

QÜESTIÓ, vol. 25, 2, p. 287-300, 2001

## MODELIZACIÓN DE UN DSS PARA LA GESTIÓN DE PRODUCTOS PERECEDEROS

B. DÍAZ FERNÁNDEZ\*  
J. A. DEL BRÍO GONZÁLEZ  
B. GONZÁLEZ TORRE

*La gestión de inventarios de productos perecederos ha atraído desde hace tiempo la atención de los investigadores de Dirección de Operaciones. En este artículo se presenta la modelización e implementación de un sistema de apoyo a la toma de decisiones (DSS) para la gestión de productos perecederos, aplicado a la distribución interhospitalaria de hemoderivados. En estos casos se trata de satisfacer en lo posible las demandas, tratando de evitar a la vez la caducidad de los productos en manos de los clientes (los cuales teóricamente no sufren coste extra por sobrestock). Dada la naturaleza multicriterio del problema, para la modelización se ha usado goal programming, con resultados que en casos concretos permiten reducciones considerables en la cantidad de productos inutilizables.*

### **DSS modelling for perishable inventory management**

**Palabras clave:** Sistemas de apoyo a la toma de decisiones, programación por metas, gestión de inventarios

**Clasificación AMS (MSC 2000):** 90B05, 90B90, 90C29

---

\* Autor para toda correspondencia: Belarmino Díaz Fernández. ETS Ingenieros Industriales. Universidad de Oviedo. Campus de Viesques. 33204 Gijón.

– Recibido en enero de 1998.

– Aceptado en mayo de 2001.

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde hace muchos años, el aumento constante de competitividad en los mercados viene obligando a los responsables de Dirección de Operaciones a la búsqueda de soluciones para minimizar el coste global de colocación de los productos a disposición de los clientes. Inicialmente, los esfuerzos parecían orientarse hacia la reducción de los costes de producción (Scully y Fawcett, 1993), campo en el que se lograron tan importantes avances que hoy en día parece difícil continuar obteniendo mejoras significativas. Es por eso que empiezan a buscarse nuevas vías para reducir el coste global de fabricación y comercialización, orientándose los esfuerzos hacia la minimización de los costes de transporte y distribución y diseñándose en consecuencia avanzados métodos para mejorar la gestión de stocks (Skjoett-Larsen, 2000).

Sin embargo, los modelos tradicionales de gestión de stocks han de ser modificados cuando se busca su aplicabilidad al caso de productos perecederos. Diversos autores, desde la perspectiva del marketing, están empezando a plantear la necesidad de modelos específicos (Henessy, 1999; Anónimo, 1998). Es así como surgen en el ámbito de la Dirección de Operaciones numerosos intentos de adaptación de los modelos clásicos, para contemplar la posibilidad de caducidad de los productos almacenados.

La política de pedidos elegida es clave dentro de la gestión de perecederos, intentando contar con suficiente cantidad disponible en stock (una vez evaluada la demanda), cumpliendo así el objetivo de que caduquen el menor número de unidades posible.

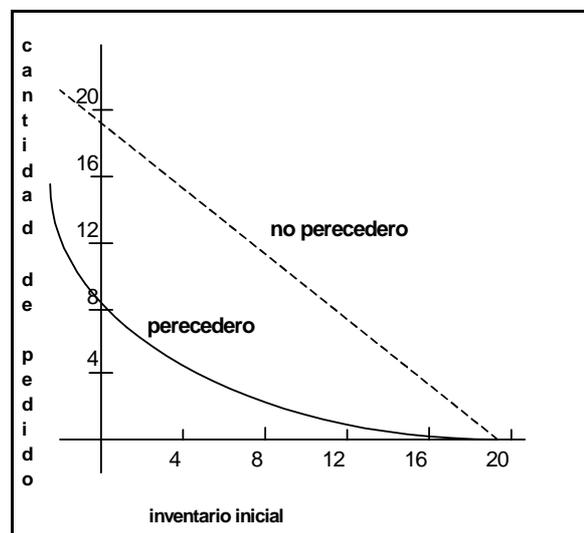
Toda la investigación analítica sobre este problema ha partido de la simplificación de que todas las unidades demandadas se usan. Debido a esto, los resultados que se obtienen no son directamente aplicables al inventario de un producto perecedero aunque sí pueden funcionar como interesantes aproximaciones. Uno de los trabajos más relevantes es el de Nahmias (1982). En este artículo el autor estudia dos alternativas: que la demanda sea determinista y que la demanda no sea determinista.

En el caso de demanda determinista, Nahmias considera el modelo EOQ para un producto con una vida útil de  $m$  períodos. El tamaño óptimo que minimiza el coste de mantenimiento y lanzamiento de un pedido viene dado por la fórmula de Wilson. Cuando la demanda no es determinista, los modelos son más complejos. Un caso especial dentro de los productos perecederos es cuando las unidades no pueden estar en stock más de un período. Si la vida útil del producto es exactamente un período, las decisiones de pedido en los períodos sucesivos son independientes y el problema se reduce a un caso del vendedor de periódicos (*newsboy problem*).

Williams (1999) relata cómo se modifican los periodos de pedido al considerar que los productos tienen una vida máxima de dos periodos. Paralelamente, Wee (1999) analizó el caso de productos con tiempo de vida fijo de cualquier duración, aplicando la teoría de sistemas de Markov. Estudios más avanzados, como el de Adachi *et al.* (1999),

plantean situaciones de demanda aleatoria y, más recientemente, Rahim *et al.* (2000) contemplan la posibilidad de que el producto se empiece a deteriorar en un momento aleatorio de su periodo de almacenaje.

El primer análisis de políticas óptimas para un producto perecedero con una vida útil fijada fue debido a Van Zyl (1964). Sin embargo, Nahmias y Pierskalla (1975), realizaron una aproximación mejorada, suponiendo que solamente hay costes de caducidad y de ruptura de stocks. Consideraron varias opciones para las políticas óptimas, como el caso multiperíodo, la posibilidad de que hubiera costes de pedido y de mantenimiento, y por último, también compararon la política de pedido óptima cuando el producto tiene una vida de dos períodos con la correspondiente política  $y_{\infty}(x)$  de pedido óptima para el mismo problema en el caso de que el producto tuviera una vida infinita (es decir no fuera perecedero).



**Figura 1.** Cantidad de pedido óptimo para inventarios perecederos y no perecederos (Nahmias, 1982).

Con productos perecederos, la política óptima determinará pedir menor cantidad que cuando el producto no lo es, por el riesgo de la caducidad (figura 1). Además, la diferencia entre las dos políticas es mayor para valores pequeños del inventario inicial. La caducidad de los productos tiene el efecto de disuadir de los pedidos grandes, ya que si se solicitan grandes cantidades de estos productos, es muy probable que parte de ellos perezcan.

Pese a los intentos de adaptación, los modelos clásicos plantean grandes limitaciones de aplicabilidad por sustentarse sobre simplificaciones de problemas complejos de programación lineal, a través de la introducción de hipótesis altamente restrictivas. Es por ello que algunos autores optan por la búsqueda de soluciones a la gestión de inventario de productos perecederos utilizando directamente formulaciones de programación lineal (Klensorge y Scharly, 1989). A pesar de todo, seguía existiendo el problema de que las restricciones eran demasiado exigentes. El cumplimiento estricto de las mismas mermaba en gran medida el beneficio obtenido. Para solventarlo, se empieza a considerar la posibilidad (como se hace en este trabajo) de modelización a través de criterios de programación por metas que, usando los mismos algoritmos de resolución que la programación lineal, sustituyen las restricciones por metas flexibles, cuyas desviaciones se pretende minimizar (Rifai, 1996).

En el presente trabajo se aplica un modelo basado en la metodología de programación por metas a la gestión de envíos de sangre desde un Centro de Transfusiones (que actúa como unidad central de análisis) a todos los hospitales regionales. La distribución de sangre ya había sido abordada con anterioridad a través de modelos tradicionales de gestión de inventarios, presuponiendo tanto periodos fijos de vida útil del producto como periodos de vida exponenciales. Aquí se pretende aprovechar la flexibilidad de la programación por metas para optimizar los envíos considerando la trascendencia de que la demanda de sangre pueda exceder al nivel diario de donaciones.

Para completar el trabajo, se precisó el desarrollo de una herramienta eficaz que facilitase al personal del Centro de Transfusiones la adopción de decisiones diarias acerca de las cantidades de sangre a suministrar. Por ello, se desarrolló un programa informático capaz de proporcionar automáticamente tal información, a partir de una serie de inputs o datos de entrada y un conjunto de datos históricos en permanente actualización. Por sus características, este programa puede ser entendido como un D.S.S.

## **2. UN MODELO DE PROGRAMACIÓN POR METAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS PERECEDEROS**

El problema que en este artículo se aborda aparece en aquellas empresas cuya actividad es la fabricación y posterior venta de productos perecederos (farmacia, pastelería, carnes y pescados, libros de temporada, etc.), las cuales se apoyan en redes de distribuidores. La problemática de esta actividad radica en que, en muchas ocasiones, los distribuidores no compran el producto sino que funcionan como meros intermediarios recibiendo una comisión por unidad vendida, y por ello su interés es pedir la mayor cantidad posible de producto. Por su parte, la empresa productora debe tener en cuenta que aquellas unidades no vendidas por los suministradores corren el riesgo de caducar ya que se está trabajando con productos perecederos, y será ella la que deba asumir el coste correspondiente, al menos parcialmente. Por lo tanto a la empresa le interesará

enviar las unidades justas a los suministradores con el objetivo de que no tengan ni demasiadas unidades que puedan caducar, ni tengan roturas de stock.

Para modelar este problema se han identificado varios objetivos así como restricciones que se deben cumplir:

- 1) La empresa fabricante debe enviar las unidades adecuadas a los suministradores de modo que les caduque el menor número de unidades posible.
- 2) La empresa fabricante no podrá enviar más unidades de las que dispone. Ésta será una restricción que deberá satisfacer el modelo y no una meta ya que en los casos donde la demanda sea mayor que la disponibilidad se producirá una rotura de stock.
- 3) La empresa fabricante tiene que intentar satisfacer siempre las necesidades de los distribuidores. Aun sabiendo que normalmente las unidades que se solicitan son más que las que se venden, no debería enviarse nunca unidades por defecto debido a que en algún caso sí se pueden necesitar todas. Pese a esto, puede darse el caso de que la empresa no tenga suficientes unidades para cumplir las necesidades de los suministradores y eso no debe implicar que el problema no tenga solución sino que se buscará una desviación lo más pequeña posible. Por tanto, esta condición no se va a incluir como una restricción sino como una nueva meta. Por otra parte, si la empresa fabricante sí tiene suficientes unidades de producto para cumplir este segundo objetivo, deberá decidir con que edad envía esas unidades, ya que normalmente a los suministradores que les sobren más se les deberá enviar unidades más frescas para alargar la caducidad.
- 4) La empresa fabricante tiene que cubrir unas necesidades de producto fresco para todos los suministradores. Por la misma razón que en el apartado 3, esta condición deberá plantearse como un objetivo, de tal manera que si no se puede cumplir debido a que la empresa fabricante no tiene bastantes unidades frescas, se aproxime al máximo a las necesidades de los suministradores.
- 5) Por último, además de que los suministradores deban recibir una determinada cantidad de producto fresco, es ético que todos reciban producto con una media de edad aceptable. Todos los suministradores prefieren el producto más fresco, por ello no sería una política justa el que a aquellos que tengan más actividad se les envíen las unidades menos frescas, puesto que es una manera de penalizarlos. Por eso, aunque normalmente las unidades más frescas se enviarán a aquellos suministradores donde es más fácil que caduquen las unidades sobrantes (normalmente los de menores ventas), hay que mantener una cierta equidad en todos los envíos. Esta nueva condición se planteará como otra meta dentro de la política de inventarios de la empresa.

Como el problema tiene varios objetivos, un planteamiento de programación lineal clásico con una única función objetivo a maximizar o minimizar y una serie de restricciones, no es apropiado. En este caso se recurrirá a la *programación lineal por*

*metas*, donde los objetivos serán tratados como restricciones flexibles de forma que cada una de ellas va a tener una posible desviación por defecto o por exceso, tratando de conseguir que las desviaciones que no son interesantes sean lo menores posibles. Cada objetivo tiene por tanto su propia desviación que denominaremos  $Y$ , la cual puede ser positiva o negativa.

En relación a la definición de las variables, como anteriormente se expuso el primer objetivo será minimizar la cantidad de producto que le caduca a los distribuidores. Por tanto, si suponemos que hay  $n$  tipos de producto, y cada uno tiene una vida útil máxima de  $m$  días, definimos  $X_{ij}^l$  como la cantidad de producto de tipo  $l = 1, 2, \dots, n$  con  $i = 1, 2, \dots, m_l$  días de vida que se envía al distribuidor  $j = 1, 2, \dots, k$ .

Por tanto, el primer objetivo en forma de restricción consiste en que caduque el menor número de unidades posible;

$$(1) \quad \sum_{i=1}^{m_l} \sum_{j=1}^k P_{ij}^l X_{ij}^l = Y_{1,l}^+ - Y_{1,l}^- \quad \text{con } l = 1, \dots, n$$

siendo  $P_{ij}^l$  la probabilidad de que una unidad de producto del tipo  $l$  con  $i$  días de vida caduque en el distribuidor  $j$ . Esta probabilidad la puede obtener la empresa a partir de sus propios datos históricos, pero si no se tuvieran suficientes datos, es posible realizar una aproximación a partir de la relación  $P_{ij}^l = 1 - Q_{ij}^l$  siendo  $Q_{ij}^l$  la probabilidad de que una unidad de tipo  $l$ , con  $i$  días de vida, sea transferida por el distribuidor  $j$ . Estas  $Q_{ij}^l$  se pueden poner en relación con la probabilidad de que la unidad más fresca posible sea transferida (Kendall, Lee, 1980), mediante la relación  $Q_{ij}^l = \gamma_j^{(m-i)} \cdot Q_{m,j}$ , siendo  $\gamma_j^{(m-i)}$  el parámetro de preferencia de edad para el suministrador  $j$  (grado en que se prefiere unidades más viejas sobre la más frescas). Si  $\gamma_j^{(m-i)} \rightarrow \infty$  estamos ante una situación FIFO pura.

El segundo objetivo consiste en que la empresa cubra siempre que pueda todas las demandas de los distribuidores. Si llamamos  $C_j^l$  la demanda del distribuidor  $j$  del producto tipo  $l$  (en el período de tiempo considerado), tendremos que:

$$(2) \quad \sum_{i=1}^{m_l} X_{ij}^l - C_j^l = Y_{2,l,j}^+ - Y_{2,l,j}^- \quad j = 1, 2, \dots, k; \quad l = 1, 2, \dots, n$$

El tercer objetivo trata de enviar un número mínimo de unidades frescas a los distribuidores. Si entendemos por unidades frescas las que tienen  $z_0$  días o menos, y llamamos  $F_j^l$  al nivel de unidades frescas de tipo  $l$  que requiere el suministrador  $j$  en el período de tiempo considerado, el objetivo en forma de restricción será:

$$(3) \quad \sum_{i=1}^{z_0} X_{ij}^l - F_j^l = Y_{3,l,j}^+ - Y_{3,l,j}^- \quad j = 1, 2, \dots, k; \quad l = 1, 2, \dots, n$$

Finalmente, el último objetivo busca que los distribuidores reciban una cantidad de producto con una media de edad aceptable. Para expresar esta restricción llamaremos, al igual que hicimos anteriormente,  $C_j^l$  a la demanda de producto tipo  $l$  del suministrador  $j$  (en el período de tiempo considerado), y  $A_j^l$  a la media de edad deseada por el suministrador  $j$  para el producto  $l$ . El objetivo en forma de restricción será:

$$(4) \quad \sum_{i=1}^{m_l} i \cdot X_{ij}^l - A_j^l \cdot C_j^l = Y_{4,l,j}^+ - Y_{4,l,j}^- \quad j = 1, \dots, k; \quad l = 1, \dots, n$$

Para completar el modelo, sólo queda añadir que la empresa productora no puede enviar más unidades a los distribuidores de las que efectivamente tiene. Por tanto, si llamamos  $K_i^l$  al número de unidades de producto tipo  $l$  con  $i$  días de vida que tiene la empresa en el período de tiempo considerado, tendremos que:

$$(5) \quad \sum_{j=1}^k X_{ij}^l \leq K_i^l \quad i = 1, \dots, m_l, \quad y \quad l = 1, \dots, n$$

Respecto a la función objetivo, como se expuso anteriormente, el objetivo general va a consistir en minimizar determinadas desviaciones  $Y_i$ . Por tanto, el modelo completo será:

$$(6) \quad \min \sum_{l=1}^n Y_{1,l}^+ + \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{2,l,j}^- + \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{3,l,j}^- + \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^k Y_{4,l,j}^+$$

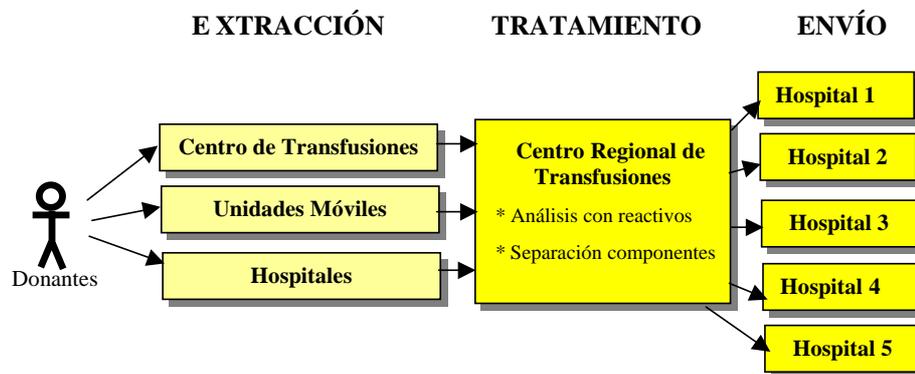
sujeto a las restricciones (1)-(5), y a la condición de no negatividad de todas las variables.

Para la búsqueda de la solución de este modelo se ha desarrollado un sistema informático de apoyo a la toma de decisiones, DSS, que se describe posteriormente.

### 3. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO EN LA GESTIÓN DE UN BANCO DE SANGRE

Se describe a continuación una aplicación del modelo presentado, al caso de la gestión de un banco de sangre para transfusiones, el cual presenta las características descritas en el epígrafe 2.

Se entiende por sistema de gestión de hemoderivados al proceso de control de la extracción de la sangre, el análisis y posterior suministro a los pacientes. En general, en España se utiliza para todo este proceso un sistema centralizado que se basa en la existencia de un único centro en donde se va a tratar la sangre recogida. Este centro es denominado en muchos casos *Centro Comunitario de Transfusiones* (figura 2).



**Figura 2.** Flujo logístico de la sangre.

Como se observa, la sangre se obtiene de donantes voluntarios, ya sean personas inscritas a Hermandades de Donantes de Sangre o donantes no habituales, siendo el lugar de la extracción tanto el Centro Comunitario de Transfusiones como también unidades móviles u otros hospitales de la región.

Independientemente del lugar de la extracción, toda la sangre se envía al Centro Comunitario, en donde se analiza por medio de reactivos químicos. Con ello se pretende evitar enfermedades de transmisión sanguínea en las transfusiones (hepatitis, SIDA etc.). Posteriormente, a través de los procedimientos adecuados, casi todo el conjunto de la sangre entera se separa en componentes (sólo un 5% de la sangre recogida se deja en su mismo estado).

En la última fase, el Centro de Transfusiones funciona como un almacén que suministra la sangre necesaria para responder a las necesidades de los hospitales de la región, e incluso, en eventualidades, a los hospitales de otras Comunidades Autónomas.

Este mecanismo de gestión centralizado implica por tanto que puedan recogerse un número de bolsas de sangre en un hospital de la región, se envíen a analizar al Centro de Transfusiones y posteriormente esas bolsas vuelvan al mismo hospital. Aunque este proceso puede parecer lento y poco eficiente, es sin embargo el idóneo para Comunidades como el Principado de Asturias, donde las distancias entre el Hospital Central y el resto de hospitales no son grandes y por tanto los traslados no suponen ni un gran coste ni gran lapso de tiempo. En cambio, lo que tiene realmente un coste alto son los reactivos que se utilizan para analizar la sangre. Debido a que en cada análisis se comprueban unas treinta bolsas a la vez y que hay hospitales de la región que sólo consiguen tres o

cuatro bolsas en un día, el sistema centralizado permite obtener economías a escala en el análisis, ya que es prácticamente igual de costoso analizar esas cuatro que las treinta.

Por contra, el inconveniente que se puede plantear con este sistema es que cuando llega la sangre a los hospitales, ésta puede tener un avanzado estado de edad y, como normalmente el uso es menor que la demanda, mucha de la sobrante caduca. Para evitarlo, se ha adaptado el modelo lineal general descrito en el epígrafe 2 a este caso, de manera que se determine con qué edad máxima tendrá que enviarse la sangre desde el Centro de Transfusiones a los hospitales para minimizar la cantidad caducada. Hay que tener en cuenta que coexisten hospitales que tienen una actividad mucho mayor que otros y por tanto es más probable que caduquen menos unidades, aunque se les mande más de edad más avanzada.

En resumen, el objetivo es que el Centro realice una correcta política de envío en base a los datos que tiene de las caducidades históricas de los hospitales, de modo que el número de unidades de sangre que caduquen sean lo menores posibles. Se observa que el modelo descrito anteriormente se adapta al problema planteado de la gestión de sangre.

Siguiendo con la nomenclatura presentada en la sección 2, existen 8 tipos distintos de sangre ( $l = 1, \dots, 8$ ), 9 hospitales donde distribuir ( $j = 1, \dots, 9$ ), teniendo los días de vida del producto perecedero un rango de variación  $i = 1, \dots, 35$  días. Pese a la simplicidad del modelo planteado, el tamaño en este caso concreto alcanza la cifra de 2968 variables y 504 restricciones (excluyendo las de no negatividad), por lo que se hace interesante tratar de automatizar su resolución a través de un programa informático para su evaluación diaria.

Este sistema de ayuda a la toma de decisiones, DSS, permite identificar cómo se debe distribuir la sangre desde la unidad central de análisis a los diversos hospitales, a partir de la introducción de unos datos sencillos (figura 3). La probabilidad de que caduquen los distintos tipos de sangre en función de su antigüedad y del hospital al que ésta es enviada puede ser calculada en base a los datos históricos disponibles en el Centro de Transfusiones, ya que éste obliga a los hospitales receptores a enviar un parte diario de situación. La cantidad de sangre de cada tipo disponible al comenzar la jornada en el Centro de Transfusiones y las demandas diarias de sangre, total y fresca, son los inputs que habrán de ser día a día introducidos al modelo. Los parámetros de edad media admisible para cada tipo de sangre y hospital, así como el número de días por debajo de los cuales la sangre se considera fresca, son también entradas del modelo, cuyo valor habrá de ser decidido por el responsable del servicio y periódicamente revisado en función de los datos reflejados por los partes diarios que envían los hospitales.

En la figura 4 se observa la pantalla inicial del programa en donde se introducen los datos de cantidad de sangre, clientes y demandas. Posteriormente el sistema resuelve el modelo ofreciendo la política de distribución recomendada (figura 5).

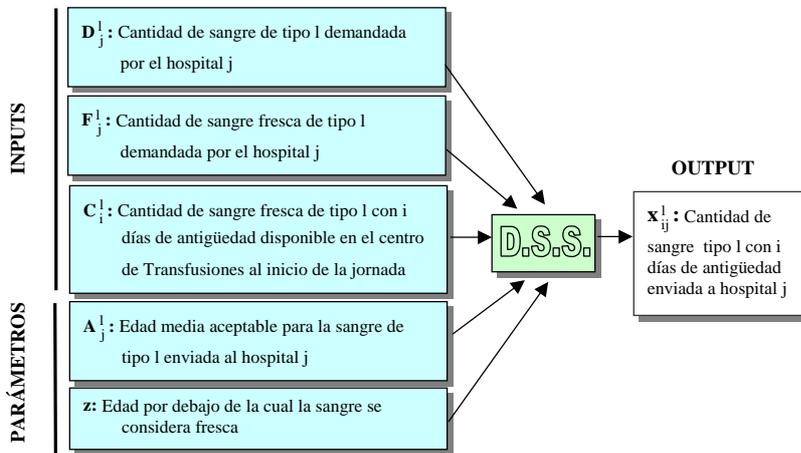


Figura 3. Esquema del D.S.S. desarrollado para el Centro Regional de Transfusiones.



Figura 4. Pantalla inicial del DSS para la gestión de productos perecederos.

	Cantidades	Demandas	Devoluciones	Rotura Stock
1	10000	5000	1250	No
2	15000	0	0	No
3	17500	8700	7830	No
4	20000	1050	0	No
5	25000	8900	6230	No
6	----	----	----	----
7	----	----	----	----
8	----	----	----	----
9	----	----	----	----

**Figura 5.** Salida con las recomendaciones de gestión del stock obtenidas del modelo. Cada línea representa un pedido.

#### 4. CONCLUSIONES

El problema tradicional de suministro de productos desde un almacén central a los centros distribuidores se ve notablemente dificultado cuando se trata de gestionar artículos perecederos, ya que en este caso es preciso contemplar el riesgo de pérdida de unidades por caducidad.

Un caso particular de gestión de productos perecederos es el constituido por el envío de sangre a los hospitales regionales desde una unidad central, donde es recibida toda la sangre extraída a los donantes para su análisis y posterior utilización. Tal es el caso del Centro Regional de Transfusiones del Principado de Asturias, que ubicado en Oviedo abastece a los principales hospitales de la región. Para resolver el problema de distribución diaria de sangre, en este artículo se aplicó la metodología de programación por metas, desarrollándose un DSS para facilitar la evaluación diaria del problema por el personal habitual del centro.

Además, el propio programa permite acumular datos históricos, que sirven para actualizar la información del sistema y así revisar periódicamente el valor de los parámetros utilizados. A la vista de esos datos se observa que se ha reducido notablemente la cantidad de sangre caducada en los hospitales desde que se comenzó a aplicar el modelo (la figura 6 muestra una de las pantallas del sistema informático que permite comparar

los resultados), pasando, en el ejemplo, de una pérdida en promedio de 15.610 litros diarios de sangre de tipo A<sup>+</sup> antes a 5.960 litros desde la aplicación del mismo en uno de los hospitales abastecidos.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Adachi, Y., Nose, T. & Kuriyama, S. (1999). «Optimal inventory control policy subject to different selling prices of perishable commodities», *International Journal of Production Economics*, 60-61, 389-394.
- Anónimo (1998). «Getting the fresh piece started», *Supermarket Business*, Nov. 1998, 13-16.
- Hennessy, T. (1999). «Getting to the core», *Progressive Grocery*, 78, 5, 105-116.
- Kendall, K. E. & Lee, S. M. (1980). «Formulating Blood Rotation Policies With Multiple Objectives», *Management Science*, 26, 1145-1157.
- Kleinsoorge, K. & Schary, B. (1989). «Evaluating Logistics Decisions», *International Journal of Physical Distributions & Logistics Management*, 19, 12.
- Nahmias, S. (1982). «Perishable inventory theory: an overview», *Operations Research*, 30, 4, 680-708.
- Nahmias, S. & Pierskalla, W. P. (1975). «Optimal Ordering Policies for Perishable Inventory I», *The Institute of Management Sciences*, 2, 485-493.
- Rahim, M. A., Kabadi, S. N. & Barnerjee, P. K. (2000). «A single period perishable inventory model where deteriorating begins at a random point time», *International Journal of Systems Science*, 131-136.
- Rifai, A. K. (1996). «A note on the structure of the goal-programming model: assessment and evaluation», *International Journal of Operation & Production Management*, 16, 1, 40-49.
- Scully, J. & Fawcett, S. E. (1993). «Comparative Logistics and Production Costs for Global Manufacturing Strategy», *International Journal of Operation & Production Management*, 13, 12.
- Skjoett-Larsen, T. (2000). «European logistics beyond 2000», *International Journal of Physical Distributions & Logistics Management*, 30, 5, 377-387.
- Van Zyl, G. J. J. (1964). *Inventory Control for Perishable Commodities*, Ph. D. Thesis, University of North Carolina, Chapel Hill, N.C.
- Wee, H. (1999). «Deteriorating inventory model with quantity discount pricing and partial backordering», *International Journal of Production Economics*, 59, 511-518.
- Williams, C. & Patuwo, B. E. (1999). «A perishable inventory model with positive order lead times», *European Journal of Operational Research*, 116, 2, 352-373.

## ENGLISH SUMMARY

### DSS MODELLING FOR PERISHABLE INVENTORY MANAGEMENT

B. DÍAZ FERNÁNDEZ\*  
J. A. DEL BRÍO GONZÁLEZ  
B. GONZÁLEZ TORRE

*Inventory management of perishable products has focused attention of researchers in Operation Management during the last decades. In this paper, a Decision Support System for perishable products distribution is developed and implemented, being applied to the blood delivery to different hospitals in a regional network from a central transfusion centre. In this case, the objective is not only satisfying the demands, but also trying to reduce the amount of blood that expires at the regional units (notice that clients do not suffer an additional cost by exceeding the expected level of inventory). For modelling this situation the approach selected was goal programming, due to the multicriteria nature of the problem. Important reduction of the quantity of wasted blood was detected in further application.*

**Keywords:** Decision support systems, goal programming, gestión de inventarios

**AMS Classification (MSC 2000):** 90B05, 90B90, 90C29

---

\* Autor para toda correspondencia: Belarmino Díaz Fernández. ETS Ingenieros Industriales. Universidad de Oviedo. Campus de Viesques. 33204 Gijón.

–Received January 1998.

–Accepted Mai 2001.

During the last few decades, increasing of competitiveness in the markets has forced researchers to look for ways of reducing the total cost of carrying a product to the market. At first, efforts were made on discovering patterns for reducing production costs, but nowadays, new research lines are focused on distribution and transport costs as well as in designing advanced methods for improving inventory management.

However, most of these methods lack on applicability due to the introduction of an important number of hypothesis which are difficult to find in real environments. Besides, the complexity of the model gets increased in the case of perishable products, whom possibility of expiring must to be modelled as well as the need of finding a balance between the cost of higher inventory and the risk of losing clients by no having available units. In these cases, general inventory models are not valid, so it becomes necessary to resort to tools such as linear programming, whose problem in this case is that constraints are very strictly established. For solving this problem, linear programming was substituted in our case by goal programming which.

Afterwards, the model was applied for implementing a decision support system for managing the supply of blood from a central transfusion unit to a regional net of hospitals.

Blood can be extracted in any of the hospitals, but it has to be carried to the transfusion centre, which operates as a central warehouse in which the analysis and treatment of the product takes place. After that, blood can be supplied to the hospitals according to the availability and their necessities. By centralising the analysis of the blood an important reduction in costs is obtained, thus the quantity of chemical products involved in the analysis does not depend on the quantity of blood processed. That means that if the process was not centralised, the necessities of chemicals (and consequently the costs) would be multiplied by the number of centres doing the analysis. The reduction in costs is much superior to the increase due to major needs of transport, at least if the central unit is strategically located and there are not long distances between the hospitals. That is the case of Asturian hospitals network, where the transfusion centre is quite well communicated and not very far from each particular unit.

In any case, decision of centralising the analysis, makes longer the time for getting the blood available for use. Therefore, it becomes much more important to find efficient models for distributing the blood between the transfusion centre and the hospitals, considering demands, levels of activity and expected period of life for an specific kind of product.

The inventory model for perishable product previously introduced was used for this particular case of distributing blood among a net of hospitals. A decision support system was built and in its further application it was found that an important reduction in expiring blood could be obtained applying the model. Therefore, goal programming seems to be quite a good methodology for creating efficient tools in the field of perishable inventory management.