

# RENDIMIENTO HOSPITALARIO Y BENCHMARKING EN ESPAÑA

**Juan Carlos Martín Hernández**

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria  
Facultad de Economía, Empresa y Turismo D.2.13  
35.017 Las Palmas de Gran Canaria  
Teléfono: +34 928 45 8189 Fax: +34 928 45 8183  
jcmartin@daea.ulpgc.es

**M<sup>a</sup> Isabel Ortega Díaz**

Universidad de Jaén  
Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas, Edif. D-3. Desp. 265.  
Campus Las Lagunillas, 23.071 Jaén  
Teléfono: +34 953 212297 Fax: +34 953 212077  
iortega@ujaen.es

## RESUMEN

La tarea de medir el rendimiento de los centros hospitalarios y elaborar un ranking de los mismos a partir de este criterio, constituye uno de los campos donde los investigadores necesitan modelos que tengan en cuenta la distinta naturaleza de las unidades de decisión a comparar. Este trabajo, en primer lugar, proporciona una revisión y crítica de varios enfoques que pretenden la consecución del anterior objetivo, centrándose especialmente en las medidas de productividad y eficiencia. Asimismo, revela que los resultados de estudios relativos al funcionamiento de los hospitales parecen ser muy sensibles a la elección de variables, la estructura del modelo, suposiciones subyacentes y metodología empleada. De este modo, esta comunicación propone la utilización de un análisis envolvente de datos (DEA) perfeccionado: el método de eficiencia cruzada (X-DEA), al objeto de realizar un ranking de 756 hospitales españoles. En el mismo se efectúa un análisis detallado teniendo en cuenta la tipología del hospital. En este trabajo también se propone un método para determinar las puntuaciones de cada hospital en materia de eficiencia identificando unos factores críticos de rendimiento, de forma que puedan ser empleados como una herramienta para la gestión hospitalaria al objeto de establecer programas de mejora en la posición de cada hospital dentro del ranking del conjunto de los mismos. El tema objeto de esta investigación cobra especial relevancia actualmente en España donde la situación económica está llevando a los responsables políticos a recortar gastos en la mayoría de las actividades del sector público, siendo el sanitario uno de los ámbitos donde este tipo de políticas está generando mayores controversias.

**Palabras clave:** Rendimiento hospitalario, estándares de atención sanitaria, DEA, eficiencia-cruzada.

## 1. Introducción

En los últimos años los investigadores del ámbito de la Economía de la Salud han mostrado un interés creciente en lograr medir el rendimiento económico y operativo de los hospitales, así como en la evaluación comparativa (benchmarking) del rendimiento entre centros hospitalarios con vistas a aportar alguna orientación sobre las mejores prácticas. Además, los responsables de la gestión hospitalaria se encuentran, cada vez más, frente a los requerimientos de información por parte de la administración pública competente que permita la citada evaluación comparativa de los centros en el desempeño de su actividad y en la implementación de buenas prácticas de gestión, en particular durante un período en que la crisis económica está obligando a los gobiernos europeos a controlar los presupuestos, especialmente en la zona del euro.

Existen varias organizaciones sanitarias y de investigación que publican informes que, en algunos casos, recogen las prácticas mejores y peores como consecuencia de la comparación del rendimiento hospitalario a nivel mundial. En el ámbito europeo se ha realizado un gran esfuerzo para resumir la información existente sobre el desempeño hospitalario y políticas de garantía de la calidad en la UE, en los países interesados en acceder o en otros Estados miembros de la Organización Mundial de la Salud (Federal Ministry of Labour, Health and Social Affairs, 1998; Federal Ministry of Social Security and Generations, 2001). Así, por ejemplo, el Consejo de Europa (Council of Europe, 1997) indicó unas recomendaciones generales sobre el desarrollo y la implementación de sistemas de mejora de la calidad en la atención de la salud así como la Comisión Europea (Directorate-General for Employment, Industrial Relations, 1999) publicó las mejores prácticas en la prestación eficiente y eficaz de los servicios sanitarios.

Por lo tanto, los gerentes de los hospitales pueden enfrentarse a los requerimientos externos de evaluación de su rendimiento. Sin embargo, la realidad es que hay complejidades importantes que intervienen en la comparación de los hospitales al tratarse de un grupo muy heterogéneo. Por ejemplo, la diversidad de las patologías de los pacientes atendidos en unos hospitales y otros dificulta la validez de las comparaciones en materia de costes o de economías de escala (Edbrooke et al., 1999). Los hospitales son difícilmente comparables cuando no son homogéneos en las características de los pacientes atendidos, circunstancia que no siempre es correctamente valorada en la información disponible (Edbrooke et al, 1999; Gyldmark, 1995; Jacobs et al., 2004).

Shaw (2003, p.4) sostiene que los principales métodos de medición del rendimiento de los hospitales son la inspección regulatoria, las encuestas de satisfacción, la evaluación externa y los indicadores estadísticos, la mayoría de los cuales nunca han sido testados rigurosamente. La evidencia de su efectividad relativa proviene principalmente de los estudios descriptivos en vez de hacerlo a partir de ensayos controlados. La efectividad de las estrategias de medición depende de muchas variables, incluyendo su propósito, la cultura nacional, el modo en cómo se aplican y la forma en que se utilicen los resultados.

Entre los métodos citados, las evaluaciones externas son muy importantes y por lo general incluyen la medición a través de estándares, la revisión por pares o los programas de acreditación. La estandarización implica el cumplimiento de los sistemas internacionales de calidad mientras la revisión por pares es generalmente apoyada en los departamentos clínicos como un medio de auto-regulación y mejora de los procesos particulares y no del rendimiento global de los hospitales. Por su parte, los programas de acreditación son gestionados por organismos independientes en varios países y el enfoque es orientado hacia el paciente, los procedimientos clínicos, los resultados y el desempeño organizacional.

Además de los factores de diferenciación mencionados por Jacobs et al. (2004), los hospitales operan en entornos de mercado diferentes y con distintas estructuras gubernamentales. La finalidad del hospital (especialidad a la que esté mayoritariamente dedicado) afectará a la orientación de la organización hacia la cantidad, el tipo de actividades y prácticas clínicas en las que se debe involucrar. Del mismo modo, la dependencia funcional de un hospital (carácter público, privado sin fin de lucro o privado con fin de lucro) y el régimen regulatorio crearán incentivos que afectan a la cantidad y el tipo de inversiones realizadas, los precios cobrados y la orientación comercial global. El reto de la medición y la evaluación comparativa del rendimiento hospitalario no puede ignorar la existencia de esta diversidad.

El trabajo que presentamos se estructura del siguiente modo. Tras esta introducción, la segunda sección repasa la literatura existente sobre medición del rendimiento de los hospitales dentro de la que se enmarcaría la metodología propuesta en este trabajo. La sección 3 describe la base de datos que utilizaremos en nuestro análisis. La metodología empleada para analizar el rendimiento de los hospitales de España se muestra en la sección 4. Los resultados obtenidos se presentan en la sección 5, y finalmente, concluye la sección 6.

## **2. Revisión de la literatura**

El concepto de eficiencia generalmente se basa en las definiciones seminales realizadas por Farrell (1957). Alcanzar la eficiencia técnica implica producir la cantidad máxima de producción a partir de una cantidad dada de recursos productivos o, alternativamente, producir un nivel determinado con la utilización de la mínima cantidad de recursos. Por otra parte, la eficiencia asignativa se alcanza cuando la combinación de insumos logra la minimización de los costes, dados los precios de los inputs, o bien, cuando la producción permite maximizar los ingresos dados los precios de venta. Ambos tipos de eficiencia abarcan la "eficiencia global". Cuando una empresa presenta eficiencia global opera en su frontera de costes e ingresos.

Hollingsworth y Street (2006) señalan que, si bien la investigación académica aplicada en el campo de la eficiencia ha experimentado un intenso desarrollo, existe una importante brecha entre el enfoque de la oferta y la demanda. En el campo de la salud, mientras el avance de estos trabajos es muy importante desde la perspectiva de la oferta, desde la de la demanda es aún muy débil. Hollingsworth (2008) analiza temas tan importantes como la definición de eficiencia en el campo de la Economía de la Salud, la

medición de la mejora de las condiciones mentales y físicas de los pacientes proporcionadas por los centros hospitalarios y la selección de las mejores prácticas para llevar a cabo estudios de eficiencia.

Ha existido un interés creciente en la cuantificación del rendimiento productivo de los servicios de salud desde mediados de la década de los 80. En este sentido, el método DEA ha sido ampliamente utilizado para medir la eficiencia de las instituciones sanitarias y se ha mostrado como una poderosa herramienta para la toma de decisiones para los responsables políticos. Una amplia selección de artículos publicados sobre la medición de la frontera de eficiencia, principalmente basados en un enfoque no-paramétrico como es la técnica del análisis envolvente de datos se puede encontrar en Hollingsworth (2008), junto a una búsqueda de todas las bases de datos disponibles y relevantes. Dicho autor trata de determinar los métodos y datos utilizados, los modelos especificados, análisis de sensibilidad empleados, resultados e implicaciones de política. Además, en dicho trabajo se resumieron los resultados en un formato básico de meta-análisis con el fin de sintetizarlos y extraer con cuidado las implicaciones potenciales.

Sin embargo la utilización de esta metodología DEA requiere considerar los posibles problemas o limitaciones que pueden surgir en su aplicación (Angulo-Meza y Lins, 2002, p.225), entre las que podemos destacar:

- (a) la falta de discriminación entre las unidades de decisión (DMUs) eficientes que se produce cuando el número de DMUs es pequeña en comparación con el número total de variables en el análisis;
- (b) incapacidad del sistema de ponderación, que con frecuencia puede ser incorrecto, dando un gran peso a las variables con menor importancia o dando un pequeño peso (o nulo) a las variables importantes;
- (c) múltiples soluciones óptimas para el sistema de ponderación de las DMUs eficientes.

Al objeto de solventar los inconvenientes de este método y que podrían distorsionar el benchmarking, se propone la utilización del método de eficiente cruzada (X-DEA). Flokou et al. (2011) llevan a cabo una revisión de la literatura que muestra un amplio abanico de áreas donde ha sido previamente empleado. Incluso, en fechas más recientes, su utilización se ha extendido a novedosos ámbitos como la contratación de proveedores en los procesos de contratación pública (Falagario et al., 2012). Sin embargo, hasta el presente son escasos los estudios realizados en el ámbito de la sanidad que utilizan esta técnica.

Dentro de ellos, en el ámbito hospitalario en que se centra esta comunicación sólo conocemos el trabajo de Klokou et al. (2011, p.1002), donde los autores evaluaron la eficiencia de los hospitales generales del Servicio Nacional de Salud Griego (NHS) en un análisis de dos etapas. En la primera, las eficiencias técnicas y de escala fueron evaluadas con modelos DEA-CRS y DEA-VRS. En la segunda etapa, se llevó a cabo un posterior X-DEA para validar los resultados del DEA. A continuación, se aplicó un esquema de agrupación (análisis cluster) para detectar subgrupos de hospitales que

operan bajo similares circunstancias y, por lo tanto, para avanzar en el conocimiento de las características operativas diferenciadoras.

No obstante, con anterioridad también se utilizó el X-DEA en el campo de la sanidad en otros niveles diferentes, como a un macro-nivel de países utilizando información de 30 países de la OCDE (Hollingsworth and Wildman, 2002), al nivel de algún servicio hospitalario particular como es el del tratamiento del infarto agudo de miocardio (Standford, 2004) o en referencia a varios métodos de ranking en el contexto del DEA (Yossi et al. 2006).

Por otra parte, la correcta caracterización de los procesos productivos hospitalarios constituye un paso necesario para conseguir determinar y evaluar la eficiencia con la que operan estos centros. Sin embargo, este tema ha suscitado amplios debates que se mantienen en la actualidad porque, como sucede en la mayoría de las actividades englobadas en el sector servicios, existe una gran dificultad tanto para definir y cuantificar sus producciones como para determinar las posibles relaciones entre outputs e inputs (Worthington, 1999).

Basándonos en el modelo conceptual adoptado por Rodrigues (1983) y por Jacobs, Smith y Street (2006), hemos considerado al hospital como una empresa que produce una amplia variedad de productos intermedios y finales, consecuencia de las diferentes tipologías de enfermedades tratadas, y donde para diagnosticarlas y curarlas se emplean toda una serie de recursos humanos (personal sanitario y no sanitario), materiales y económicos (el capital suele aproximarse a través del número de camas en funcionamiento o instaladas). Dicho proceso debe tener como resultado la mejora de los niveles de salud y bienestar de los ciudadanos, pero medir el nivel de mejora de la salud de una población es una tarea muy compleja. Una posible solución es utilizar, en su lugar, información sobre producción hospitalaria intermedia (Kao et al., 2011) o final.

La importancia de realizar una selección adecuada de las variables radica en que los resultados de la medición de la eficiencia estarán condicionados por ella. En este trabajo hemos seleccionado variables ya utilizadas en la literatura existente en el área de la eficiencia hospitalaria. (Leleu, 2012; Kao et al., 2011; Hua et al., 2009; Ozcan, 2008; Nayar and Ozcan, 2008; Puig-Junoy, 2000).

### **3. Base de datos**

#### **Muestra**

La información cuantitativa utilizada en este estudio procede de la Estadística de Establecimientos Sanitarios con Régimen de Internado (ESCRI) correspondiente a 2009. La realización y publicación de esta base de datos corresponde actualmente al Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad del Gobierno de España. Se trata de una amplia base de datos (contiene más de 1.100 variables) y constituye la única fuente de información sobre recursos y actividad hospitalaria referida a todos los centros sanitarios que prestan atención especializada con régimen de internamiento ubicados dentro del territorio nacional español.

Las unidades de análisis empleadas en esta comunicación son 756 hospitales españoles, tanto de carácter público como privado, incluyendo los centros de especialidades<sup>1</sup> de ellos dependientes.

### **Medición de los inputs**

En nuestro análisis empírico los inputs utilizados para calcular la eficiencia de cada DMU son:

- Personal sanitario
- Personal no sanitario. No se incluye el personal que atiende servicios que se hayan decidido externalizar como, por ejemplo, la vigilancia, cocina, lavandería o limpieza.
- Suministros. Esta variable recoge los gastos generados (expresados en euros) por la adquisición de productos farmacéuticos y demás bienes necesarios para la prestación de los servicios sanitarios. Incluyen las adquisiciones de servicios y materiales consumibles, la variación de existencias adquiridas y las pérdidas extraordinarias generadas y excluye los gastos de personal, de capital o de depreciación.
- Tamaño del hospital. Se cuantifica a partir del número de camas en funcionamiento en promedio durante todo el año.

### **Medición de los outputs**

En el presente trabajo asumimos que los hospitales producen, ante todo, dos tipos de servicios:

- Estancias hospitalarias atendidas: conjunto de pernoctas o, en su defecto, número de días en que se ha suministrado una comida principal (almuerzo o cena) a los pacientes.
- Admisiones tramitadas: número de pacientes ingresados en el centro durante el año para diagnóstico y/o tratamiento en régimen de internado. Incluyen ingresos programados, urgentes y los producidos por otras causas.

### **Análisis descriptivo y estadístico**

El Cuadro 1 presenta la estadística descriptiva de los inputs y outputs que empleamos, así como algunos indicadores de actividad de los hospitales examinados. En general todas las variables y ratios muestran una gran variabilidad debido a que hemos utilizado la totalidad de la población de hospitales existente, con una amplia gama de tamaños y orientados hacia servicios muy diferentes entre sí. Así, por ejemplo, el tamaño (utilizando la variable camas en funcionamiento como proxy) oscila entre 4 y 1.673, si bien los hospitales españoles tienen una media de 207,99 camas, cifra que se considera dentro de la categoría de tamaño mediano. Los menores tamaños frecuentemente corresponden a hospitales privados con ánimo de lucro mientras todos los grandes

---

<sup>1</sup> Los centros de especialidades tienen como finalidad la prestación de asistencia especializada fundamentalmente en régimen ambulatorio. Se consideran dependientes de un hospital cuando presentan un presupuesto conjunto. Sin embargo no se computan como tales ni los centros de salud mental dependientes de los hospitales psiquiátricos ni los centros de atención primaria.

hospitales son generales y de la red pública. Esto también se traduce en un rango muy amplio en las cifras registradas de personal empleado, tanto sanitario como no sanitario y en las cifras de suministros. Detectamos una amplia plantilla de personal no sanitario a la que habría que sumar el volumen de los trabajadores que realizan servicios externalizados y que aquí no contabilizamos. Con frecuencia, se ha procurado que las decisiones de descentralización de servicios no sanitarios no se tradujeran en despidos del personal contratado por el propio hospital previamente.

Los hospitales españoles registraron una media de 6.946,43 ingresos hospitalarios, los cuales generaron una media de 55.472,71 estancias, si bien estas variables también muestran una amplia variabilidad. La existencia de hospitales de larga estancia justifica la existencia de hospitales con un reducido número de ingresos, aunque las estancias sean elevadas frente a su capacidad y su ocupación sea plena.

El hospital con el código 753 presentó el mayor número de camas (1.673). En él prestan sus servicios 9.393 sanitarios y 5.502 no sanitarios, con un volumen de suministros de 212.194.703 euros. Este hospital registró un volumen de ingresos y estancias durante 2009, respectivamente, de 53.437 y 441.199. Se trata de un hospital general de la red pública y ubicado en la Comunidad de Madrid.

Los ratios suministros/personal y suministros/camas (con valores medios, respectivamente, de 30.323,76 y 65.132,51 euros) revelan un elevado gasto sanitario en materiales. Por otra parte, la media del ratio personal sanitario/personal no sanitario muestra un valor de 2,11. Sin embargo este ratio experimenta un importante crecimiento en los hospitales de gran tamaño debido a las economías de escala que genera la utilización del personal administrativo.

La media de las estancias por paciente ingresado (133,37) responde a una política hospitalaria española que ha intentado que se reduzca en lo posible. No obstante, ciertos servicios con complejidad mayor como cardiología, neurocirugía y oncología tienen estancias promedio mayores que otras como dermatología y obstetricia. Paralelamente se aprecia una alta tasa de ocupación hospitalaria (dado que la media de las estancias/camas o promedio de camas ocupadas es de 243,09) y una importante rotación (cuantificada a través del ratio admisiones por número de camas y que alcanza una media de 34,03). Dichas cifras se encuentran condicionadas por la necesidad de cerrar algunas plantas en determinados períodos como los vacacionales al no disponer de suficiente personal para atender dichas estancias, sin lo cual podrían ser superiores.

**Cuadro 1. Estadística descriptiva**

	Mean	SD	Min.	Max
<i>Outputs</i>				
Estancias	55.472,71	72.192,02	13,00	441.199,00
Admisiones	6.946,43	9.424,95	1,00	53.437,00
<i>Inputs</i>				
Personal sanitario	588,82	1.336,02	2,00	9.393,00
Personal no sanitario	269,69	591,24	1,00	5.502,00
Suministros	16.809.768,93	31.150.928,95	25.784,00	212.194.703,00
Camas	207,99	254,57	4,00	1.673,00
<i>Algunos ratios</i>				
Personal sanitario/Personal no sanitario	2,11	3,90	0,14	77,50
Suministros/Personal	30.323,76	35.751,92	41,90	775.094,62
Suministros/Camas	65.132,51	85.195,35	133,35	1.700.693,06
Camas/Personal	1,00	1,10	0,05	8,89
Estancias por cama	243,09	85,49	0,11	384,68
Estancias por admisión	133,37	665,38	1,00	9.855,00
Admisiones/Camas	34,03	29,07	0,03	384,68

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Clasificación de los centros hospitalarios de la muestra**

El estudio puede complementarse considerando las clasificaciones posibles de los hospitales para encontrar así factores que influyen en las diferencias registradas de eficiencia de estas instituciones. En este caso hemos realizado una clasificación por finalidad, si bien también pueden ser clasificados por Comunidades Autónomas, dependencia funcional (hospitales públicos, hospitales privados sin fines de lucro y hospitales privados con fines de lucro), existencia o no de concierto (contrato entre el hospital y el INGESA o el correspondiente Servicio de Salud de la Comunidad Autónoma correspondiente para la prestación de asistencia sanitaria), etc.

La finalidad del hospital se refiere a la especialidad médica a la que prioritariamente dedique la mayor parte de su actividad y recursos. Como norma general se considera aquella a la que destine más de un 65% de las camas en funcionamiento. Sin embargo, si no destinara el 65% de sus camas a una especialidad determinada se estimará como su finalidad aquella a la que destine más recursos. En la base de datos consultada se distinguen los siguientes tipos de hospitales en función de su finalidad:

- Hospitales generales (atienden las áreas de medicina y especialidades médicas, cirugía y especialidades quirúrgicas, obstetricia-ginecología, pediatría, laboratorio y diagnóstico por imagen, aunque excepcionalmente alguna de ellas pudiera faltar o estar poco desarrollada)
- Hospitales quirúrgicos
- Otros hospitales de agudos

- Hospitales psiquiátricos
- Hospitales de larga estancia (incluyen, entre otros, a los hospitales geriátricos y a los de rehabilitación psico-física).

**Cuadro 2. Distribución por finalidad de los hospitales españoles**

	Número de hospitales
General	452
Quirúrgicos	38
Otros hospitales de agudos	67
Psiquiátricos	85
Largas estancias	114
<b>Total</b>	<b>756</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

**4. Metodología**

En este trabajo nos basamos en la metodología DEA, la cual es definida por Charnes et al. (1978) como un modelo de programación matemática aplicada a los datos observados que proporciona una nueva forma de obtener estimaciones empíricas de las relaciones de intercambio existentes en las funciones de producción y/o superficies de posibilidades de producción eficientes, piedras angulares de la economía moderna. Desde entonces, la metodología DEA ha sido aplicada en una amplia variedad de contextos: educación, salud, banca, fuerzas armadas, deportes, el transporte, agricultura, tiendas minoristas y proveedores de electricidad. Originalmente diseñado para evaluar las unidades de toma de decisiones (DMUs), que utilizan múltiples inputs para producir múltiples outputs, sin una clara identificación de la relación entre ellos, el análisis DEA ha mejorado a través de una variedad de formulaciones y utilización para diversos tipos de industrias.

La capacidad del DEA para analizar relaciones multidimensionales entre múltiples inputs y outputs sin tener que partir previamente de una relación funcional entre los mismos hace de esta técnica una metodología muy popular dentro de una amplia variedad de áreas. De este modo, el análisis DEA es particularmente apropiado cuando la información disponible para ponderar los múltiples inputs y outputs no es clara o, incluso, es inexistente. En relación con la eficiencia referida a la atención sanitaria, la existencia de actividades y servicios no destinados a la venta es un tema relevante porque su valor (o precio) es más difícil de medir. Por esta razón, los métodos no paramétricos han sido profusamente utilizados como consecuencia de tal problema de valoración. Algunas aplicaciones del DEA en el área de los sistemas de salud se pueden consultar en Chen et al. (2005), Harrison y Sexton (2006), Harrison y Ogniewski (2005), Harrison et al. (2004) y Leleu et al. (2012).

No pretendemos descubrir los aspectos básicos de los modelos DEA. Una buena introducción a la notación, formulación e interpretación geométrica del DEA se puede

consultar en Charnes et al. (1994), Ali y Seiford (1993), Coelli et al. (1998) y Cooper et al. (2000). Existen tres modelos básicos: el DEA bajo rendimientos variables de escala (VRS), rendimientos constantes de escala (CRS) y el modelo aditivo. Éstos se pueden utilizar para buscar cuáles de las DMUs determinan la frontera de la superficie envolvente y son consideradas eficientes. Las unidades que no se encuentran en la frontera son ineficientes y la medición del grado de ineficiencia estará determinada según el modelo seleccionado.

La elección de un modelo DEA concreto dependerá de algunos supuestos establecidos sobre el conjunto de datos que se utilizarán y de algunos conocimientos previos sobre el tema bajo análisis. El conjunto de datos tiene que describir las actividades de las unidades de la mejor manera posible. Es especialmente importante tener una idea acerca de los beneficios hipotéticos de escala que pueden existir. Este conocimiento va a determinar la superficie envolvente -rendimientos constantes o variables de escala<sup>2</sup>- del modelo.

Tras la selección de la superficie envolvente, los investigadores generalmente se enfrentan a la decisión de cómo seleccionar la orientación del modelo para determinar la medición de la eficiencia. Existen tres orientaciones básicas: input, output e híbrida. Una orientación input se centra en la disminución proporcional del vector input, la orientación output se ajusta al aumento proporcional del vector output y la orientación híbrida no discrimina la importancia del posible aumento de la producción o disminución de los recursos empleados. Las DMUs participantes en el estudio determinarán la selección de la orientación.

En el análisis DEA se suele asumir que existen  $n$  unidades de producción para ser evaluadas –hospitales en nuestro caso- que utilizan  $m$  inputs diferentes (personal sanitario, personal no sanitario, compras y número de camas) para producir cantidades de  $s$  diferentes outputs (número de días de estancia y pacientes ingresados). En concreto, la unidad de producción  $o^{th}$  consume  $x_{io}$  unidades del input  $i$  ( $i = 1$  hasta  $m$ ) y produce  $y_{ro}$  unidades de producción del output  $r$  ( $r = 1$  hasta  $s$ ). La unidad de producción  $o^{th}$  ahora puede describirse de forma más compacta con el vector  $(X_o, Y_o)$ , que indica, respectivamente, los vectores de inputs y outputs del hospital  $o$ .

A continuación, consideramos las comparaciones de dominio de este hospital en particular utilizando como referencia la base de datos disponible. El análisis DEA considera como dominio posible a todas las combinaciones lineales de los  $n$  hospitales incluidos en el análisis, es decir,  $(\sum_k \lambda_k X_k, \sum_k \lambda_k Y_k)$ , con el escalar restringido a no ser negativo<sup>3</sup>. El hospital  $o$  está dominado, en términos de inputs, si al menos una combinación lineal de hospitales muestra que algunos de estos inputs se pueden disminuir sin empeorar el resto de inputs u outputs. El hospital  $o$  es dominado en

---

<sup>2</sup> Las siglas CCR y BCC se utilizan a veces en referencia a los modelos CRS y VRS, respectivamente. Proviene de la inicial de los autores de los trabajos que emplearon estas dos diferentes superficies envolventes (Charnes et al., 1978 y Banker et al., 1984).

<sup>3</sup> Los distintos supuestos sobre el escalar producen diferentes superficies envolventes: VRS, CRS o extensiones de estos modelos básicos.

términos de outputs si al menos una combinación lineal de hospitales muestra que algunos outputs pueden ser aumentados sin empeorar el resto de inputs y outputs.

Así, el método sirve para dividir un conjunto de hospitales en dos subconjuntos: hospitales eficientes e ineficientes. También permite calcular el nivel de ineficiencia de un hospital catalogado como ineficiente. Los gerentes de los hospitales pueden modificar el rendimiento con diferentes prácticas de gestión obtenidas a partir de un análisis de eficiencia. En este sentido, este trabajo inicialmente se basa en los resultados de un modelo VRS-DEA con orientación output con el objetivo de cuantificar el rendimiento de los hospitales españoles.

Formalmente, la eficiencia del DEA VRS con orientación output para un hospital, se calcula a través del problema de programación lineal siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\nu, \mu} \frac{\sum_{i=1}^m \nu_i x_{io} + \nu_o}{\sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro}} \\
 & \text{s.t.} \\
 & \frac{\sum_{i=1}^m \nu_i x_{ij} + \nu_o}{\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj}} \geq 1 \quad (j=1 \dots n), \\
 & \text{where } \nu_i, \mu_r \geq 0, \nu_o \text{ free}
 \end{aligned} \tag{1}$$

El conjunto de restricciones requiere que los mismos pesos, cuando se aplican a todos los hospitales, no proporcionen a ninguno de ellos una eficiencia menor de uno. La solución a este problema de minimización no es único. Se puede demostrar que si existe una solución  $(\nu, \mu)$  al problema anterior, entonces existe un número infinito de soluciones porque  $(\phi\nu, \phi\mu), \phi \geq 0$  es también una solución al problema (Coelli, 1996). Dado que hay un número infinito de soluciones para las variables duales (multiplicadores), es necesario formular un programa equivalente de programación lineal que lo evite. En este sentido, el siguiente problema se resuelve para cada hospital:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\nu, \mu} \sum_{i=1}^m \nu_i x_{io} + \nu_o \\
 & \text{s.t.} \\
 & \sum_{i=1}^m \nu_i x_{ij} + \nu_o - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0 \quad (j=1 \dots n), \\
 & \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} = 1 \\
 & \text{where } \nu_i, \mu_r \geq 0, \nu_o \text{ free}
 \end{aligned} \tag{2}$$

Un hospital se encuentra en la frontera si y solo si  $\sum_{i=1}^m \nu_i x_{io} + \nu_o = 1$  en el óptimo. La restricción  $\sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} = 1$  se conoce con el nombre de restricción de normalización, y los

input y output ponderados se llaman input virtual y output virtual, respectivamente. Puede consultarse Seiford y Thrall (1990) para una revisión detallada de estos modelos. El ratio de eficiencia varía de 1 a infinito. Por lo tanto, cada hospital elegirá ponderaciones a fin de minimizar la propia puntuación de eficiencia, teniendo en cuenta las restricciones y el DEA, en lugar de (subjektivamente) combinar cada relación individual entre inputs y outputs, ponderando de esta manera todas las variables incluidas en el análisis con multiplicadores óptimos.

### Modelo DEA de eficiencia cruzada

Sexton et al. (1986) fueron los primeros en desarrollar la matriz de evaluación de la eficiencia cruzada, iniciando la realización de rankings en el ámbito del DEA. Doyle y Green (1994) validaron este método, afirmando que los responsables de tomar decisiones de gestión no siempre tienen un conocimiento razonable a partir del cual estimar las regiones de seguridad para los multiplicadores y, por lo tanto, en estos casos recomendaron utilizar dicha matriz de evaluación de eficiencia cruzada correspondiente a las unidades a clasificar. Este método simplemente calcula la puntuación de eficiencia correspondiente a cada hospital  $n$  veces, utilizando los multiplicadores virtuales obtenidos en cada uno de los  $n$  programas de programación lineal resueltos antes. Los resultados de eficiencia de todos los DEA de eficiencia cruzada se pueden resumir en una matriz como la siguiente:

$$h_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^m v_{ik} x_{ij} + v_k}{\sum_{r=1}^s \mu_{rk} y_{rj}}, (k = 1, \dots, n, j = 1 \dots n) \quad (3)$$

Por lo tanto,  $h_{kj}$  representa la puntuación otorgada al hospital  $j$  en el  $k$  DEA, es decir, el rendimiento del hospital  $j$  es evaluado utilizando los pesos obtenidos para el hospital  $k$ . Debe tenerse en cuenta que todos los elementos de la matriz están en el rango de uno a infinito y que los elementos de la diagonal representan la puntuación estándar de eficiencia DEA (los elementos de la diagonal son iguales a 1 para hospitales eficientes y mayores que 1 para los ineficientes, de acuerdo con una metodología convencional DEA). Sexton et al. (1986) estableció una serie de objetivos secundarios en las DMUs tanto si son agresivas como benevolentes. En este contexto, una DMU podría ser considerada agresiva si minimiza su propia puntuación de eficiencia pero en un segundo nivel maximiza los resultados de eficiencia cruzada de otras DMUs. En cambio el objetivo secundario benevolente sería capaz de minimizar la puntuación de eficiencia cruzada de todas las DMUs.

En el contexto de este trabajo, utilizaremos la matriz de eficiencia cruzada  $h_{kj}$  para clasificar un amplio listado de hospitales españoles. Existen diferentes índices sintéticos que pueden ser utilizados para clasificar el rendimiento de los hospitales. En este trabajo, vamos a utilizar la media de la puntuación de eficiencia cruzada correspondiente al hospital  $j$  y definida como:  $\bar{h}_j = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n h_{kj}$ . Sin embargo, las medias no

son la única posibilidad. Hay otros indicadores, tales como la mediana, la varianza o algún otro que también podrían aplicarse. Estas medidas representan el rendimiento de los hospitales mejor que las puntuaciones estándar de eficiencia del DEA,  $h_{jj}$ . Esto se basa en el hecho de que todos los elementos de la matriz de eficiencia cruzada han sido calculados teniendo en cuenta que todos los multiplicadores virtuales son importantes a fin de obtener una medida sintética de rendimiento, mientras que  $h_{jj}$  sólo incluye los multiplicadores virtuales del hospital que está siendo evaluado. Además, todos los hospitales se evalúan con el mismo conjunto de vectores de ponderación. El valor mínimo de la eficiencia cruzada es 1, que se produce cuando el hospital  $j$  es eficiente en todas las aplicaciones del modelo, es decir, todos los hospitales evalúan la unidad  $j$  como eficiente. Con el fin de clasificar las unidades, podemos simplemente asignar al hospital con la puntuación más baja la posición primera en la clasificación y a la unidad con la puntuación más alta una posición  $n$ . Mientras las puntuaciones DEA  $h_{jj}$  no son comparables, ya que cada elemento utiliza diferentes pesos, las puntuaciones  $\bar{h}_j$  sí pueden ser utilizadas en comparaciones porque utilizan ponderaciones de todas las unidades. Sin embargo, esta característica es también uno de los principales inconvenientes de este método, puesto que la evaluación posteriormente pierde su conexión con los pesos de los multiplicadores (Adler et al., 2002).

## 5. Resultados

En esta sección se muestra cómo los modelos DEA (por ejemplo, los modelos (2) y (3)) se pueden emplear para caracterizar el rendimiento de los hospitales en España. La discusión se lleva a cabo a través de tres apartados en los cuales se propone: (i) un modelo DEA-VRS output orientado se propone para calcular la ineficiencia representada por los valores obtenidos en el modelo y determinar los hospitales que se encuentran en la frontera y pueden ser considerados aquellos en los que el rendimiento es óptimo; (ii) un método de clasificación basado en la eficiencia cruzada en el que se reduce el conjunto de hospitales eficientes para determinar un mejor ajuste al el rendimiento hospitalario y (iii) un método para obtener multiplicadores adecuados para cada uno de los factores utilizados a fin de obtener el rendimiento global de los hospitales, así como, el porcentaje de las más importantes características -factores críticos-, de forma que cada hospital en proceso de evaluación podrá elegir una estrategia adecuada para mejorar su rendimiento.

El modelo DEA-VRS con orientación output se aplicó para obtener una primera frontera de mejores prácticas. Este es un paso necesario para conocer qué hospitales se encuentran en la frontera y para calcular los multiplicadores óptimos que se utilizarán en la etapa subsiguiente. El Cuadro 3 muestra el primer intento de medir el rendimiento de todos los hospitales eficientes y el de los cuarenta peores por su rendimiento. Observamos que existen 59 hospitales de un conjunto de 756 hospitales que se pueden considerar eficientes. Este resultado confirma que el poder de discriminación de este método es bastante limitado y que un refinamiento adicional es necesario. En cuanto a

los resultados de los cuarenta peores hospitales se destaca que su tamaño medio es menor que en el caso de las unidades eficientes, emplean a más personal por cama, el ratio de ocupación de cada cama es más bajo y el número de estancias por paciente ingresado también es menor. El Cuadro 3 muestra también que los hospitales operan mayoritariamente en la zona de rendimientos decrecientes de escala.

**Cuadro 3. Resultados VRS-DEA para medir el rendimiento hospitalario. Hospitales eficientes y selección de los cuarenta hospitales menos eficientes**

Nº hospitales	RCE RDE	Av.PS Av. PS/PNS	Av.PNS Av. SM/PT	Av.SM Av. SM/CM	Av.CM Av.CM/PT	Av.ES Av. ES/CM	Av.IN Av. ES/IN
<b>Hospitales eficientes</b>							
59	15	1.026	480	27.049.560	378	110.644	11.349
	44	2,14	17.965,85	71.514,79	0,25	292,53	9,75
<b>40 Peores Hospitales</b>							
40	14	43	32	1.750.388	45	2.228	725
	26	1,35	23.260,97	39.114,81	0,59	49,79	3,07

*Fuente:* Elaboración propia.

RCE (Rendimientos Crecientes de Escala). RDE (Rendimientos Decrecientes de Escala). Av. (Media). PS (Personal sanitario). PNS (Personal no sanitario). SM (Suministros). IN (Ingresos). CM (camas). ES (estancias). PT (Personal).

Podemos añadir, a modo de ejemplo, que el hospital que muestra el peor rendimiento es el número 1.061 (manejamos la base de datos de forma anónima para evitar la identificación de cada centro), que opera en el área de rendimientos crecientes de escala. Este es un pequeño hospital de la categoría de otros hospitales de agudos sin fin de lucro, de tipo privado, ubicado en Cataluña, con un personal médico formado por siete personas, 117 camas y donde sólo se computaron trece días de estancia. Tal vez este hospital estuvo afectado por alguna rehabilitación de edificios, pero estos datos extremos son difíciles de explicar porque la cláusula de confidencialidad no nos permite investigar más a fondo. Sin embargo, sería conveniente ponerse en contacto con los administradores del hospital para ver lo que puede justificar este anómalo resultado.

Para los hospitales que se encuentran en la frontera, la puntuación VRS-DEA de eficiencia es igual a 1, por lo que no pueden hacer ninguna mejora (relativa) dados los datos observados y la estructura del modelo empleado. Algunos de ellos pertenecen a la frontera porque realmente superan a otras unidades (por ejemplo, los hospitales 896 y 1.048). Ciertos hospitales eficientes no destacan en ninguna dimensión, pero tienen un buen equilibrio entre inputs y outputs. Sin embargo, algunos otros se consideran eficientes, ya que sobresalen en alguna dimensión aunque presentan bajas calificaciones en los demás y, por lo tanto, el rendimiento relativo de estos casos debería ser analizado con mayor rigor con el modelo X-DEA.

Este modelo refleja la estructura natural de los hospitales en las Islas Canarias, así como una de las características que se han destacado por Zhu (2011): la flexibilidad de los multiplicadores óptimos en el modelo (2). Numerosos métodos han sido propuestos para

reducir el número de DMUs localizadas sobre la frontera si esto se consideraba necesario. Por ejemplo, podemos incorporar algunas restricciones en el conjunto de los multiplicadores óptimos -como los métodos de las razones cónicas o las regiones de seguridad de Charnes et al., (1989)-. Sin embargo, este tipo de métodos requieren información explícita adicional sobre la disyuntiva entre inputs y outputs a la que se enfrentan expertos en política o gestión hospitalaria. Desafortunadamente, el estudio actual no tiene acceso a este tipo de información. Por lo tanto, este documento se basa en un modelo X-DEA como un método alternativo de análisis a tener que expresar dicha disyuntiva y al objeto de reducir aún más el número de hospitales ubicados en la frontera o eficientes.

De este modo, para aumentar la información proporcionada por nuestro primer análisis y lograr un mayor grado de congruencia o de consenso en los multiplicadores óptimos empleados en la evaluación del rendimiento de los hospitales, se propone X-DEA como un modelo válido para superar las limitaciones antes mencionadas del DEA-VRS. Los resultados del X-DEA (Cuadro 4) muestran una intensa reducción en el número de hospitales que ahora pueden ser considerados eficientes. También se observan cambios significativos en la región de los peores rendimientos hospitalarios.

**Cuadro 4. Resultados X-DEA para medir el rendimiento hospitalario. Hospitales eficientes y selección de los cuarenta hospitales menos eficientes**

Nº hospitales	RCE RDE	Av.PS Av. PS/PNS	Av.PNS Av. SM/PT	Av.SM Av. SM/CM	Av.CM Av.CM/PT	Av.ES Av. ES/CM	Av.IN Av. ES/IN
<b>40 Mejores Hospitales</b>							
40	35	6,50	6,75	173.220,85	33,13	9.881,85	407,13
	5	0,96	13.073,27	5.229,31	2,50	298,32	24,27
<b>40 Peores Hospitales</b>							
40	0	5.237,90	2.322,68	119.348.854,1	1.011,00	280.222,65	34.569,10
	40	2,26	15.785,68	118.050,30	0,13	277,17	8,11

*Fuente:* Elaboración propia.

RCE (Rendimientos Crecientes de Escala). RDE (Rendimientos Decrecientes de Escala). Av. (Media). PS (Personal sanitario). PNS (Personal no sanitario). SM (Suministros). IN (Ingresos). CM (camas). ES (estancias). PT (Personal).

Se trata, por lo tanto, de un modelo adecuado para medir el rendimiento hospitalario para establecer un ranking. Otra característica interesante es que ahora existe una clara distinción entre buenos y malos hospitales en función de su rendimiento. Así, por ejemplo, se puede observar en nuestro análisis que los mejores rendimientos se localizan en hospitales pequeños con una plantilla sanitaria de 7 personas y un ratio cercano a 1 con la plantilla no sanitaria, 33 camas, operando mayoritariamente en el área de rendimientos crecientes de escala, sobre 13.000 euros para compras de material por trabajador, 5.229 euros de compras por cama, 2,5 camas por trabajador, 298 estancias por cama y 24 días de estancia por ingreso. En comparación, los peores hospitales muestran una situación completamente diferente ya que todos operan en el

segmento de los rendimientos decrecientes de escala, son grandes hospitales del sistema sanitario español, con una plantilla de personal sanitario de más de 5.000 personas y un ratio de 2,26 del anterior con respecto al personal no sanitario, más de 1.000 camas, más de 15.000 euros de compras de material por trabajador, 118.000 euros de compras por cama, 0,13 camas por trabajador, 277 estancias por cama y 8 días de estancia por ingreso. Las dos principales diferencias entre ambos grupos son, además del tamaño, el ratio de compras de material por cama y el número de camas por trabajador.

El Cuadro 5 muestra los valores medios de los multiplicadores para el modelo X-DEA. Se observa que dichos valores dependen de la categoría del hospital, por lo que podemos afirmar que ésta influirá en el rendimiento hospitalario. Concretamente, para cada categoría los valores más altos obtenidos son los siguientes: (a) En el caso de todos los hospitales -el personal sanitario y no sanitario-, (b) Hospitales generales -personal no sanitario y camas-, (c) Hospitales quirúrgicos -personal sanitario y camas-, (d) Otros hospitales de agudos -el personal sanitario y camas-; (e) Psiquiátricos -personal sanitario, personal no sanitario y camas; (f) Hospitales de larga estancia -personal sanitario y no sanitario-. El Cuadro 5 también muestra que los hospitales de larga estancia, psiquiátricos y quirúrgicos presentan un rendimiento mayor que los hospitales generales y otros hospitales de agudos. Es evidente que la categoría de los hospitales está afectando a su rendimiento y sería conveniente profundizar en el análisis de si estos centros presentan características específicas que puedan ayudar a los investigadores a explicar esta heterogeneidad observada.

**Cuadro 5. Media de los multiplicadores óptimos X-DEA por categorías de hospitales**

Categoría	AvW.PS	AvW.PNS	AvW.SM	AvW.CM	AvW.ES	AvW.IN	FV	Av.X-DEA
Todos	0,162	0,090	7,29E-06	0,050	1,55E-04	3,40E-04	-0,641	709,41
Generales	0,002	0,114	1,10E-05	0,050	1,83E-04	6,33E-05	-0,382	1.122,55
Quirúrgicos	0,290	0,024	1,56E-06	0,174	2,40E-04	6,63E-04	-1,244	96,95
Otros agudos	1,493	0,011	6,05E-06	0,078	2,14E-04	2,49E-03	-3,050	193,37
Psiquiátricos	0,009	0,009	3,93E-07	0,014	4,41E-05	2,06E-05	-0,009	63,81
Larga estancia	0,088	0,123	3,50E-07	0,021	6,48E-05	3,04E-04	-0,524	60,16

*Fuente:* Elaboración propia.

AvW. (Media de los multiplicadores óptimos). PS (Personal sanitario). PNS (Personal no sanitario). SM (Suministros). CM (Camas). ES (Estancias). IN (Ingresos). FV (Free Variable).

Ahora usamos estos multiplicadores óptimos medios para obtener los factores críticos para cada categoría de hospital. Utilizamos el siguiente enfoque basado en la superficie óptima obtenida con estos multiplicadores utilizando la ecuación de frontera hospitalaria siguiente,

$$\sum_{i=1}^m \tilde{v}_i x_{ij} + \tilde{v}_0 - \sum_{r=1}^s \tilde{\mu}_r y_{rj} \quad (j = 1 \dots n)$$

donde la media de los multiplicadores se ha obtenido para todos los hospitales. Entonces podemos obtener los factores críticos para cada hospital como el porcentaje

del valor de un factor en particular sobre el valor expresado sin incluir la variable de holgura del modelo y ajustando la frontera óptima en términos absolutos, es decir,

$$RW_{inp}^i = \frac{\tilde{v}_i x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \tilde{v}_i x_{ij} + \sum_{r=1}^s \tilde{\mu}_r y_{rj}} \quad o \quad RW_{out}^r = \frac{\tilde{\mu}_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m \tilde{v}_i x_{ij} + \sum_{r=1}^s \tilde{\mu}_r y_{rj}} \quad (4)$$

$$(i = 1 \dots m; r = 1 \dots s; j = 1 \dots n)$$

Así, los factores críticos pueden ser analizados para cada input y output. Expresiones similares se pueden utilizar para analizar los factores críticos correspondientes a algunas agregaciones de hospitales como, por ejemplo, a una categoría por finalidad. En este caso, las variables individuales de cada hospital se cambian por los valores promedio para la categoría o cualquier otra agregación.

El Cuadro 6 muestra las ponderaciones relativas medidas en porcentaje para el caso de dos hospitales en particular (con el mejor y peor rendimiento) y que se corresponden con las DMUs 896 y 753, respectivamente, así como para la media de los hospitales del Sistema Nacional de Salud, tanto en conjunto como para cada una de sus categorías. Se puede observar que, como era de esperar, el hospital con el mejor rendimiento presenta unos pesos relativos muy equilibrados. Sin embargo, aún así los factores críticos son las camas, las estancias de los pacientes y el personal sanitario. Los resultados del hospital con el peor rendimiento son más desequilibrados y está claro que los gestores de este hospital deben centrarse en el personal sanitario y en las compras de material, disminuyendo su uso para aumentar la eficiencia.

**Cuadro 6. Ponderaciones relativas X-DEA. Promedio de los multiplicadores óptimos por categoría del hospital**

Categoría DMU	RW.PS	RW.PNS	RW.SM	RW.CM	RW.ES	RW.IN
896 <sup>(mejor)</sup>	21,05%	11,64%	15,50%	26,09%	22,13%	3,59%
753 <sup>(peor)</sup>	44,36%	14,36%	36,31%	2,45%	2,00%	0,53%
Todos	36,24%	9,18%	46,45%	3,97%	3,27%	0,90%
Generales	0,54%	13,02%	79,11%	3,66%	3,49%	0,19%
Quirúrgicos	34,76%	2,90%	16,07%	32,33%	7,92%	6,03%
Otros Agudos	75,83%	0,33%	15,88%	3,05%	1,83%	3,09%
Psiquiátricos	6,57%	6,96%	8,47%	39,53%	38,35%	0,13%
Largas estancias	26,17%	34,25%	3,88%	17,64%	16,92%	1,13%

*Fuente:* Elaboración propia.

RW. (Peso relativo). PS (Personal sanitario). PNS (FTE other -non medical staff). SM (Suministros). CM (Camas). ES (Estancias). IN (Ingresos).

Por último, en general también se puede decir que los gerentes de los hospitales deben centrarse en la reducción de costes en los ámbitos de los suministros y del personal

sanitario. Sin embargo, a partir de esta observación general, podemos ver también que el énfasis debe ser muy diferente para cada una de las categorías analizadas. Los hospitales generales deben mantener los esfuerzos en el suministro (ponderación relativa del 79,11 por ciento), mientras que el impacto sobre su eficiencia de una disminución del personal sanitario, por ejemplo, sería muy reducido. Para los hospitales quirúrgicos, los factores críticos son las camas y el personal sanitario. Otros hospitales de agudos necesitan equilibrar el personal sanitario como la mejor estrategia para mejorar su rendimiento. Para los hospitales psiquiátricos, los factores críticos son las camas y las estancias de pacientes (en el caso de los outputs, deberían aumentarse para avanzar en eficiencia). Y, por último, los gestores de hospitales de larga estancia deberían enfocar sus esfuerzos hacia la política de recursos humanos.

## **6. Observaciones finales**

En el campo de la medición de la eficiencia hospitalaria siempre existe una gran controversia cuando los expertos se basan en una lista con un pequeño número de hospitales como referencia del sector. Obviamente existe un amplio abanico de métodos para desarrollar medidas destinadas a equilibrar numerosos factores que contribuyen al rendimiento de los hospitales como consecuencia de su naturaleza multidimensional, así como las relaciones a menudo desconocidas entre diversos inputs y outputs. Este trabajo pretende mostrar que mediante el uso del DEA se puede desarrollar un método multidimensional sin un conocimiento a priori de las relaciones entre los factores.

En este trabajo se utilizó un modelo basado en X-DEA para aproximarnos mejor a la multidimensionalidad del rendimiento hospitalario al objeto de determinar un índice sintético para clasificar a todos los hospitales de España. Se ha demostrado que los multiplicadores medios obtenidos en cada ejecución del modelo DEA-VRS pueden ser utilizados para identificar los factores críticos de un hospital determinado o, por agregación, de una categoría de los mismos o de todo el conjunto. Esta nueva información es importante para diseñar una buena estrategia para mejorar el rendimiento hospitalario.

Algunas publicaciones previas han establecido un ranking de rendimiento hospitalario utilizando diferentes enfoques como el método DEA para benchmarking y el método DEA de super-eficiencia. Sin embargo, hasta donde alcanza nuestro conocimiento, el trabajo que presentamos es uno de los escasos estudios en los que se utiliza un modelo X-DEA para analizar el rendimiento hospitalario. Nuestra intención ha sido proporcionar una información adicional sobre cómo mejorar el rendimiento hospitalario a la vez que ofrecemos una perspectiva alternativa sobre cómo realizar un ranking de hospitales españoles. Desde nuestra experiencia en otras áreas relacionadas se podrían emplear otros enfoques como los modelos DEA de super-eficiencia o el de eficiencia virtual para obtener un ranking de un conjunto de hospitales. Podría ser interesante contrastar dichos rankings y compararlos con el de nuestra propuesta, si bien esta tarea no ha sido objetivo del presente estudio.

## 7. Referencias bibliográficas

- Adler, N., Friedman, L. and Sinuany-Stern, Z. (2002). Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. *European Journal of Operational Research*, 140, 249-265.
- Ali, A. and L.M. Seiford (1993), *The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis*. In: *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, eds, Fried, H.O., Lovell, C.A.K and Schmidt, S.S. Oxford University Press, New York.
- Angulo-Meza, L. and Lins, M.P.E. (2002): Review of Methods for Increasing Discrimination in Data Envelopment Analysis *Annals of Operations Research* 116, 225–242, 2002.
- Banker, R.D., A. Charnes and W.W. Cooper (1984), Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science* 30, 1078-1092.
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A.Y., and Seiford, L.M., 1994. *Data Envelopment Analysis. Theory, Methodology and Applications*. Kluwer Academic. Boston.
- Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E., 1978. Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research* 2(6), 429-444
- Charnes, A., Cooper, W.W., Huang, Z.M., Wei, Q.L. (1989). Cone ratio data envelopment analysis and multi-objective programming. *International Journal of Systems Science*, 20, 1099–1118.
- Chen, A., Hwang, Y.C., Shao, B. (2005). Measurement and sources of overall and input inefficiencies: evidences and implications in hospital services. *European Journal of Operational Research*, 161(2), 447–468.
- Coelli, T. (1996), A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis (computer) program. CEPA Working Paper 96/08. Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Armidale.
- Coelli, T., Rao, D.S.P. and Battese, G.E., 1998. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Academic. Boston.
- Consejo Económico y Social (2010). *Desarrollo autonómico, competitividad y cohesión social en el sistema sanitario*. Colección Informes, num. 01/2010, Madrid.
- Cooper, W., Seiford, L., Tone, K., 2000. *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, Reference and DEA–Solver software*. Kluwer Academic Publishers, Norwell.
- Council of Europe (1997). Recommendation No. R(97)17 of the Committee of Ministers to member States on the development and implementation of quality improvement systems in health care. Strasbourg.
- Directorate-General for Employment, Industrial Relations. (1999). *Best practice: state of the art and perspectives in the EU for improving the effectiveness and efficiency of European health systems*. Luxembourg: Office for Official Publications.
- Doyle, J.R., Green, R., 1994. Efficiency and cross-efficiency in data envelopment analysis: Derivatives, meanings and uses. *Journal of the Operational Research Society* 45 (5), 567-578.
- Edbrooke, D., Hibbert, C., Ridley, S., Long, T., Dickie, H. (1999). The development of a method for comparative costing of individual intensive care units. *Anaesthesia*, 54, 110–120.
- Falagario, M., Sciancalepore, F., Constantino, N. and Pietroforte, R. (2012). Using a DEA-cross efficiency approach in public procurement tenders. *European Journal of Operational Research*, 218 (2), 523-529.
- Federal Ministry of Labour, Health and Social Affairs. (1998). *Quality in health care: opportunities and limits of cooperation at EU-level*. Vienna.
- Federal Ministry of Social Security and Generations. (2001). *Quality policy in the health care systems of the EU accession candidates*. Vienna.
- Flokou, A., Kontodimopoulos, N. and Niakas, D. (2011): Employing post-DEA Cross-evaluation and Cluster Analysis in a Sample of Greek NHS Hospitals. *Journal of Medical Systems*, 35(5), 1001-1014.
- García Armesto, S., Abadía Taira, B., Durán, A. and Bernal Delgado, E. (2010). España: Análisis del sistema sanitario. *Sistemas sanitarios en transición*. European Observatory on Health Systems and Policy 2010; 12(4).
- Gyldmark, M. (1995). A review of cost studies of intensive care units: problems with the cost concept. *Critical Care Medicine*, 23, 964–972.
- Harrison, J.P., Coppola, M.N., Wakefield, M. (2004). Efficiency of federal hospitals in the United States. *Journal of Medical Systems*, 28, 411–422.
- Harrison, J.P., Ogniewski, R.J. (2005). An efficiency analysis of Veterans Health Administration hospitals. *Military Medicine*, 170(7), 607–611.
- Harrison, J.P., Sexton, C. (2006). The improving efficiency frontier of religious not-for-profit hospitals. *Hospital Topics*, 84, 2–10.
- Hollingsworth, B. (2008). The Measurement of Efficiency and Productivity of Health Care Delivery. *Health Economics*, 17(10):1107–28.

- Hollingsworth, B., and Wildman, J. (2002). Efficiency and Cross Efficiency Measures: A Validation Using OECD Data. Centre for Health Program Evaluation (CHPE). Working paper 132.
- Hollingsworth, B., Street, A. (2006). The market for efficiency analysis of health care organisations. *Health Economics*, 15(10), 1055–1059.
- Hua, H., Li-xin, S., Xian-li, Z., Sheng-xin, C. (2009). Data envelopment analysis-based evaluation of pharmacy efficiencies of military hospitals. *Academic Journal of Second Military Medical University* 30 (5), 553-557.
- Jacobs, P., Rapoport, J., Edbrooke, D. (2004). Economies of scale in British intensive care units and combined intensive care/high dependency units. *Intensive Care Medicine*, 30, 660–664.
- Jacobs, R.; Smith, P.C., and Street, A. (2006). *Measuring Efficiency in Health Care. Analytic Techniques and Health Policy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kao, L.; Lu, Ch. And Chi, Ch. (2011). Efficiency measurement using independent component analysis and data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 210 (2), 310-317.
- Leleu, H., Moises, J., Valdmanis, V. (2012). Optimal productive size of hospital's intensive care units. *International Journal of Production Economics*, 136(2), 297-305.
- Nayar, P. and Ozcan, Y. (2008). Data Envelopment Analysis Comparison of Hospital Efficiency and Quality. *Journal of Medical System*, 32(3), 193-199.
- Ozcan, Y. A. (2008). *Health Care Benchmarking and Performance Evaluation. An Assessment using Data Envelopment Analysis (DEA)*. Series: International Series in Operations Research & Management Science, Vol. 120, Springer, New York.
- Puig-Junoy, J. (2000) Partitioning input cost efficiency into its allocative and technical components: An empirical DEA application to hospitals. *Socioeconomic Planning Sciences*, 34(3), 99-218.
- Rodrigues, J.M. (1983): Le projet de medicalisation du systeme d'information. Methode, definition, organization. *Gestions Hospitalieres*, núm. 224, 206-209.
- Seiford, L.M., Thrall, R.M., 1990. Recent developments in data envelopment analysis: The mathematical programming approach to frontier analysis. *Journal of Econometrics* 46, 7-38.
- Sexton, T.R., Silkman, R.H., Hogan, A.J., 1986. Data envelopment analysis: Critique and extensions. In: Silkman, R.H. (Ed.), *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*. Jossey-Bass, San Francisco, 73-105.
- Shaw, C. (2003). *How can hospital performance be measured and monitored?* Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Standford, R.E. (2004). A frontier Analysis Approach for Benchmarking Hospital Performance in the Treatment of Acute Myocardial Infarction. *Health Care Management Science*, 7(2), 145-154.
- Worthington, A. (1999). An Empirical Survey of Frontier Efficiency Measurement Techniques in Healthcare Services. *Economics, Finance & International Competitiveness Discussion Papers*, 67.
- Yossi, H, Avner, B.Y., Lea, F., Zilla, S.S. (2006). Measuring efficiency of hospitals using the Data Envelopment Analysis model: An application for ranking Israeli hospitals. *Communications in Dependability and Quality Management*, 9 (3), 22-31.
- Zhu, J. (2001). Multidimensional quality-of-life measure with an application to Fortune's best cities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 35(4), 263-284.