

Gestión Óptima de Quirófanos de un Hospital Público

Arenas Parra, M.; Bilbao Terol, A.; P. Gladish , B.; Rodríguez Uría, M. V.

Dpto. Economía Cuantitativa. Universidad de Oviedo.

Cerdá Tena, E.

Dpto. De Análisis Económico. Universidad Complutense, Madrid.

Resumen

Los hospitales son empresas de servicios públicos y como tales, sin ánimo de lucro y deben funcionar en ambientes políticos y altamente complejos. Además la gestión es compartida por médicos y administradores, deseando formular cada uno de ellos sus propias políticas y proponiendo objetivos que, en muchas ocasiones, pueden no coincidir e incluso estar en oposición directa unos con otros.

Esta situación afecta, sin lugar a dudas, al funcionamiento del hospital, y debemos tenerla en cuenta a la hora de proponer cualquier clase de análisis de resultados. La eficiencia en el funcionamiento del Hospital es el principal objetivo de cualquier Administración Hospitalaria.

Este trabajo es fruto de la realización de una serie de ajustes sobre el trabajo “Management of Surgical Waiting List in Public Hospitals”, de los mismos autores. En dicho trabajo se analizó mediante un enfoque multiobjetivo, la coherencia interna de los objetivos de actividad planteados por las Autoridades Administrativas al equipo director del hospital. Se elaboró para ello un modelo que permite diseñar a priori el funcionamiento óptimo de los servicios quirúrgicos de un hospital, ofreciendo al centro decisor el número óptimo de procesos quirúrgicos de cirugía mayor a realizar por cada servicio mensualmente, teniendo en cuenta las restricciones de cada centro en cuanto a disponibilidades humanas y materiales.

Tras enfrentar a la realidad del hospital el problema, se vio que era conveniente ajustar algunos datos que no parecían exactos, a pesar de haber sido proporcionados por los propios decisores. El presente trabajo introduce dichos ajustes así como una serie de hipótesis de trabajo, que dan lugar a un problema mucho más realista.

Palabras clave: Programación Multiobjetivo, Programación Dinámica, Teoría de la Decisión, Gestión Hospitalaria.

1. INTRODUCCIÓN.

Muchos problemas de gestión sanitaria son susceptibles de ser tratados como problemas de decisión Multicriterio y en este sentido, se han desarrollado diversos modelos que utilizan formas cuantitativas diferentes; pero los modelos de optimización en este ámbito no siempre se muestran adecuados para la administración hospitalaria porque no suelen tener en cuenta beneficios intangibles no financieros, como son la mejora de la calidad del servicio o la cobertura de todas las necesidades de la población.

Estimamos necesario hacer un rápido repaso al contexto de funcionamiento de los hospitales españoles en la actualidad, antes de presentar el modelo objeto de este trabajo.

El sistema sanitario español se encuadra entre los llamados “*Sistemas Nacionales de Salud*” y, es por tanto de cobertura universal reconocida por la Constitución española en su art. 43.1, siendo financiado públicamente con cargo a los impuestos a través de los presupuestos del Estado. Dicha financiación pública constituye una condición necesaria para el logro de niveles de equidad superiores a los que se alcanzarían en el mercado libre y la separación entre proveedores y financiadores de la asistencia sanitaria, parece ser además un requisito para el correcto funcionamiento de los servicios sanitarios.

En este contexto surge el *Contrato de Gestión*, un contrato de funcionamiento, que proveedores y financiadores firman anualmente, con el fin de formalizar sus relaciones operativas. En él se detallan los objetivos asistenciales a desarrollar por el proveedor y que el comprador, en este caso la autoridad sanitaria ministerial, se compromete a financiar.

La tendencia actual de crecimiento del gasto sanitario público en relación al Producto Interior Bruto hace necesario el incremento de la eficiencia productiva en la provisión de servicios sanitarios si se desea mantener e incluso aumentar el actual nivel de equidad.

Los Hospitales, principales proveedores de asistencia sanitaria, han de ser los protagonistas de toda una serie de reformas, muchas de ellas puestas ya en marcha, encaminadas al logro de una, cada vez mayor, eficiencia productiva. Como empresas públicas de provisión de servicios de Salud asumen, como compromiso institucional, la atención a los pacientes dentro de ciertos parámetros de calidad. Uno de ellos es que el tiempo de permanencia en lista de espera quirúrgica no comprometa el nivel de salud esperado de los pacientes. El año 98 fue de nueve meses a lo largo del año y de seis al final del mismo; a lo largo de 1999 se pretende que no supere los 6 meses tal permanencia en lista de espera quirúrgica. La gestión cuantitativa de esta exigencia es de alta complejidad debido a que las listas de espera quirúrgicas son evidentemente dinámicas, que la inclusión teórica en las mismas se suele realizar en base a las previsiones históricas, que los medios materiales son muy restringidos y que el coste de funcionamiento ha de ser financiado públicamente.

En el momento presente, en que muchos procesos quirúrgicos no precisan

hospitalización, el recurso que más condiciona el funcionamiento de un hospital son los quirófanos, por lo que el centro decisor del Hospital tiene especial interés en conocer la máxima capacidad de funcionamiento de aquellos, para poder determinar la actividad que se ha de derivar bien hacia la autocontratación, bien hacia entidades concertadas y debidamente acreditadas, de modo que las permanencia de los pacientes en las listas de espera se mantuviera en niveles aceptables tanto desde el punto de vista asistencial como político.

Mediante el trabajo “**Management of Surgical Waiting Lists in Public Hospitals**”, presentado en el Congreso Internacional MCDM-98 celebrado en Virginia (USA), y posteriormente publicado por la Universidad Complutense como Documento de Trabajo del ICAE, se desarrolló un método de gestión de recursos para la planificación de la actividad quirúrgica de un Hospital concreto. Se trató exactamente de minimizar la lista de espera a fin de año determinando la actividad ordinaria dentro del hospital y actividad que se debe derivar hacia entidades concertadas para que se verifiquen las restricciones de permanencia en lista de espera, minimizándose el coste de la actividad global.

El estudio se llevó a cabo con datos -previstos y reales- de actividad del año 98 para los procesos que generaban mayores listas de espera en el Hospital. Para dichos procesos se analizó, mediante enfoque bi-objetivo, la coherencia interna de los objetivos planteados por las Autoridades Administrativas. El problema planteado se resolvió mediante la aplicación del **Método de las Ponderaciones**, utilizándose pesos que reflejaban las preferencias del Centro Decisor con respecto a los objetivos planteados: 0.8 para el primero y 0.2 para el segundo. Se corrió con variables enteras utilizando el programa HYPERLINDO.

El Decisor, se mostró muy satisfecho con los resultados obtenidos ya que anteriormente a la realización de este trabajo, tenía serias dudas a cerca del cumplimiento de las condiciones impuestas por el Ministerio de Sanidad, en concreto sobre las que hacían referencia a la estancia máxima en lista de espera desde el 30 de Septiembre al final del año.

Sin embargo, la posterior confrontación del problema con la realidad del hospital,

mostró que eran precisos ajustes menores, pero significativos, de algunos datos que no parecían exactos, a pesar de haber sido proporcionados por los propios decisores.

El presente trabajo plantea y resuelve un nuevo problema que recoge diversas modificaciones sobre el problema inicial e introduce algunas hipótesis complementarias, que darán lugar como veremos a interesantes e importantes resultados.

A continuación planteamos las modificaciones que estos cambios producen sobre el problema inicial.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la introducción ya hemos mencionado que entre financiadores y proveedores de recursos de salud se firman Contratos de Gestión que tienen por misión la fijar los objetivos de funcionamiento que el Hospital debe intentar alcanzar a lo largo del año para el que se firma dicho contrato.

Entre todos los objetivos de funcionamiento que establece el Contrato de Gestión, se prioriza la reducción de las largas listas de espera residuales generadas por la escasez de quirófanos. Concretamente el objetivo referente a las listas de espera quirúrgicas fijado por el Contrato de Gestión para 1998, es el de minimizar la lista residual a enero de 1999 de modo que nadie supere en esta fecha los seis meses de permanencia en una lista de espera quirúrgica. Este objetivo funcional se debe intentar alcanzar junto con la necesaria minimización de costes.

Para alcanzar los objetivos anteriores, los hospitales pueden organizar su actividad quirúrgica de diferentes maneras:

- 1.- Operaciones dentro de lo que los hospitales vienen a denominar horario ordinario (por las mañanas).
- 2.- Operaciones en horario extraordinario (por las tardes) o autoconcertadas.
- 3.- Operaciones realizadas en centros hospitalarios privados concertados con el Insalud.

Manejamos datos de un hospital del grupo II, trabajando con dos de sus seis servicios base : *Oftalmología y Cirugía Ortopédica y Traumatología* que son los más conflictivos en cuanto a la lista de espera. Estudiamos del servicio de Oftalmología un proceso **Cataratas** y del servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica tres procesos: **Hallux Valgus, Desgarro Interno de Rodilla y Osteoartrosis**. Los procesos anteriores son los que mayores listas de espera quirúrgica poseen en la actualidad.

2.1 Datos y variables del problema.

Con objeto de reflejar el carácter dinámico de la lista de espera para estos cuatro procesos, definimos las siguientes variables:

Tabla 1: Variables del problema.

	Variables de estado	Variables de decisión o control:		
Procesos	Lista de espera/proceso el 1º de mes i-ésimo	Ordinaria	Extraordinaria	Concertada
Cataratas	CL_{i+1}	CR_i	CO_i	
Hallux aValgus	HL_{i+1}	HR_i		HP_i
Desgarro interno de rodilla	KL_{i+1}	KR_i		KP_i
Osteoartrosis	OL_{i+1}	OR_i		

CO_i , HO_i , KO_i , OO_i representan el número de operaciones realizadas en horario ordinario; CE_i el número de Cataratas realizadas por las tardes y HX_i , KX_i el número de operaciones de Hallux Valgus y Desgarro interno de rodilla realizadas en hospitales privados concertados, todas ellas durante los meses correspondientes a un año ($i=1,...,12$).

Denotamos por: $CL_1=480$, $HL_1=199$, $KL_1=132$, $OL_1=128$ el estado inicial de la lista de espera a 1 de enero de 1998.

El Hospital posee estimaciones mensuales a cerca del flujo de pacientes para cada

proceso, durante el año actual; se recogen en la **Tabla 2: “Admisiones estimadas”** y en la **Tabla 3: “Exclusiones estimadas”** para cada proceso quirúrgico:

TABLA 2: Admisiones estimadas.

Proceso/mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cataratas	84	85	82	94	78	104	125	42	78	98	94	86
Hallux Valgus	28	28	22	22	34	45	31	12	20	24	12	33
Desgarro interno de rodilla	21	22	18	15	30	18	15	12	24	18	21	13
Osteoartrosis	10	22	15	14	30	24	5	5	17	34	14	21

TABLA 3: Exclusiones estimadas.

Proceso/mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cataratas	1	13	16	16	20	37	53	12	19	20	17	7
Hallux Valgus	4	8	13	6	10	31	22	3	5	12	9	19
Desgarro interno de rodilla	3	5	4	3	10	14	4	0	7	9	1	5
Osteoartrosis	5	2	9	7	9	7	7	5	7	13	2	5

Denotamos por CA_i , HA_i , KA_i y OA_i el número de admisiones estimadas por proceso y mes. CE_i , HE_i , KE_i y OE_i representan el número de exclusiones sin sometimiento a proceso quirúrgico estimadas por proceso y mes.

Con el fin de asegurarnos de que se disponía de los requerimientos espaciales necesarios, quirófanos, tomamos en cuenta los tiempos de duración de cada intervención incluyendo los 20 minutos necesarios para preparar el quirófano en cada intervención: **CT = 80; HT = 80; KT = 120; OT = 160** expresados en minutos; el tiempo de quirófano por mes y servicio, está también expresada en minutos.

Existen a su vez límites superiores mensuales establecidos para la planificación operativa para ciertos procesos:

TABLA 5: Límites superiores mensuales.

Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Intervención Cataratas horario extraordinario.	0	0	68	40	64	72	0	0	44	52	48	24
Interv. Hallux Valgus concertadas.	0	20	25	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Interv. Rodilla concertadas	0	0	8	21	21	20	20	20	20	10	10	0

Conocemos también los costes de cada proceso para cada modalidad de intervención, expresados en pesetas:

TABLA 6: Costes.

	Cataratas	Hallux Valgus	Operaciones Rodilla	Osteoartrosis
H. Ordinario	110.852	125.899	287.973	853.338
H. Extraordinario	123.733			
Concertación		106.605	141.120	

Denotaremos por: **CRC**; **HRC**; **KRC** y **ORC** el coste de cada proceso en horario ordinario; **COC** el coste de una intervención de Cataratas en horario extraordinario; **HPC** y **KPC** son los costes de las intervenciones de Hallux Valgus y Desgarro Interno de Rodilla en centros privados concertados.

2.1.1 Restricciones.

a) Ecuaciones de estado, $i = 1, \dots, 12$.

$$CL(i+1) = CL_i + CA_i - CE_i - CR_i - CO_i$$

$$HL(i+1) = HL_i + HA_i - HE_i - HR_i - HP_i$$

$$KL(i+1) = KL_i + KA_i - KE_i - KR_i - KP_i$$

$$OL(i+1) = OL_i + OA_i - OE_i - OR_i$$

b) Quirófanos por servicio:

Estas restricciones sólo afectan a la planificación quirúrgica que se lleva a cabo en horario ordinario:

$$\text{b-1 Oftalmología: } 80CR_i \quad OQ_i; \quad i = 1, \dots, 12..$$

$$\text{b-2 Traumatología:}$$

$$80HR_i + 125KR_i + 160OR_i \quad TQ_i \quad i = 1, \dots, 12..$$

Donde OQ_i , TQ_i son los datos relativos a las disponibilidades totales de quirófano para cada servicio que para el problema inicial y el actual son diferentes. Se pueden ver en la Tabla 4, presentada más adelante los del nuevo problema.

c) Límites superiores al número de procesos realizados en horario extraordinario y mediante concertación con otros centros privados:

$$CO_i \quad l_i; \quad HP_i \quad m_i; \quad KP_i \quad n_i \quad i = 1, \dots, 12.$$

TABLA 7: Límites superiores al número de procesos fuera del horario ordinario

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
l_i	0	0	68	40	64	72	0	0	44	52	48	24
m_i	0	20	25	35	35	35	35	35	35	35	35	35
n_i	0	0	8	21	21	20	20	20	20	10	10	0

d) Límites superiores a la permanencia en lista de espera: no más de nueve meses:
con las siguientes ecuaciones reflejamos el hecho de que a lo largo del año el tiempo máximo que un paciente puede permanecer en lista de espera debe ser de nueve meses.

estando definidos los parámetros en la **TABLA 8**:

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a_k	11	26	50	116	153	224	309	398	480	556	628	694
b_k	9	24	62	92	103	130	153	165	199	223	243	252
c_k	4	23	35	49	59	82	100	119	132	150	167	181
K_k	3	17	34	38	42	61	94	107	128	133	153	159

e) No más de seis meses en lista de espera al final de 1998:

$$CL_{13} \quad 395; \quad HL_{13} \quad 69; \quad KL_{13} \quad 77; \quad OL_{13} \quad 57.$$

f) Todas las variables enteras.

2.1.2 Funciones objetivo.

El objetivo prioritario en este problema, como ya hemos dicho, era minimizar la lista de espera residual al final de 1998. Tenemos entonces que nuestra primera función objetivo toma la forma:

$$\text{Min } f_1 = 80CL_{13} + 80HL_{13} + 120KL_{13} + 160OL_{13}$$

El segundo objetivo era el de minimizar los costes operativos:

$$\begin{aligned} \text{Min } f_2 = & 110852 & +125899 & +287973 & +853338 \\ & +123733 & +106605 & +141120 & \end{aligned}$$

Una vez planteadas todas las ecuaciones modelizamos el problema como un problema bi-objetivo.

Las modificaciones posteriores del modelo son debidas a que al confrontar el problema con la realidad del Hospital observamos lo siguiente:

- Las horas efectivas por sesión quirúrgica eran, en promedio, seis horas treinta minutos, no siete como se manejó en la hipótesis inicial.
- El tiempo medio de proceso de Hallux Valgus era de 85 minutos, aproximadamente y no de 80 como supusimos.
- Un tercer ajuste de datos fue exigido por el hecho de que pudimos disponer con exactitud del porcentaje de urgencias diferidas en el servicio de Traumatología.

Basándonos en los nuevos datos, replanteamos de nuevo el problema presentado en Virginia (de ahora en adelante *Problema 1*), denominando a este nuevo problema *Problema 2*.

El proceso de modificación del problema inicial pasó a su vez por varias fases en las que sucesivamente y a la vista de los resultados obtenidos, fuimos realizando diversas **hipótesis complementarias**.

En la primera fase de este nuevo trabajo se resolvió el *Problema 2-a*, que recoge las modificaciones referidas a la duración de las sesiones quirúrgicas y un nuevo dato referido al porcentaje que sobre la actividad del servicio de Traumatología, suponen las urgencias diferidas. Este problema resultó infactible .

En la segunda fase, introducimos dos nuevas hipótesis complementarias: duración de las intervenciones de Hallux Valgus y unión de recursos de quirófanos. El problema (*Problema 2-b*) resultó factible y ello nos llevó a la tercera y última fase, en la que se

procedió a resolver el problema bi-objetivo ponderado final.

FASE I/ PROBLEMA 2-a

Hipótesis complementarias (a)

- Cada sesión quirúrgica supone 6h y 30 minutos de actividad.
- Las urgencias diferidas de Traumatología suponen el 70% de su actividad.

Estas hipótesis modifican las restricciones de tiempo de quirófano disponible planteadas en el *Problema 1*:

b1) Quirófanos por servicio:

Oftalmología:

$$80CO_i - OQ_i; \quad i = 1, \dots, 12..$$

Traumatología:

$$80HO_i + 125KO_i + 160OO_i - TQ_i \quad i = 1, \dots, 12..$$

Los datos relativos a las disponibilidades actuales totales de quirófano para ambos servicios se pueden ver en la **Tabla 4**.

TABLA 4: Disponibilidad de tiempo de quirófano expresado en minutos.

Tiempo /mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(OQ _i)	5520	5840	5920	4880	5840	5840	2560	3040	2400	6720	5840	4560
(TQ _i)	3255	3392	3486	2982	3392	3486	2572	2384	2247	3892	3434	3024

La resolución de este problema mediante el programa HYPERLINDO recogiendo las hipótesis complementarias resultó infactible, ya que con los datos del *Problema 1* más estas hipótesis no es posible que se verifique la restricción e) que hace referencia a la no permanencia en lista de espera más de seis meses al final de 1998, para

uno de los procesos: **Osteoartrosis** en lista supera la cota prevista, i.e.

$$OL_{13} > 57.$$

Tras un estudio del nuevo problema y de su solución, procedemos a plantear algunos retoques en las hipótesis complementarias, gracias a los cuales será posible realizar la actividad de Osteoartrosis precisa para que nadie deba estar en lista de espera más de los seis meses previstos al final del año 1998. Denominaremos al nuevo problema, que denominaremos **2-b**.

FASE II/ PROBLEMA 2-b

Hipótesis complementaria (b)

- El tiempo de quirófano para **Hallux Valgus** es de 85 minutos.
- Se consideran conjuntamente los tiempos de quirófano de ambos servicios asignados a los procesos en estudio.

Las restricciones de tiempo de quirófano disponible son ahora una sola:

b2) Quirófanos conjuntos:

$$80CO_i + 85HO_i + 125KO_i + 160OO_i - OQ_i + TQ_i \quad i = 1, \dots, 12..$$

El problema resultante considerando las anteriores hipótesis complementarias, resulta factible, siendo además dicha solución Pareto Óptima, al ser solución única.

Lo resolvemos mediante el programa HYPERLINDO y variables enteras, con un IPTOL del 0.005, lo cual nos asegura que la solución encontrada es solamente un 0.005 veces peor que la solución óptima.

Finalmente resolvemos el problema en su formato definitivo, denominándolo *Problema 2*.

FASE III/ PROBLEMA 2

Se trata de un programa bi-objetivo ponderado con tiempos de quirófano compartidos. Los datos y restricciones que no se mencionan son las mismas que las del *Problema 1* en su formato original.

La **función objetivo conjunta** será ahora:

$$\begin{aligned} \text{Minimizar } & 0.0706 \quad + \quad 0.0802 \quad + \quad 0.1835 \quad + \\ & 0.5437 \quad + 0.0788 \quad + 0.0679 \quad + 0.0899 \quad + \\ & + 0.3561\mathbf{CL13} + 0.3539\mathbf{HL13} + 0.5420\mathbf{KL13} + 0.9393\mathbf{OL13}. \end{aligned}$$

Resulta un problema factible, con un IPTOL (Integer Programming Optimality Tolerance) del 0.005, lo cual significa que la solución obtenida es solamente 0.005 veces peor que la óptima. Este problema es además un problema realista y que además parece ser el ideal.

Presentamos a continuación los valores de la solución al programa para las variables significativas:

Proceso / mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cat.Ordi..	52	69	67	60	73	70	29	36	0	84	73	55
Cat.Auto..			68	40	64	72			44	52	48	24
Hallux Ordina.	10	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hallux Concer.		20	25	35	35	35	35	35	35	35	33	35
Rod.Ordi	26	2	0	0	0	0	22	2	0	0	1	18
Rod.Con.			8	21	21	20	20	20	20	10	10	

OsteoOrd	4	21	22	19	21	23	1	14	29	24	20	6
-----------------	---	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	---

Lista mensual	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cataratas	504	507	438	416	337	262	305	299	314	256	212	212
Hallux Valgus	213	212	190	171	160	139	113	87	67	44	21	0
Desg.. Rodilla	124	139	145	136	135	119	88	78	75	74	83	73
Osteoartrosis	129	128	112	100	100	94	91	77	58	55	47	57

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, aunque realistas y al parecer ideales, deberán momentáneamente, permanecer en el plano de las ideas, debido a que en la actualidad no es posible compartir quirófanos entre servicios. Sin embargo esperamos que trabajos como éste, sirvan para que en futuras negociaciones, que tienen lugar al diseñarse el plan de actividad quirúrgica a primeros de año, se plantee como una opción la necesidad de compartir las horas de quirófano que se asignan a cada servicio, si se desea efectivamente, alcanzar las cotas de actividad necesarias para cumplir los objetivos exigidos anualmente por el Ministerio de Sanidad, teniendo en cuenta las restricciones funcionales que a un hospital le impone su dotación de quirófanos.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSEN CONSULTING (1993). "The Future of European Health Care". A study by Andersen Consulting in Co-operation with Burson-Marsteller.

ARENAS, M; BILBAO, A; RODRIGUEZ, M.V. (1992). "Aplicación de la programación por objetivos a la toma de decisiones de un centro de salud". VI Reunión Anual ASEPELT - ESPAÑA. Granada.

ARENAS, M; LAFUENTE, E; RODRÍGUEZ URÍA, M.V. (1997). "Goal Programming model for evaluating an Hospital service performance". *Advances in Multiple Objective ; Goal Programming*. Ed.

Caballero, Ruiz, Steuer. Springer.

BERTSEKAS DIMITRI, P. (1987). *Dynamic Programming and Optimal Control*. Ed. Athena Scientific.

BITRAN, G.R; VALOR-SABATIER, J. (1987). "Some mathematical programming based measures of efficiency in health care institutions", *Advanced Mathematical programming and Financial Planning*. Vol. 1, 61 -84.

CHAE, Y; SUVER, J; CHOU, D. (1985). "Goal programming as a capital investment tool for teaching hospitals". HCM review, Winter, 27-35.

CHARNES, A; COOPER, W.W. (1977). "Goal Programming multiple objective optimization" part 1, *European Journal of Operational Research* 1, 39-54.

DONABEDIAN, A. (1984). La calidad de la atención médica. Definición y métodos de evaluación. Ed. Científica la Prensa Médica. Mexicana S.A; México D. C.

DONABEDIAN, A. (1988). "Quality and cost: Choices and responsibilities", *Inquiry*, 25, páginas 90-99.

DONALDSON, C; GERARD K. (1991). *Economics of Health Care Financing: The Visible Hand*, McMillan, London.

FRANZ, L; BAKER, H; LEONG, G.K; RAKES, T.R. (1989). "A Mathematical Model for Scheduling and Staffing Multiclinic Health Regions". Elsevier Science Publishers B.V. pp. 277-287.

HILLIER, F. S; LIEBERMAN, G. J. (1995). *Introduction to mathematical programming*. Second Edition. McGraw-Hill.

LEE, S.M. (1973). "An Aggregative Resource Allocation Model for Hospital Administration". *Socio-Economic Planning Science*. Vol. 7, 381-395.

ORTÚN RUBIO, V; (1990). *La economía en sanidad y medicina. Instrumentos y limitaciones*. Ed. Euge, Barcelona.

TOBIN, P; CHNG, K; McGURK (1995). "Scheduling operations using greedy allocation". *Australian Society of Operations Research Bulletin*, 12-21.

WATCH, R.F; WHITFORD, D.T. (1976). "A Goal Programming Model for Capital Investment Analysis in Nonprofit Hospitals". *Financial Management* 5, 37-56.

WHITTLE, P. (1982). "Optimization over time". Vols. 1- 2. J. Wiley.