



**asociación galega
de ciencia rexional**



XXXII REUNIÓN DE ESTUDIOS REGIONALES
OURENSE 16-18 NOVIEMBRE 2006

DESARROLLO DE REGIONES Y EURORREGIONES. EL DESAFÍO DEL CAMBIO RURAL

Ourense, 16-18 de noviembre de 2006

**TITULO DE LA COMUNICACIÓN: SIMULACIÓN DE COLAS CON
PRIORIDADES APLICADA A LA SANIDAD REGIONAL:
FUNCIONAMIENTO DE LAS LISTAS DE ESPERA QUIRÚRGICAS**

AUTORES: Sánchez García, Juan Francisco; Bernal García, Juan Jesús; Martínez María Dolores, Soledad María

FILIACIÓN: Universidad Politécnica de Cartagena

CONTACTO (DIRECCIÓN E E-MAIL): jf.sanchez@upct.es juanjesus.bernal@upct.es soledad.martinez@upct.es

Teléfono: 968 32 56 23, 968 32 56 20, 968 32 57 80

ÁREA TEMÁTICA: Técnicas de análisis regional

RESUMEN (MÁXIMO: 150 PALABRAS)

Aplicando las distintas técnicas de simulación existentes, y haciendo uso de la programación en Visual Basic para Aplicaciones (VBA), es posible dotar a la hoja de cálculo de toda la funcionalidad de herramientas más costosas realizadas a medida, ello unido al hecho de que al ser simulado el sistema con una aplicación estándar permite mayor flexibilidad frente a posibles cambios en el diseño del sistema que pueden ser fácilmente incorporados a la modelización inicialmente realizada, ganando así en adaptabilidad al problema concreto a resolver o analizar. Por tanto, se puede afirmar que es posible crear una herramienta eficaz para la simulación de fenómenos de espera con prioridades utilizando una aplicación de hoja de cálculo.

La utilización de estas técnicas permite efectuar la simulación completa de las listas de espera de cualquier institución sanitaria, habiéndose efectuado un estudio empírico con las lista de espera quirúrgicas de un hospital dependiente del Servicio Murciano de Salud, llegando a aportarse soluciones de dimensionamiento de los servicios quirúrgicos existentes para lograr el adecuado equilibrio entre recursos y calidad de los servicios prestados al paciente.

Introducción

Con el avance experimentado en la informática en las últimas décadas es posible acometer tareas que hasta hace relativamente poco tiempo era imposible efectuar si no era recurriendo a costosísimas estaciones de trabajo y a aplicaciones informáticas especialmente diseñadas para resolver un determinado tipo de procesos. Dentro de este tipo de aplicaciones especializadas encontramos toda una serie de software especializado en simulación de todo tipo de procesos. Es evidente que ningún software de otro tipo puede alcanzar los resultados obtenidos con las mismas, al menos en lo referente a velocidad de cálculo, pero sí es posible realizar los mismos algoritmos utilizando otro tipo de software que por el hecho de no estar tan especializado necesita de mayor tiempo de proceso, pero que a cambio presenta la gran ventaja de suponer un coste muy inferior.

Entre las posibilidades existentes cuando decidimos prescindir de aplicaciones informáticas de simulación podríamos citar las siguientes:

- a) Utilización de un lenguaje de programación para crear la aplicación informática necesaria. Esta opción presenta un esfuerzo considerable porque necesitaremos programar prácticamente todas las rutinas y algoritmos necesarios para realizar la simulación, aunque en algunas ocasiones podremos acceder a librerías accesibles para los fines perseguidos. Por otra parte, presenta la ventaja de que la aplicación que realicemos no será dependiente de aplicaciones de terceras partes por lo que será posible desarrollarlo para cualquier sistema operativo.
- b) Software matemático de uso general que permiten efectuar programación de rutinas y aplicaciones, aprovechando aquellos algoritmos que ya incorporan. Tal podría ser el caso de aplicaciones muy conocidas en el ámbito universitario como son Matemática, Matlab y otros. El gran inconveniente de esta opción es que se depende de software comercial que no siempre está disponible en todos los sistemas operativos.
- c) Software de propósito general que también permite su programación y que incorpora algunas rutinas y algoritmos. Estamos hablando expresamente de las hojas de cálculo que siendo un software ofimático de acceso general pueden ser fácilmente programadas utilizando lenguajes de programación alto nivel como Basic, JavaScript, C, etc. Evidentemente esta opción también comparte las desventajas de la opción anterior aunque sí existen aplicaciones de este tipo para prácticamente todos los sistemas operativos, algunas de ellos gratuitas por tratarse de software de código abierto.

En este trabajo vamos a presentar una solución de simulación utilizando la aplicación más extendida de hoja de cálculo, Microsoft® Excel realizando la programación de las rutinas de las cuales no dispone en el lenguaje de programación Visual Basic para Aplicaciones que incorpora en forma interpretada la propia aplicación. Debemos reconocer que recurrir a esta aplicación tiene un considerable coste en términos de limitación a determinados sistemas operativos (entre los que no está la familia Unix) aunque es posible realizar con un esfuerzo moderado la exportación a otros paquetes ofimáticos como OpenOffice.org, que tiene presencia en todos los sistemas operativos. Dicha exportación es automática en lo referida al diseño de las distintas hojas de cálculo pero deberá hacerse de forma manual para convertir la programación efectuada en VBA a JavaScript o Basic que son los lenguajes que permite utilizar.

Una opción que se apunta al final del trabajo es la de utilizar la programación orientada a objetos que permiten los sistemas actuales para manejar desde un

lenguaje compilado la aplicación de hoja de cálculo lo que permitirá una mayor velocidad de ejecución del código de la simulación.

Por último, utilizando las rutinas se realizará la simulación de los servicios de lista de espera de un hospital dependiente del Servicio Murciano de Salud. En particular se presentará la aplicación práctica referida a la Lista de Espera Quirúrgica.

Teoría de colas

Los fenómenos de espera se producen siempre que la demanda de un servicio es superior a la oferta. Este hecho es particularmente cierto en servicios de ocio como cines y restaurantes, y en otros servicios como oficinas bancarias, hipermercados, etc. La solución para evitar estas situaciones pasaría por aumentar la oferta existente, que exactamente consistiría en aumentar el número de taquillas en el cine, el número de mesas en el restaurante, el número de ventanillas en el banco o el número de cajas en el centro comercial. Evidentemente esta solución presenta un inconveniente y es el alto coste que supone para los propietarios de estos negocios. Por este motivo, se estudian los fenómenos de espera con la finalidad de conseguir un adecuado equilibrio entre coste y listas de espera.

La teoría de colas es la disciplina encargada de estudiar el comportamiento de los fenómenos de espera. Son numerosas las obras que se pueden utilizar como referentes en este sentido, tales como las de Escudero (1972), Nelson (1995), Gross y Harris (1998) y Pazos, Suárez y Díaz (2003). La finalidad de la teoría de colas es proporcionar toda una serie de indicadores del funcionamiento de la lista de espera en magnitudes como número medio de personas en cola, tiempo de espera medio, etc.

Existen diferentes disciplinas de espera cuando nos encontramos ante un sistema de líneas de espera, siendo lo más habitual utilizar el principio de "primero en llegar, primero en ser servido" aunque en algunos casos es necesario utilizar otros indicadores que pongan de manifiesto que no todos los clientes a atender tienen la misma prisa o prioridad. En este caso nos encontramos con un sistema de líneas de espera con prioridades cuya solución empírica no es nada sencilla, por lo que se suele recurrir a técnicas de simulación para observar cual es el comportamiento del mismo.

Son numerosas las fuentes bibliográficas que abordan en profundidad las distintas técnicas de simulación existentes, entre las cuales citaremos obras como las de Escudero (1973) y Rubinstein (1981).

Simulación con hoja de cálculo

El funcionamiento de cualquier fenómeno de espera se plantea siempre en la misma forma:

- a) Se produce la llegada de clientes al sistema de acuerdo con alguna ley de probabilidad. En el caso más estudiado las llegadas se ajustarán a una distribución de Poisson con parámetro λ .

- b) Se produce la prestación del servicio al cliente en uno de los posibles servidores¹ de los que disponga el sistema. La distribución más sencilla en este caso se corresponde con una distribución exponencial de parámetro μ .

Para realizar la simulación, por tanto se deben simular la entrada de clientes al sistema y la prestación del servicio en los distintos servidores del sistema. Previamente es preciso determinar qué distribución siguen tanto la llegada de clientes como el tiempo de prestación del servicio utilizando técnicas estadísticas como el test de Chi-cuadrado o el del Kolmogorov-Smirnov entre otros (Rubinstein, 1981).

Para realizar todo este proceso con una aplicación de hoja de cálculo aparece un elemento adicional y es que una vez identificadas las distribuciones que siguen tanto las llegadas como las salidas del sistema es necesario realizar la simulación de valores de acuerdo con dichas distribuciones. Para ello es posible que la propia hoja de cálculo incorpore las funciones necesarias o en su defecto será preciso realizar todos los cálculos necesarios en la propia hoja.

Como lo más habitual es lo segundo, dado que el número de funciones de hoja de cálculo que se pueden utilizar en técnicas de simulación es bastante reducido, se utiliza algún lenguaje de programación para dotar a la aplicación de las funciones necesarias. Dado que la simulación se va a efectuar utilizando Microsoft Excel, el lenguaje elegido será Visual Basic para Aplicaciones.

En resumen, necesitamos tabular las entradas recogidas del sistema a estudiar. A continuación se trata de identificar qué distribución estadística siguen las mismas y por último de acuerdo con la distribución identificada se realiza la simulación recurriendo a la función correspondiente, la cual puede estar incorporada en la propia hoja de cálculo o haber sido programada expresamente para este fin. Para la simulación del tiempo de servicio el procedimiento es exactamente el mismo.

Por último uniendo la simulación de entradas y de tiempos de servicio se puede proceder a la simulación del sistema completo. La simulación que efectuemos siguiendo esta técnica deberá ser finalmente validada utilizando técnicas estadísticas que garanticen que no existen diferencias significativas entre el funcionamiento del sistema real y del sistema simulado.

La simulación que ha sido expuesta de una forma bastante sencilla debe adaptarse evidentemente al funcionamiento real del sistema tanto en lo referido al número de servidores como en lo relacionado con la disciplina de servicio.

Simulación del funcionamiento de una lista de espera quirúrgica

El presente trabajo realiza la aplicación práctica del procedimiento anteriormente expuesto al caso particular del funcionamiento de la lista de espera quirúrgica (LEQ) de un centro hospitalario dependiente del Servicio Murciano de Salud. Si bien el estudio realizado ha tenido como objeto el tratamiento de la LEQ en varios servicios, en este texto ilustraremos únicamente el de uno de ellos, concretamente el servicio de oftalmología.

¹ En la terminología propia de la teoría de colas servidor es cualquier elemento del sistema encargado de realizar la prestación de servicio y puede ser tanto una persona (taquillero, empleado) como un elemento mecánico (cajero automático, servidor informático).

La lista de espera quirúrgica del servicio de oftalmología en el año de estudio había presentado un total de 3.023 entradas de pacientes y 2.749 salidas. De estas entradas, 1.962 pacientes fueron atendidos en el mismo año y 1.061 estaban en lista de espera al final del mismo. De las 2.749 salidas aproximadamente el 75% se produjeron por haberse realizado la intervención quirúrgica requerida mientras que el resto se produjeron por otros motivos como renuncia a la intervención, no acudir a la cita o no haber sido posible su localización.

La plasmación del modelo de funcionamiento en la LEQ se realiza utilizando una serie de tablas que se describen a continuación:

a) Tabla de entradas

	A	B
1	FECHA	ENTRADAS
2	31/12/2001	506
3	01/01/2002	4
4	02/01/2002	0
5	03/01/2002	2
6	04/01/2002	14
7	05/01/2002	6
8	06/01/2002	8
9	07/01/2002	1
10	08/01/2002	0
11	09/01/2002	0
12	10/01/2002	8
13	11/01/2002	18
14	12/01/2002	0
15	13/01/2002	3
16	14/01/2002	0
17	15/01/2002	2
18	16/01/2002	6
19	17/01/2002	0
367	31/12/2002	1

Figura 1

Es una tabla de 2 columnas:

- Fecha, desde el 31 de diciembre de 2001 hasta el 31 de diciembre de 2002. Las entradas que figuran el 31 de diciembre de 2001 corresponden con aquellos pacientes que había en la lista al inicio del año 2002 y que, por ser conocido su número, no es un valor simulado. Se ha utilizado para todos ellos la fecha de 31 de diciembre de 2002 en lugar de su fecha real de llegada para que la rutina utilizada pueda ser válida para cualquiera de las listas de espera. Posteriormente para el cálculo del tiempo medio de espera de los pacientes, los datos correspondientes a éstos no se utilizan a fin de no desvirtuar el valor obtenido.
- Número de entradas en la lista de espera en la fecha indicada}. Estos valores serán simulados de acuerdo con el procedimiento indicado anteriormente.

b) Tabla de prestación de servicios (tabla de intervenciones)

G	H	I	J	K	L	M	N	O
NÚMERO	ENTRADA LEQ	NÚMERO QUIRÓFANO	DÍA INTERVENC.	HORA INTERVENC.	DURACIÓN INTERVENC.	FIN INTERVENC.	MINUTOS DEMORA	QUIRÓFANO DISPONIBLE
1	31/12/2001	1	07/01/2002	8:30	45	9:15	15	9:30
2	31/12/2001	1	07/01/2002	9:30	60	10:30	15	10:45
3	31/12/2001	1	07/01/2002	10:45	30	11:15	15	11:30
4	31/12/2001	1	07/01/2002	11:30	45	12:15	15	12:30
5	31/12/2001	1	07/01/2002	12:30	135	14:45	15	15:00
6	31/12/2001	2	07/01/2002	8:30	120	10:30	15	10:45
7	31/12/2001	2	07/01/2002	10:45	255	15:00	15	15:15
8	31/12/2001	3	07/01/2002	15:30	45	16:15	15	16:30
9	31/12/2001	3	07/01/2002	16:30	105	18:15	15	18:30
10	31/12/2001	3	07/01/2002	18:30	120	20:30	15	20:45
11	31/12/2001	3	07/01/2002	20:45	45	21:30	15	21:45
12	31/12/2001	4	08/01/2002	8:30	150	11:00	15	11:15
13	31/12/2001	4	08/01/2002	11:15	180	14:15	15	14:30
14	31/12/2001	5	08/01/2002	8:30	180	11:30	15	11:45
15	31/12/2001	5	08/01/2002	11:45	180	14:45	15	15:00
16	31/12/2001	6	08/01/2002	15:30	45	16:15	15	16:30
17	31/12/2001	6	08/01/2002	16:30	60	17:30	15	17:45
18	31/12/2001	6	08/01/2002	17:45	60	18:45	15	19:00
19	31/12/2001	6	08/01/2002	19:00	60	20:00	15	20:15
20	31/12/2001	6	08/01/2002	20:15	150	22:45	15	23:00

Figura 2

Esta tabla tiene 9 columnas:

- Número ordinal de cada paciente.
- Fecha de entrada en lista de espera, obtenida a partir de la tabla anterior, de forma que de la tabla inicial que tiene 366 filas, correspondientes a los 365 días del año más el 31 de diciembre de 2001 se pasa a una tabla con más de 3.000 filas. El procedimiento comprueba, utilizando una formulación al efecto, para cada paciente, en qué fecha se produjo su entrada en la lista anotándola para que se pueda efectuar la simulación, y determinar así el tiempo medio de espera por diferencia entre fecha de entrada y de salida.
- Número de quirófano. A partir de los datos de disponibilidad de quirófanos se le asigna el primer quirófano libre al paciente con menor prioridad. Para ello a las sesiones quirúrgicas disponibles se les ha asignado un número ordinal.
- Hora de inicio de la intervención. Se le asigna la hora en que el quirófano está disponible. Pese a que la jornada prevista para cada sesión quirúrgica contempla un total de 7 horas parece razonable limitar su horario de utilización, a efectos de la simulación, retrasando media hora el inicio de las intervenciones como periodo necesario para la preparación de la primera sesión quirúrgica y para la preparación del personal hospitalario, y adelantando otra media hora el horario de finalización por motivos similares.
- Duración simulada de la intervención. Este valor es simulado utilizando el procedimiento anteriormente expuesto mediante la técnica gráfica de la transformada inversa.
- Hora de finalización de la intervención. Se corresponde con la suma de la hora de inicio de la intervención más la duración de la misma.
- Minutos de demora. Es un valor estimado fijo de 15 minutos entre intervenciones, correspondiente a la preparación de quirófano y material quirúrgico para la siguiente operación.
- Hora en que el quirófano vuelve a estar disponible. Es la suma de la hora de finalización de la intervención más los minutos de demora. Este valor es el que corresponde al inicio de la siguiente intervención.

NOTA: En esta tabla puede ocurrir que la disponibilidad de quirófanos sea tal que a partir de un determinado paciente no se pueda intervenir a ninguno más, en cuyo

caso las columnas correspondientes a quirófanos (número, hora de inicio, duración, hora de finalización, demora y hora de disponibilidad) quedan en blanco.

Así mismo, el número de filas es indeterminado puesto que su longitud dependerá de la simulación del número de entradas diarias en la lista.

c) Tabla de funcionamiento de la lista de espera (LEQ)

	Q	R	S	T
1	FECHA	ENTRADAS	SALIDAS	NÚMERO
2	31/12/2001	506		506
3	01/01/2002	0	0	506
4	02/01/2002	0	0	506
5	03/01/2002	7	0	513
6	04/01/2002	1	0	514
7	05/01/2002	0	0	514
8	06/01/2002	10	0	524
9	07/01/2002	11	11	524
10	08/01/2002	24	9	539
11	09/01/2002	2	11	530
12	10/01/2002	0	10	520
13	11/01/2002	0	12	508
14	12/01/2002	4	0	512
15	13/01/2002	0	0	512
16	14/01/2002	1	12	501
17	15/01/2002	22	12	511
18	16/01/2002	5	11	505
19	17/01/2002	0	14	491
367	31/12/2002	0	0	0
368				
369	Tiempo medio de espera			15

Figura 3

Esta tabla tiene 3 columnas:

- Entradas, donde recoge el número de entradas ocurridas el día de la fecha a partir de la primera tabla.
- Salidas. Esta columna se calcula a partir de la tabla número 2 sumando el número de intervenciones que se efectúan en cada día.
- Número. Es el número de personas que hay en la LEQ al final del día.

Además en su última fila recoge el tiempo medio de espera de los pacientes que han sido intervenidos en el año.

Dado que los enfermos que estaban en lista de espera al inicio del año figuran todos con fecha de incorporación a la misma del 31 de diciembre de 2001, son excluidos en el cálculo de este valor ya que de lo contrario desviarían dicho valor a la baja.

El esquema descrito permite observar cómo la simulación utilizando estas tres tablas reproduce perfectamente el sistema de listas de espera existente en el centro hospitalario estudiado. Así mismo, se puede determinar con qué número de sesiones quirúrgicas se puede reducir el tiempo medio de espera de los pacientes.

Sin embargo, el objeto del estudio realizado no se basa únicamente en reproducir su funcionamiento sino que además debe proporcionar alguna mejora y la misma se va a producir introduciendo la utilización de prioridades en el sistema de forma que se garantice que el tiempo de espera es mínimo para los pacientes más graves.

Para incorporar esta mejora es preciso realizar la definición de una serie de prioridades:

- Prioridad 1. Intervención urgente (plazo inferior a 30 días)
- Prioridad 2. Intervención programada (plazo entre 30 y 90 días)
- Prioridad 3. Intervención programada (plazo superior a 90 días)

A continuación en el momento de que se produzca la entrada de un paciente será necesario simular la prioridad a la que pertenece utilizando para tal fin datos históricos del servicio estudiado, dado que para el año de estudio no existían prioridades definidas.

Al introducirse la prioridad para cada paciente la forma de asignación de los pacientes a las sesiones quirúrgicas sufre un importantísimo cambio ya que la utilización en exclusiva de funciones o fórmulas de la hoja de cálculo no permite una diferenciación entre qué pacientes deben ser intervenidos antes o después y en qué momento debe ser intervenido cada uno de ellos, motivo por el cual se debe recurrir necesariamente a la utilización de la programación en Visual Basic para Aplicaciones de Excel. Concretamente, se ha desarrollado una rutina que, a partir de las sesiones quirúrgicas disponibles, examina en las entradas de pacientes en la LEQ cuál debe ser el paciente a ser intervenido entre los de mayor prioridad.

Concretamente, la rutina toma de forma secuencial las sesiones quirúrgicas disponibles y para cada una de ellas examina todos los pacientes que han entrado en lista de espera con anterioridad a la fecha de la sesión quirúrgica, dejando un margen de espera de 7 días, ya que la programación de quirófanos se debe de efectuar con una mínima antelación para poder localizar a los pacientes y que éstos confirmen su deseo de ser operados. A continuación entre todos esos enfermos se toma al primero que aún no ha sido intervenido, pero sigue examinando entre todos los demás por si existe algún otro sin intervenir que tenga una prioridad superior en cuyo caso será este último el paciente a ser operado.

Este procedimiento se repite hasta finalizar con todos los pacientes que podrían ser intervenidos en la fecha de la sesión quirúrgica. El proceso se repite, por tanto, para cada sesión quirúrgica existente hasta finalizar el año.

Aplicando la metodología elaborada en la simulación de la LEQ en oftalmología con prioridades, tras efectuar 50 tiradas de simulación, se obtienen los resultados recogidos en la figura 4.

Para llegar a obtener esta tabla se han realizado en 50 ocasiones la simulación del sistema de lista de espera quirúrgica con 3 prioridades a fin de detectar posibles anomalías (que no se han producido). Al finalizar cada tirada de simulación se han apuntado los valores correspondientes de tiempos medios de espera para cada prioridad (valores mínimos, medios y máximos).

	X	Y	Z	AA	AB	AC
1	Tirada	Espera m. Prioridad 1	Espera m. Prioridad 2	Espera m. Prioridad 3	Pacientes en LEQ	Espera media
2	1	10	28	79	93	33
3	2	10	29	74	82	33
4	3	10	31	91	97	38
5	4	9	23	63	98	28
6	5	9	31	310	440	40
7	6	10	33	87	112	38
8	7	10	28	115	141	40
9	8	10	27	136	255	41
10	9	9	28	133	100	42
11	10	10	25	59	152	28
12	11	10	26	125	139	41
13	12	9	22	96	82	33
14	13	10	24	57	55	27
15	14	11	29	101	76	36
16	15	10	27	148	96	45
17	16	9	29	164	202	45
18	17	10	23	85	129	32
19	18	10	25	70	86	31
20	19	9	23	55	126	26
21	20	9	33	216	253	47
22	21	10	26	74	129	33
23	22	9	26	116	114	37
24	23	9	19	71	107	26
25	24	11	33	157	206	47
26	25	9	22	51	103	24
27	26	9	30	131	207	40
28	27	11	30	106	165	38
29	28	10	28	112	170	40
30	29	10	28	127	92	44
31	30	9	24	85	102	33
32	31	10	32	189	207	48
33	32	11	28	143	142	42
34	33	10	31	97	130	39
35	34	9	28	163	247	40
36	35	11	23	63	55	27
37	36	10	25	83	76	33
38	37	11	30	53	362	27
39	38	10	27	141	176	41
40	39	11	31	160	139	48
41	40	9	25	256	316	40
42	41	9	24	113	103	39
43	42	10	33	184	220	48
44	43	11	30	199	237	44
45	44	9	20	63	131	26
46	45	10	26	111	184	37
47	46	10	27	98	111	36
48	47	9	21	76	86	29
49	48	10	30	215	356	45
50	49	10	26	71	60	31
51	50	10	34	164	203	49
52						
53			Mínimo	Máximo	Media	Mediana
54	Espera media Prioridad 1		9	11	10	10
55	Espera media Prioridad 2		19	34	27	28
56	Espera media Prioridad 3		51	310	119	108
57	Pacientes en LEQ		55	440	155	130
58	Espera media		24	49	37	38
59						
60	Número de sesiones		15	Número inicial en LEQ		506

Figura 4

Se observa claramente cómo se obtienen los resultados previsibles de acuerdo con la filosofía de las prioridades. Es decir, los pacientes con mayor prioridad (prioridad 1) son intervenidos antes que los pacientes con prioridad 2, y a su vez éstos son intervenidos antes que aquellos que tienen asignada prioridad 3. Adicionalmente, en todos ellos se cumplen los objetivos perseguidos para cada una de las prioridades medidos en tiempos medios de espera. Así, los pacientes de prioridad 1 son intervenidos en sólo 10 días cuando, según la definición de la propia prioridad, el plazo podría llegar a ser de hasta 30 días, e incluso los pacientes de prioridad 2 tienen un tiempo de espera de un mes (cuando podrían tener un tiempo medio de espera de 3 meses). Además, se puede constatar que los pacientes con prioridades 1 y 2 tienen un tiempo medio de espera inferior a la media (10 y 27 días) que se habría obtenido si no se hubieran utilizado prioridades (37 días de espera media). Este hecho indica que los pacientes menos graves (prioridad 3) se han "sacrificado" a favor de los más graves pasando de un tiempo de espera de 37 días a 119 días.

Conclusiones

El uso de las técnicas de simulación existentes en una aplicación ofimática como la hoja de cálculo Microsoft Excel, utilizando las posibilidades que la misma permite mediante la programación en VBA se presenta como una nueva alternativa a los sistemas cerrados de simulación permitiendo reproducir y optimizar el funcionamiento de una unidad tan compleja como la lista de espera quirúrgica. Además, su utilidad no acaba ahí sino que utilizando la simulación permite determinar cuál debería ser el grado de utilización del servicio quirúrgico en un centro hospitalario añadiendo una variable que no siempre es considerada como es la prioridad de cada uno de los pacientes que acude al servicio.

Bibliografía

- Escudero, L. F. (1972): *Aplicaciones de la teoría de colas*, Ediciones Deusto, Bilbao.
- Escudero, L. F. (1973): *La simulación en la empresa*, Ediciones Deusto, Bilbao.
- Gross, D.; Harris, C. M. (1998). *Fundamentals of queueing theory - 3rd. edition*. John Wiley & Sons, New York.
- Nelson, R. (1995). *Probability, stochastic processes, and queueing theory*. Springer-Verlag, New York.
- Pazos Arias, J. J.; Suárez González, A.; Díaz Redondo, R. P. (2003): *Teoría de colas y simulación de eventos discretos*, Pearson educación, Madrid.
- Rubinstein, R. Y. (1981). *Simulation and the Monte Carlo Method*. John Wiley & Sons, New York.