ejecutar Qss.exe se accede al procedimiento de simulación de sistemas de colas. En la barra de menú aparece la opción File donde se puede abrir un problema nuevo o cargar los datos de uno que se tenga definido con anterioridad.

Al abrir un nuevo problema, aparece una pantalla donde hay que dar el número total de Componentes del sistema de colas ( $n^{\circ}$  de tipos de clientes +  $n^{\circ}$  de colas +  $n^{\circ}$  de servidores) y la unidad de tiempo en la que se va a trabajar.

Se introducen los datos en un formato de matriz (Spreadsheet).

- Tasa de llega de clientes (Customer Arriving Source).
- Colas (Queue). Líneas de espera.
- Servidores (Server): Se especifica la cantidad de servidores en el sistema.
- Colectores de Basura (Garbage Collector): Indica la posibilidad que el cliente abandone el proceso sin terminarlo. Puede ser considerado como un defecto en el sistema..

A continuación aparece una matriz donde hay que introducir los datos del sistema de colas, por columnas.

Conviene hacer un gráfico del funcionamiento del sistema antes de comenzar a introducir los datos.

Component Name	Type (C/S/Q/G)	Immediate Follower (Name / Prob / TransferTime, separated by ':')	Input Rule	Output Rule	Queue Discipline	Queue Capacity	Attribute Value	Interarrival Time Distribution	Batch Size Distribution	Service Time Distribution
Servidor 1	S									
Servidor 2	S									
Cientes	C									
Cola	Q									

1ª columna: Tipo de componente, que ya se ha rellenado en la pantalla anterior.

2ª columna (Immediate follower), con formato completo Immediate follower/Prob/transfer time. Lo primero que hay que indicar para cada componente del sistema es el siguiente componente al que éste se encuentra conectado.

Prob se utiliza sólo cuando los componentes del sistema están conectados con cierta probabilidad. Si no es así, dejar en blanco (/). El tiempo de transferencia es el tiempo que se tarda en llegar de un componente al siguiente. Si éste se considera despreciable, no se indica nada.

3ª-4ª columnas (Input rule-Output rule): Solo hay que rellenarlas en caso de que se puede acceder a un servidor desde varios componentes (Input) o la salida de un servidor se puede dirigir a varios componentes (Output). Como reglas de selección para una situación dada, QSS utiliza las siguientes:

1. Random: Elección aleatoria (es la establecida por defecto)
2. Probability: Se elige basado en una regla de probabilidad
3. RoundRobin: Se elige en orden round robin
4. Assembly: el servidor elige un individuo de cada cola a la vez. Hay que esperar a que todas las colas tengan al menos un cliente.
5. DisAssembly: Cuando un servidor acaba el servicio, manda un cliente a cada una de las colas.
6. LongestQueue: Se elige la cola más larga
7. ShortestQueue: Se elige la cola más corta
8. MaxQueueCapacity: Se elige la cola con mayor capacidad
9. MinQueueCapacity: Se elige la cola con menor capacidad

Se pueden escribir solo las tres primeras letras.

5ª columna (Queue discipline): Solo se rellena para las componentes tipo cola indicando con qué regla los clientes de una cola van a pasar al servidor. Las reglas que están implementadas en QSS son:

1. FIFO: Se sirve primero al que llegó primero a la cola
2. LIFO: Se sirve primero al último que llegó a la cola
3. Random: Se sirve de manera aleatoria
4. PriorityIndex: Se sirve primero a los clientes en cola que tengan un índice de prioridad mayor.
5. SPT: Se sirve primero a los clientes que necesiten menor tiempo de procesamiento.
6. LPT: Se sirve primero a los clientes que necesiten un mayor tiempo de procesamiento.
7. MaxWorkDone: Se sirve primero al que mayor tiempo de procesamiento total lleva.
8. MinWorkDone: Se sirve primero al que menor tiempo de procesamiento total lleva.

Se pueden escribir solo las tres primeras letras. La opción por defecto es FIFO, en cuyo caso no hace falta rellenarlo.

6ª columna (Queue capacity): QSS reserva, por defecto, un espacio de 50 clientes para el tamaño de las colas, pero es imprescindible introducir un número en la capacidad de cualquier cola.

7ª columna (Attribute value): Solamente se rellena en las colas cuya disciplina sea Priority Index: se sirve primero al que mayor índice de prioridad tenga.

8ª columna (Interarrival Time distribution): Distribución del tiempo entre llegadas consecutivas de los clientes al sistema. Habitualmente son:

Exp/a/b: Exponencial de media b, tomando valores para  $x > a$ . Normalmente,  $a = 0$

Erlang/a/b/k: Erlang con k entero,  $kb = \text{media}$ , tomando valores para  $x > a$ . Normalmente,  $a = 0$

Normal/ $\mu$ / $\sigma$ : Normal con  $\mu = \text{media}$  y  $\sigma = \text{desviación típica}$ .

Constante: No hace falta poner Constante, solo el valor de la constante.

Información sobre posibles distribuciones en QSS: [Help/About QSS/Probability distributions](#)

9ª columna (Batch size distribution): Los clientes llegan al sistema solos o en grupo. Si la llegada es en grupo, el tamaño del grupo se considera una variable aleatoria discreta y hay que dar la distribución. Consultar la ayuda para ver que distribuciones discretas admite QSS y cómo se introducen.

10ª columna (Service time distribution): Para cada servidor hay que dar la distribución del tiempo de servicio. Puede ocurrir que un servidor tenga tiempos de servicio diferentes para clientes de distinto tipo. Entonces, se indicará la distribución del tiempo de servicio para cada cliente, separada por comas: Cliente A/exp/0/0.3, Cliente B/normal/1/5

**SIMULACIÓN EN UN BANCO:** Un banco posee dos cajeros (1 y 2) que atienden a un cliente en un promedio de 15 minutos con una desviación de 0,01. La tasa de llegada de clientes es de 1 cada 10 minutos, y hacen una sola cola cuya capacidad es de máximo 15 clientes. Se considera que la llegada de los clientes se comporta de forma similar a una distribución Poisson y los cajeros con una distribución normal.

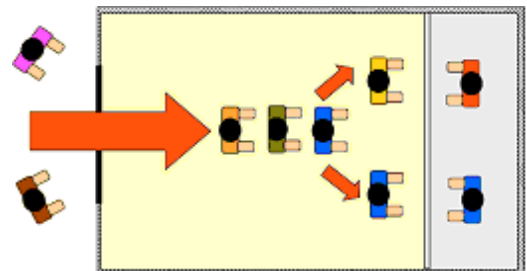
Simular con 100 minutos el tiempo del modelo descrito.

Tasa de llegada:  $\lambda = 0,1$  cliente/minuto en cada cajero

Tasa de servicio:  $\frac{1}{\mu} = \frac{1}{15} = 0,06667$  cliente/minuto cajero

$\sigma = 0,01$

Capacidad = 15 personas/fila



Se observan tres actores principales:

- Dos cajeros, los cuales serán considerados como servidores.
- Los clientes, representados por una tasa de llegada.
- La cola o línea de espera, a donde los clientes llegan para ser atendidos.

Se considera que el Banco utiliza un sistema de espera tipo PEPS (FIFO – First In First Out), es decir, los primeros clientes que entran serán los primeros en ser atendidos.

### WinQSB/ Queuing System Simulación

Problem Specification

To define a queuing system, four system components are considered: customer arriving populations such as different type of materials or different age groups, servers such as machines or clerks, queues for buffer storages or waiting lines, or garbage collectors for defectives.

Problem Title: BANCO

Number of System Components: 4

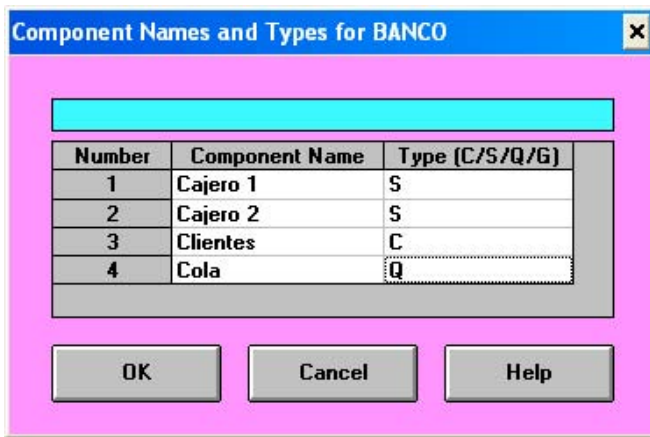
Time Unit: minuto

Data Entry Format

Spreadsheet

Graphic Model

OK Cancel Help



Component Name	Type [C/S/Q/G]	Immediate Follower (Name / Prob / TransferTime, separated by ',')	Input Rule	Output Rule	Queue Discipline	Queue Capacity	Attribute Value	Interarrival Time Distribution	Batch Size Distribution	Service Time Distribution
Cajero 1	S									
Cajero 2	S									
Clientes	C									
Cola	Q									

Se comienza introduciendo los datos para los Cajeros, denotando que los Cajeros dependen de los Clientes. En la columna Distribución de tiempos de servicio (Service Time Distribution) se introduce Clientes/Normal/0.06667/0.01

La notación completa es: **Nombre predecesor/Distribución/Parámetro 1/Parámetro 2/Parámetro 3**

La primera corresponde a la conexión con los clientes, la segunda a la distribución de probabilidad de los servidores y los siguientes datos (parámetros) son utilizados de acuerdo a la información requerida por la distribución (por ejemplo, la distribución Normal requiere de dos parámetros: media y desviación típica).

Las distribuciones disponibles son:

- Beta (Beta)
- Binomial (Binomial)
- Constante (Constant)
- Discreta (Discrete)
- Erlang (Erlang)
- Exponencial (Exponential)
- Gamma (Gamma)
- Hypergeométrica (Hypergeometric)
- Laplace (Laplace)
- Normal (Normal)
- Pareto (Pareto)
- Poisson (Poisson)
- Función de poder (Power Function)
- Triangular (Triangular)
- Uniforme (Uniform)
- Weibull (Weibull)

De igual forma análoga, se completan los parámetros para los clientes. Primero se indica la dependencia de una de las colas en la columna Sucesor inmediato (Immediate Follower). Posteriormente, en la columna Distribución del tiempo entre llegada (Interarrival Time Distribution) con el siguiente formato:

### Distribución/Parámetro 1/Parámetro 2/Parámetro 3

En este caso, la distribución quedaría: Poisson/0.1

Los parámetros 2 y 3 no son requeridos para esta distribución.

Queuing System Simulation										
BANCO										
Component Name	Type (C/S/Q/G)	Immediate Follower (Name / Prob / TransferTime, separated by ',')	Input Rule	Output Rule	Queue Discipline	Queue Capacity	Attribute Value	Interarrival Time Distribution	Batch Size Distribution	Service Time Distribution
Cajero 1	S									Cientes/Normal/ 0.06667/0.01
Cajero 2	S									Cientes/Normal/ 0.06667/0.01
Cientes	C	Cola						Poisson/0.1		
Cola	Q									

La columna Distribución de los tamaños de los lotes (Batch Size Distribution), indica si los clientes llegan de forma agrupada o individual.

En este caso, la columna se rellena con **Constant/1**, indicando que los Clientes llegan al Banco de uno a uno.

Para programar la Cola, hay que indicar que los dos Cajeros se alimentarán de ella colocando los nombres en las casillas correspondientes a la columna Sucesor inmediato (Immediate Follower).

En Disciplina de la cola (Queue Discipline) se marca FIFO y en Capacidad de la Cola (Queue Capacity) su capacidad (máximo 15 personas en espera).

Queuing System Simulation										
BANCO										
Component Name	Type (C/S/Q/G)	Immediate Follower (Name / Prob / TransferTime, separated by ',')	Input Rule	Output Rule	Queue Discipline	Queue Capacity	Attribute Value	Interarrival Time Distribution	Batch Size Distribution	Service Time Distribution
Cajero 1	S									Ciente/Normal/0.06667/0.1
Cajero 2	S									Ciente/Normal/0.06667/0.1
Cliente	C	Cola						Poisson/0.1	Constant/1	
Cola	Q	Cajero 1 , Cajero 2			FIFO	15				

Para resolver el problema: **Solve and Analyze / Perform Simulation**

Based on the specified random seed, simulation time, and/or maximum number of observations, the program simulates the queuing system according to the data entry specification. Press "Simulate" to start the simulation, and press "Cancel" to quit the simulation. Press "Show Analysis" for the result.

**Random Seed**

Use default random seed

Enter a seed number

Use system clock

Random number seed: 27437

Simulation time in minuto: 100

Data collection start time at minuto:

Maximum number of data collections (observations): M

% of simulation done:

Current time:

Number of observations collected:

Pulsando **Show Analysis**

**Queuing System Simulation**

File Format Results Utilities Window Help

0.00 A

**Customer Analysis for BANCO**

	Result	Cliente
1	Total Number of Arrival	1139
2	Total Number of Balking	204
3	Average Number in the System (L)	2,4213
4	Maximum Number in the System	17
5	Current Number in the System	1
6	Number Finished	941
7	Average Process Time	0,0695
8	Std. Dev. of Process Time	0,0984
9	Average Waiting Time (Wq)	0,1878
10	Std. Dev. of Waiting Time	0,1904
11	Average Transfer Time	0
12	Std. Dev. of Transfer Time	0
13	Average Flow Time (W)	0,2573
14	Std. Dev. of Flow Time	0,2110
15	Maximum Flow Time	1,2615
	Data Collection: 0 to	100 minutos
	CPU Seconds =	2,8430

En los 100 minutos llegaron 1139 clientes (Total Number of Arrival).

El tiempo de espera promedio (Average Waiting Time) es de 0.1878

Número máximo de clientes en el sistema (Maximum Number in the System) es de 17 (15 es espera y 2 siendo atendidos).

Número promedio de clientes en el sistema (Average Number in the System) es de 2,4213

La opción [Results/Show Server Analysis](#) facilita información de los Cajeros.

**Queuing System Simulation**

File Format Results Utilities Window Help

0.00 A

**Server Analysis for BANCO**

	Server Name	Server Utilization	Average Process Time	Std. Dev. Process Time	Maximum Process Time	Blocked Percentage	# Customers Processed
1	Cajero 1	33,64%	0,0727	0,0961	0,3287	0,00%	463
2	Cajero 2	31,76%	0,0664	0,1005	0,4225	0,00%	478
	Overall	32,70%	0,0695	0,0984	0,4225	0,00%	941
Data	Collection:	0 to	100	minutos	CPU	Seconds =	2,8430

Los cajeros tuvieron un promedio de utilización (Server Utilization) del 32,70%.

El Cajero 1 atendió 463 Clientes y el Cajero 2 a 478 Clientes, siendo un total (Customer Processed) de 941 Clientes atendidos.



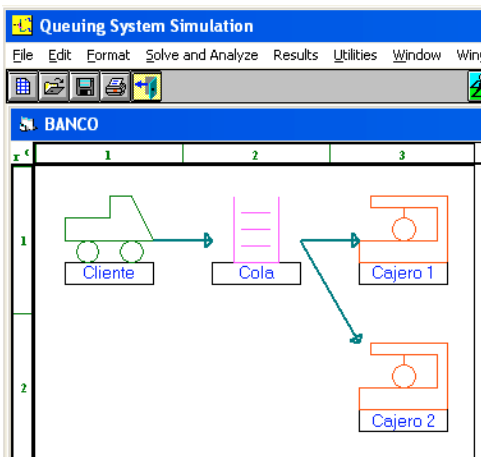
La opción [Results/Show Queue Analysis](#) facilita información sobre la Cola.

	Queue Name	Average Q. Length (Lq)	Current Q. Length	Maximum Q. Length	Average Waiting (Wq)	Std. Dev. of Wq	Maximum of Wq
1	Cola	1,7673	0	15	0,1880	0,1904	0,9859
Data	Collection:	0 to	100	minutos	CPU	Seconds =	2,8430

El promedio de Clientes en la Cola (Average Q. Length) es de 1,7673

El máximo de Clientes en la Cola (Maximun Q. Length) es de 15

Simulación en Modo Gráfico: [Format/Switch Graphic Model](#)



Para intercambiar los Modos: [Format/Switch to Matrix Form](#)





