

SIMULACIÓN DE FENÓMENOS DE ESPERA CON PRIORIDADES MEDIANTE HOJA DE CÁLCULO

BERNAL GARCÍA, Juan Jesús

Departamento de Métodos Cuantitativos e Informáticos
Universidad Politécnica de Cartagena
correo-e: juanjesus.bernal@upct.es

MARTÍNEZ MARÍA DOLORES, Soledad María

Departamento de Métodos Cuantitativos e Informáticos
Universidad Politécnica de Cartagena
correo-e: soledad.martinez@upct.es

SÁNCHEZ GARCÍA, Juan Francisco

Departamento de Métodos Cuantitativos e Informáticos
Universidad Politécnica de Cartagena
correo-e: jf.sanchez@upct.es

RESUMEN

Con el presente trabajo mostramos que la utilización exclusiva de un software informático de tipo generalista, como es la hoja de cálculo, permite abordar la realización de complejas simulaciones de sistemas de líneas de espera independientemente de la magnitud de los mismos y, por tanto, se perfila como una herramienta perfecta frente a otros productos más específicos y complejos en las labores de simulación. Aplicando las distintas técnicas de simulación existentes, y haciendo uso de la programación en un lenguaje informático como es el 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.

Palabras clave: Simulación, fenómenos de espera, hoja de cálculo.

1. INTRODUCCIÓN

El primer teorema de la “Economía del Bienestar” dice que el mercado es capaz de alcanzar una situación óptima sin necesidad de la intervención de los poderes públicos, siempre y cuando se encuentre en situación de competencia perfecta. En esta circunstancia cada agente del mercado buscando su propio bienestar hace que se llegue a una situación de máximo nivel de satisfacción para toda la sociedad. Sin embargo en el ámbito sanitario la situación no es tan perfecta y parece que se hace necesaria la intervención del sector público que garantice las prestaciones para todos los individuos independientemente de su nivel de renta. El principal problema, pues, está originado porque la información existente es limitada para el usuario que basaría sus preferencias en factores tales como prestigio y experiencia previa. Además, si existiera competencia en el mercado, se podría llegar a excluir a aquellos ciudadanos con mayores riesgos y a otros con menos capacidad económica. Este segundo hecho sería especialmente grave, ya que podría ocurrir que determinados individuos no pudieran acceder a la sanidad lo que haría especialmente difícil el control de determinadas enfermedades y, sobre todo, de las epidemias.

Por otra parte, la calidad de la sanidad ofertada por el sector público debería ser tal que en ningún momento el paciente se viera obligado a tener que recurrir a la sanidad privada, pues este hecho le implicaría un doble gasto ya que habría intervenido en la financiación de la sanidad pública, vía presupuestos generales, y a la vez debe sufragar los gastos propios de la sanidad privada. Son múltiples los motivos por los que una persona decide no acudir a la sanidad pública y en su lugar se dirige a la sanidad privada, pero los más habituales son: mejor atención en los casos de ingresos (mejores dotaciones de habitaciones) y menor tiempo de espera junto con otros criterios médicos, como aquellas afecciones que no son cubiertas por la sanidad pública. Es decir, uno de los motivos que hacen que el ciudadano no acuda a la sanidad pública es fundamentalmente la existencia de listas de espera.

Los fenómenos de espera, también denominados procesos de colas, son un tipo de fenómeno habitual en la vida cotidiana. Es frecuente tener que esperar en una cola al

acudir a cualquier establecimiento comercial, al repostar combustible en un vehículo, al ir a ver una película de cine o una obra de teatro, y en otras muchas situaciones similares. Su formación suele estar motivada porque, en un determinado momento, es superior la demanda de servicio que la oferta existente, lo que obliga necesariamente a tener que esperar para ser atendidos, existiendo también la posibilidad de que el cliente se impacienta y se marche, con la consiguiente pérdida para el propietario del sistema. Se trata pues de un problema meramente económico ya que no suele ser rentable para una empresa aumentar la oferta de servicio (número de servidores) para atender crecimientos puntuales en el número de clientes mientras que durante el resto del tiempo ese mayor número de servidores va a estar ocioso.

Un caso particular de fenómenos de espera son aquellos que se producen en los organismos públicos, y dentro de este grupo, debe prestarse especial atención a los que se generan en la sanidad pública, donde ya no sólo puede existir un coste económico derivado de la posible pérdida de clientes como puede ocurrir en un comercio, sino que, además, hay una característica que con el retraso que conlleva la línea de espera puede verse seriamente dañada: la salud del paciente.

La teoría de colas es una rama de la investigación operativa que utiliza conceptos del campo de los procesos estocásticos, y ha sido desarrollada para intentar predecir el comportamiento de los sistemas de colas, centrándose en magnitudes tales como tiempos de espera, número de unidades que esperan en un determinado momento, probabilidad de tener que esperar al llegar al sistema, etc. Para obtener dichas magnitudes, la teoría de colas, define distintos modelos en función del número de servidores, distribuciones de entrada y salida de unidades al sistema, disciplina de servicio, etc.

Existe otra posibilidad, que puede ser complementaria de la proporcionada por la teoría de colas, de recurrir a la simulación de dichos modelos mediante ordenador. Concretamente, dicha simulación no limita el análisis del sistema a datos estáticos, sino que puede variar en función de cómo evolucionen las magnitudes del mismo, y se va a

realizar mediante la utilización de herramientas ofimáticas que presentan la ventaja de ser actualmente un estándar disponible en cualquier organización, con lo que la implantación de la simulación puede ser más universal, frente al inconveniente de no estar tan optimizadas como las aplicaciones específicas de simulación. Para poder efectuar la simulación de los sistemas de colas se necesitará recurrir a la simulación de valores pseudoaleatorios, distribuciones probabilísticas propias de la teoría de colas y distribuciones no identificadas estadísticamente, utilizando las funciones incorporadas por la hoja de cálculo y procediendo a la programación de aquellas funciones que no incorpora la misma, así como de las rutinas necesarias para el buen funcionamiento de las simulaciones.

2. METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN DE UNA LEQ CON HOJA DE CÁLCULO

Se ha desarrollado una metodología propia mediante la utilización de los programación “ad hoc” de una aplicación de hoja de cálculo para la simulación del funcionamiento de la lista de espera quirúrgica. (LEQ). La LEQ es una lista de tipo médico que incluye a aquellos pacientes que se encuentran pendientes de una intervención quirúrgica programada, por tanto no urgente. Básicamente el paciente es incluido en la lista de espera, previa aceptación del mismo, a petición de un facultativo que determina que debe ser intervenido de una forma no urgente. El enfermo permanece en la lista hasta que la abandona por cualquier motivo, siendo el más habitual la intervención quirúrgica solicitada por el facultativo, una vez realizados todos los procedimientos médicos previos preceptivos, tales como pruebas, análisis, etc.

La única matización posible en relación al procedimiento descrito radica en la forma en la cual se determina cuál debe ser la jerarquía a la hora de determinar qué paciente va a ser el próximo en ser atendido. Esta matización es lo que la “Teoría de colas” denomina “disciplina de servicio”, siendo el método más habitual el de “primero en llegar, primero en ser servido”, frente a otras posibilidades como “último en llegar, primero en ser servido”, “selección aleatoria” o “prioridades”. Esta disciplina será la que se utilizará para realizar la simulación y afectará exclusivamente al orden en que los

pacientes son atendidos al quedar disponible un quirófano. Posteriormente se utilizará también la simulación utilizando un sistema de prioridades.

2.1. Simulación de la LEQ sin prioridades

1. Simulación de entradas en LEQ

Para la realización de la simulación de las entradas de pacientes se tratará, en primer lugar, de identificar si las entradas producidas en la realidad se corresponden con alguna distribución estadística estándar o no, utilizándose para ello las pruebas de validación habituales, es decir el test de Chi-cuadrado y el de Kolmogorv-Smirnov.

En el caso de corresponderse con alguna distribución estándar se utilizará la simulación de valores de acuerdo con dicha distribución, utilizando para ello las correspondientes funciones de hoja de cálculo, independientemente de que vengan éstas incorporadas en la propia aplicación comercial o sea necesario efectuar la correspondiente programación “ex novo” mediante Visual Basic para Aplicaciones o cualquier otro lenguaje de programación de tipo generalista. Por el contrario, si los valores observados no se corresponden con ninguna distribución estadística, la simulación se efectuará utilizando la técnica gráfica de la transformada inversa.

Una vez generados los valores aleatorios, ya sea utilizando la programación de la hoja de cálculo o la técnica gráfica de la transformada inversa, los valores simulados deben ser comparados con los valores reales como medida de seguridad para probar que el procedimiento simulador es correcto y se obtienen los valores esperados. Adicionalmente, es conveniente repetir un determinado número de veces dicha simulación puesto que en cada “tirada de simulación”, los valores variarán por depender éstos de los números pseudoaleatorios utilizados para la obtención de la tirada, los cuales se modifican en cada una de ellas. Al repetir la simulación un elevado número de veces se consigue observar si ésta tiende a regularizarse hacia algún valor determinado o si, por el contrario, la misma resulta errática (una gran varianza), en cuyo caso será necesario replantearse el procedimiento utilizado.

Si la simulación de las entradas en LEQ supera todas las pruebas anteriormente indicadas, se puede continuar con el resto del proceso de simulación, con la garantía de que el método de simulación empleado refleja con un alto grado de fiabilidad la realidad existente.

2. Simulación de salidas de LEQ

Esta simulación es la más compleja del proceso. Su dificultad radica en que son diversos los motivos por los que un paciente puede abandonar la lista de espera, y no todos ellos dependen expresamente del centro hospitalario, por lo que el poder de decisión y control por parte de la dirección del centro hospitalario sobre estas circunstancias de salida de la LEQ es nulo.

Como primera aproximación, se podría simular para cada entrada en la lista de espera el motivo por el que se producirá su salida. Sin embargo, no se dispone de suficientes datos para algunos de estos motivos con el fin de efectuar la simulación de la serie que proporciona el tiempo que tarda el paciente en abandonar la lista de espera antes de renunciar a ser intervenido o no acudir a la cita, por ejemplo. Además, como la principal finalidad de nuestro trabajo debe ser tratar de optimizar el funcionamiento de la lista de espera quirúrgica, parece más lógico trabajar únicamente con aquellos pacientes que siguieron el procedimiento más habitual: la intervención quirúrgica, ya sea en el propio hospital o en otro concertado con independencia de que lo sea con personal propio o ajeno, que cabe recordar que supone el 75\% del total de salidas de la lista.

Expuesto lo anterior, la simulación de salidas de LEQ se transforma, realmente, en una simulación de tiempos de actividad quirúrgica para cada paciente a partir de las entradas de los que fueron finalmente intervenidos, descartando el resto de enfermos que entraron en lista de espera.

En la simulación, se trabajará con tres tablas en una hoja de cálculo de Microsoft® Excel que a continuación se describen¹:

1. 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

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.

¹ Las tablas reproducidas a continuación corresponden a la LEQ de oftalmología. Por razones de espacio la reproducción de las tablas no es completa, sino que se ha limitado a 20 filas para cada una de las mismas.

- Número de entradas en la lista de espera en la fecha indicada}. Estos valores serán simulados de acuerdo con el procedimiento indicado anteriormente.

2. 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

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.

3. Tabla de 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

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.

En condiciones normales, prácticamente todas las aplicaciones de hoja de cálculo realizan los recálculos de forma automática ante cualquier variación en el contenido de cualquier celda, lo que es muy efectivo cuando la cantidad de cálculos no

es excesiva. Sin embargo, en la investigación realizada el alto número de cálculos a realizar, unido a la estructura de las tablas, hace necesario que éstas se calculen de forma manual ya que, de lo contrario, ante cualquier cambio se recalcularían de nuevo los números aleatorios con lo que se modificarían todas las tablas siendo imposible llegar a finalizar el proceso. Se trata de un recálculo manual por columnas y filas para cada una de las tablas indicadas.

Otra posibilidad brindada por la aplicación informática es la de realizar el recálculo del libro activo mediante la utilización de una tecla de función (habitualmente la tecla F9). Sin embargo, este procedimiento es inadecuado en el estudio ya que el recálculo de las tablas se debe realizar en el orden en que se han expuesto las operaciones para asegurar que en todo momento están disponibles los valores que se necesitan para cada cálculo. Por este motivo, al no existir ninguna opción en la hoja de cálculo que garantice el correcto desarrollo de todas las operaciones, se ha precisado elaborar al efecto una rutina en VBA que asegure la correcta realización de dicho proceso.

Además, por tratarse de tablas que utilizan técnicas de simulación que dependen de valores pseudoaleatorios, en cada recálculo del conjunto los valores que se obtienen son, lógicamente, distintos. Es por ello por lo que se repite la simulación un total de 50 veces para observar a qué valores tiende la misma y si existe una alta varianza, utilizando para ello una nueva rutina en VBA que se encarga de recoger en cada “tirada de simulación” los valores a observar y los va anotando en una tabla al efecto.

4. Generación automática para la programación de sesiones quirúrgicas

The image shows a Windows-style dialog box titled "Sesiones quirúrgicas". It has a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following elements:

- "Fecha inicial:" followed by a text box containing "07/01/2002".
- "Fecha final:" followed by a text box containing "22/12/2002".
- "Sesiones por semana:" followed by a text box containing "1".
- A checked checkbox labeled "Vacaciones inhábiles".
- Two buttons at the bottom: "Aceptar" (highlighted with a dashed border) and "Cancelar".

Para poder realizar de forma automática una simulación con distintos valores de sesiones quirúrgicas por semanas se ha desarrollado otra rutina en Excel utilizando VBA, donde a partir de un cuadro de diálogo (figura), el usuario introduce las opciones de fechas de inicio y final de intervenciones y número de sesiones semanales, generándose la programación automática de quirófanos necesaria para ello. Las sesiones quirúrgicas se programan de forma secuencial desde el lunes hasta el viernes utilizando en primer lugar el horario de mañana y posteriormente el horario de tarde, hasta alcanzar de esta forma un máximo de 10 sesiones quirúrgicas semanales. Si el número de sesiones es superior este valor se vuelve a repetir el proceso comenzando de nuevo el lunes por la mañana. El motivo de hacerlo así es porque en condiciones normales es preferido por los centros hospitalarios utilizar la jornada de mañana frente a la de tarde, aunque obviamente no habría ninguna diferencia si se aplicaran con distintos horarios puesto que a lo sumo la diferencia podría ser de 5 días. Finalmente, se añade una opción para decidir si durante los periodos vacacionales de Semana Santa y verano se suspende la actividad quirúrgica (valor predeterminado) o no. Por este mismo motivo los valores prefijados de fechas inicial y final excluyen el periodo de las vacaciones navideñas, tal y como se observa en los datos reales de actividad quirúrgica de 2002.

2.2. Simulación de la LEQ con prioridades

Las prioridades son un sistema habitualmente utilizado para tratar de codificar la preferencia de unos elementos en un sistema de formación de líneas de espera frente a otros. Habitualmente, las prioridades se identifican con números naturales utilizándose el 1 para el elemento con mayor prioridad o urgencia frente al resto que tendrá un valor

numérico superior. Entre elementos con la misma prioridad la preferencia de uno sobre los demás vendrá marcada por una regla de funcionamiento establecido, siendo la disciplina de primero en llegar, primero en ser atendido la más utilizada.

El planteamiento general de la simulación de la LEQ con prioridades es similar al utilizado anteriormente, introduciendo las salvedades que surgen del hecho de no considerar que todos los pacientes tienen la misma prioridad para ser atendidos. Esto quiere decir que tanto la simulación de entradas de pacientes en la lista como la duración de las intervenciones serán simuladas del mismo modo en que lo han sido hasta ahora y que la única diferencia sustancial consistirá en que a la hora de tomar a un paciente para ser atendido se elegirá antes a aquel que tenga una prioridad mayor, y entre pacientes de igual prioridad será atendido antes aquel que lleva más tiempo en espera.

La simulación del funcionamiento del sistema se hará nuevamente utilizando las mismas tres tablas que se usaron para la simulación sin prioridades, añadiendo a la segunda de ellas una columna para simular la prioridad de cada uno de los pacientes y recogiendo en la tercera tabla las estadísticas de tiempo medio de espera para cada una de las prioridades establecidas. Además, como veremos es necesario efectuar una compleja programación en VBA para simular de forma correcta el funcionamiento de la LEQ con prioridades.

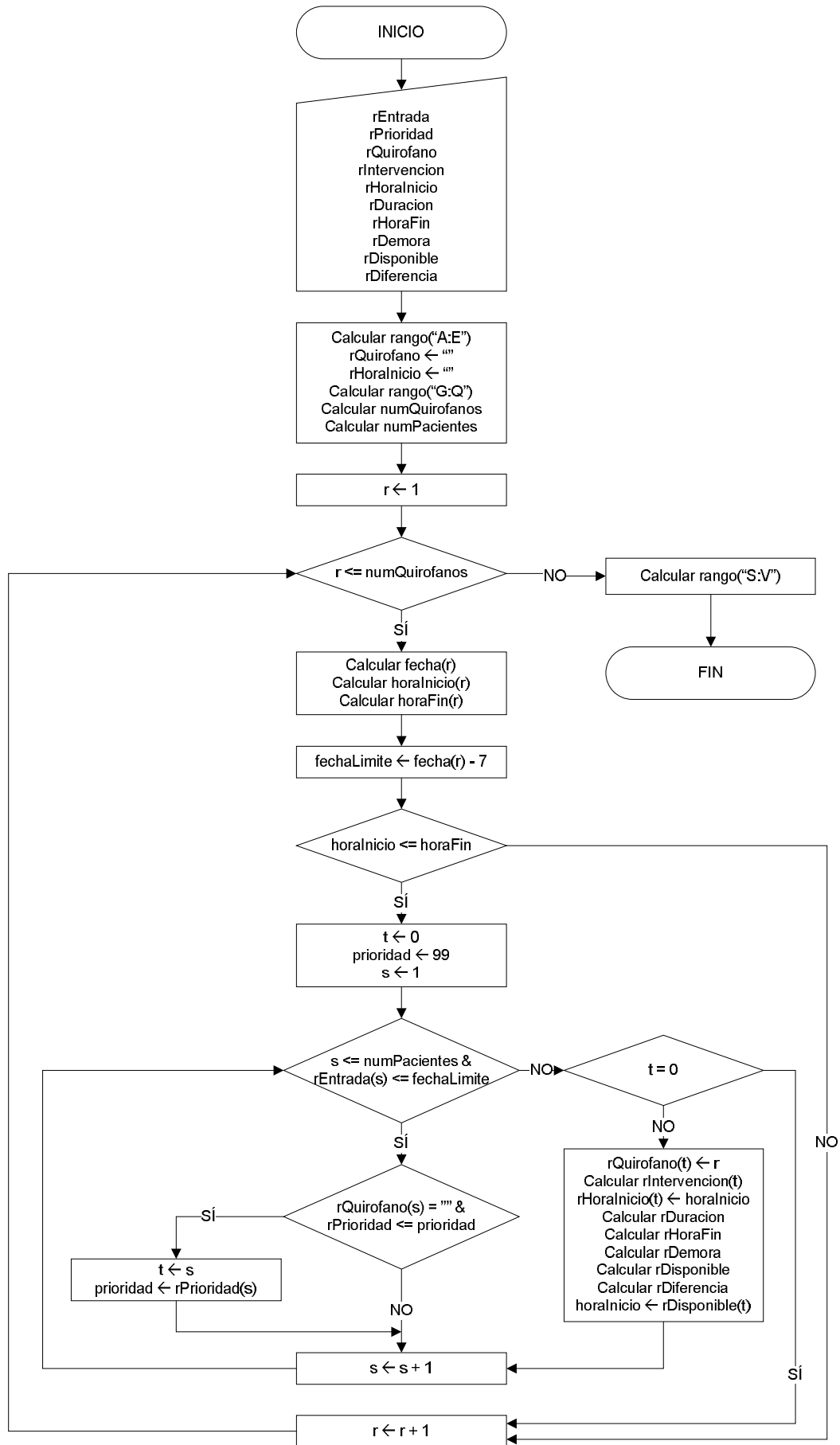
El centro hospitalario donde se ha efectuado el estudio utiliza hasta este momento solo 2 prioridades (normal y urgente). Sin embargo, para comprobar si se obtienen beneficios, en la simulación se va a trabajar con 3 prioridades:

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

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 cuyo organigrama se recoge en la siguiente figura 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.



Utilizando la rutina programada es posible determinar, para cada una de las especialidades estudiadas, qué tiempo de espera supondría para los pacientes de cada prioridad la solución obtenida en el análisis de la lista de espera quirúrgica sin prioridades, lo que indicará si dicha solución sigue siendo válida al trabajar con prioridades.

Por otra parte, el hecho de que las prioridades establecidas no tengan ninguna relación con la duración de las intervenciones provoca que, en principio, no deban de producirse diferencias significativas en los valores de pacientes en lista de espera al final del periodo y tiempo medio de espera, considerando a todos los pacientes independientemente de su prioridad.

2.3. Aplicación

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 siguiente figura:

	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

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.

3. CONCLUSIONES

Con la metodología elaborada exclusivamente sobre hoja de cálculo es posible simular cualquier fenómeno de espera donde se presenten prioridades con solo adaptar los campos utilizados a la casuística de dicho modelo. Para el buen funcionamiento del modelo se ha recurrido a utilizar las distintas técnicas de simulación existentes programando y adaptando las mismas al funcionamiento de la hoja de cálculo Microsoft® Excel habiéndose probado así mismo que las funciones que incorpora dicha aplicación en su versión 2003 cumplen con los requisitos exigibles desde el punto de vista estadísticos.

Del estudio empírico realizado se desprende que la utilización de un sistema de prioridades debidamente controlado proporciona una sensible mejora en los periodos de espera de los pacientes más graves y sirve para diferir dentro de unos plazos razonables a aquellos pacientes que presentan un estado de salud menos preocupante o que, incluso, es posible que su intervención no reportase ninguna mejora clínica para el mismo.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. Escudero, L.F. (1972): *Aplicaciones de la teoría de colas*, Ediciones Deusto, Bilbao.
2. Escudero, L.F. (1973): *La simulación en la empresa*, Ediciones Deusto, Bilbao.
3. Rubinstein, R.Y. (1981): *Simulation and the Monte Carlo Method*, John Wiley & Sons, New York.
4. Walkenbach, J. (2002): *Programación en Excel 2002 con VBA*, Anaya Multimedia, Madrid.