

RENDIMIENTO HOSPITALARIO Y BENCHMARKING

JUAN CARLOS MARTÍN

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

M^a ISABEL ORTEGA-DÍAZ

Universidad de Jaén

La medición del rendimiento de los centros hospitalarios y la elaboración de un ranking de los mismos a partir del anterior criterio requieren de modelos que tengan en cuenta la distinta naturaleza de las unidades de decisión a comparar, centrándose especialmente en las medidas de productividad y eficiencia. Este trabajo propone inicialmente la utilización de un análisis envolvente de datos (DEA) convencional con orientación input para analizar la eficiencia técnica de los hospitales generales de España. Además, para realizar un ranking de aquellos hospitales catalogados como eficientes se ha empleado el método de la eficiencia cruzada (X-DEA). En este artículo también se propone un método para analizar el grado de importancia que tiene cada una de las dimensiones consideradas en el conjunto de los hospitales eficientes al objeto de poder identificar cuáles son los factores críticos de rendimiento, de forma que puedan ser empleados como una herramienta para la gestión hospitalaria que permita establecer programas de mejora. El tema cobra especial relevancia actualmente en España dadas las controversias generadas en el ámbito sanitario por los recortes de gasto público.

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

Clasificación JEL: I11, I18, C61.

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 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 eu-

ropeo 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) y Jacobs *et al.* (2004)].

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.

Analizando la literatura existente se observa que el método de análisis envolvente de datos DEA se ha venido utilizando con cierta regularidad en el ámbito hospitalario [Chen *et al.* (2005), Harrison y Ogniewski (2005), Harrison y Sexton (2006), Harrison *et al.* (2004), Hollingsworth (2008) y Leleu *et al.* (2012)]. En este mismo contexto metodológico, el objetivo de este artículo es triple: (i) analizar la eficiencia hospitalaria de un conjunto homogéneo de hospitales españoles utilizando un método convencional DEA con orientación input y rendimientos variables a escala para determinar los hospitales eficientes y la ineficiencia técnica del resto, (ii) refinar el método anterior mediante un sistema de clasificación completa o “benchmarking” basado en la eficiencia cruzada X-DEA para analizar el rendimiento óptimo de los hospitales eficientes y (iii) proponer un método para determinar el grado de importancia de aquellos factores que se van a considerar críticos en el análisis del rendimiento global de los hospitales, de forma que cada hospital en proceso de evaluación pueda elegir una estrategia adecuada para mejorar su rendimiento. En este sentido, y como novedad, se puede resaltar que los factores críticos se han determinado para dos hospitales situados en la frontera con características muy diferen-

tes, y de acuerdo a la especificación obtenida por tres subconjuntos de hospitales diferentes¹: todos los hospitales analizados en el estudio, los hospitales eficientes y los 20 mejores hospitales eficientes de acuerdo al análisis de eficiencia cruzada.

El trabajo que presentamos se estructura del siguiente modo. Tras esta introducción, se 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 2 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 3. Los resultados obtenidos se presentan en la sección 4 y, finalmente, concluye la sección 5.

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Shaw (2003) 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.

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.

(1) La especificación obtenida en este contexto se refiere a una aproximación del conjunto de posibilidades de producción que se hace obteniendo las medias de los multiplicadores virtuales de cada uno de los hospitales analizadas usando diferentes subconjuntos. Al no escoger un grupo fijo de multiplicadores virtuales, que determinan las relaciones marginales de sustitución técnica, transformación y productividad, se puede inferir que el procedimiento realizado es más conservador.

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). 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.

La correcta caracterización de los procesos productivos hospitalarios constituye un paso previo y 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)]. Además, los investigadores suelen estar sujetos a la disponibilidad de los datos existentes.

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 y Ozcan (2008) y Puig-Junoy (2000)].

Un método convencional DEA no sirve para discriminar los resultados de las unidades eficientes que forman la frontera tecnológica del problema abordado. Al objeto de solventar este inconveniente, que no permite realizar un ranking completo de la actividad hospitalaria en España, en este trabajo se propone la utilización del método de eficiencia cruzada (X-DEA) para aquellos hospitales que son eficientes desde el punto de vista técnico². 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.

En concreto, con anterioridad, esta metodología se ha utilizado en el campo de la sanidad en diferentes niveles, como por ejemplo, a nivel macro utilizando información de 30 países de la OCDE [Hollingsworth y Wildman (2002)], a nivel de algún servicio hospitalario particular como es el del tratamiento del infarto agudo de miocardio [Standford (2004)] o a nivel hospitalario en referencia a varios métodos de ranking en el contexto del DEA [Yossi *et al.* (2006)].

También en el ámbito hospitalario, en el que se centra este artículo, se puede citar el trabajo de Klokou *et al.* (2011), 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. A diferencia de estos autores, nuestro trabajo se centra en el análisis de la robustez de los resultados de acuerdo a la selección de los multiplicadores virtuales de subconjuntos de hospitales, así como a la determinación de los factores críticos para establecer una posible estrategia de mejora de los resultados en cada hospital.

2. BASE DE DATOS

2.1. Muestra

La información cuantitativa utilizada en este estudio procede de la Estadística de Establecimientos Sanitarios con Régimen de Internado (ESCRI) y del Conjunto Mínimo Básico de Datos correspondientes a 2009. Las unidades de análisis empleadas en el presente trabajo son 270 hospitales generales españoles, tanto de carácter público como privado. Hay que tener en cuenta que la muestra se redujo considerablemente ya que una versión preliminar del trabajo contaba con información de 756 hospitales. Sin embargo, al objeto de homogeneizar más las unidades de análisis, tuvimos que limitarla a los 270 hospitales generales de los que pudimos obtener una información relevante para poder ajustar las altas hospitalarias a la complejidad de los casos atendidos.

(2) Existen otros métodos para realizar un ranking completo de unidades eficientes como, por ejemplo, los basados en la super-eficiencia que fueron propuestos por Andersen y Petersen (1993).

2.2. *Medición de los inputs*

En el 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.

2.3. *Medición de los outputs*

En el presente trabajo asumimos que los hospitales producen principalmente los siguientes servicios:

- Altas totales ajustadas al case-mix o a la complejidad de los pacientes ingresados.
- Estancias con grado de severidad extrema.
- Estancias con grado de severidad mayor.
- Estancias con grado de severidad moderada.
- Estancias con grado de severidad menor.

Para homogeneizar las altas hemos introducido su complejidad a través del IC (índice de complejidad, que también recibe los nombres de peso medio de los GRDs³ o de índice de case-mix) de las altas [Rosko y Chilingirian (1999) y Puig-Junoy (2000)].

Este índice es una variable continua positiva que debe multiplicar al correspondiente número de altas⁴ para conseguir su ajuste. Se trata de la media ponderada de los pesos de los GRDs de todos los pacientes de un determinado hospital, grupo o proveedor. Se calcula multiplicando el número de casos de cada GRD por su peso, y dividiendo por el número total de casos de la unidad (hospital, grupo, etc.).

El concepto de peso está basado en la comparación de los costes individuales de los distintos grupos de pacientes con el coste medio por paciente, de forma que cada uno de los GRDs lleva asociado un peso relativo que representa el coste espe-

(3) Grupos relacionados por el diagnóstico. Se trata de categorías de clasificación de pacientes que agrupan los episodios de hospitalización con identidad clínica y consumo similar de recursos. Los GRDs incorporan un estimador de coste para cada tipo de proceso atendido y constituyen uno de los sistemas de agrupación de pacientes más utilizados para la obtención del denominado “case-mix”, medida de la complejidad media de los pacientes atendidos en los hospitales, y para los “pesos relativos”, o nivel de consumo de recursos atribuible a cada tipología o grupo de pacientes.

(4) Por ejemplo, si un hospital registra 1.000 altas y el peso medio del centro es de 1,5, contabilizamos un número de altas ajustadas de 1.500.

rado de este tipo de pacientes respecto al coste medio de todos los pacientes de hospitalización. Este índice muestra la complejidad relativa de las actividades del hospital con respecto al estándar considerado:

- Un peso relativo de valor 1 equivale al coste medio del paciente hospitalizado (estándar).
- Un peso por encima de 1 significa que el coste específico de ese grupo será superior al coste del paciente promedio.
- Un peso por debajo de 1 significa que el coste específico de ese grupo será inferior al coste del paciente promedio.

Sin embargo debemos explicar que la introducción del ajuste en las altas ha supuesto tener que aceptar dos importantes condicionantes: (1) Una importante reducción del tamaño de la muestra analizada en nuestro estudio (de 756 hospitales a 270) porque hemos debido cruzar la información obtenida de la Estadística de Establecimientos Sanitarios con Régimen de Internado (ESCRI) con la obtenida en una consulta sobre el índice de complejidad realizada al Instituto de Información Sanitaria del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad; y (2) Limitar el análisis sólo a hospitales generales (el índice de complejidad que nos ha suministrado el Ministerio se centra mayoritariamente en este tipo de hospitales).

La consideración de la calidad es imprescindible para realizar un análisis de eficiencia óptimo al objeto de no premiar a los hospitales que se limitan a la atención de muchos pacientes sin poner atención en la calidad de dicha atención [Ferrier y Trivitt (2013)]. Por este motivo, junto a los anteriores outputs ordinarios consideramos el siguiente output no deseable (una inferior cuantía del mismo nos revelaría una mayor calidad en la prestación de los servicios hospitalarios):

- Infecciones nosocomiales.

2.4. *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 10 y 1.673, si bien los hospitales españoles tienen una media de 358,23 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 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. Por otra parte, los hospitales españoles registraron una media de 14.141,70 altas por curación ajustadas al case-mix, siendo la mayor parte de las estancias generadas de pacientes con grado de severidad moderado (categoría que alcanzó una media de 31.798,91).

Cuadro 1: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

	Media	Desv. Est.	Min.	Max
Outputs				
Altas totales ajustadas al case-mix	14.141,70	14.095,06	93,51	63.697,50
Estancias con grado de severidad extrema	7.369,08	9.532,81	0,01	62.125,84
Estancias con grado de severidad mayor	22.375,95	23.042,72	0,01	136.807,82
Estancias con grado de severidad moderada	31.798,91	31.355,61	55,00	155.896,00
Estancias con grado de severidad menor	28.082,87	26.983,56	137,00	120.194,77
Infecciones nosocomiales	110,04	137,79	0,01	789,00
Inputs				
Personal sanitario	1.409,80	1.866,28	33,00	9.393,00
Personal no sanitario	605,87	834,48	2,00	5.502,00
Suministros	35.735.353,03	40.125.563,22	630.696,00	212.194.703,00
Camas	358,23	335,28	10,00	1.673,00
Algunos ratios				
Personal no sanitario/Personal sanitario	0,50	0,26	0,01	1,95
Suministros/Personal	35.572,25	29.142,96	8.220,82	283.703,38
Suministros/Camas	94.593,72	62.049,04	4.363,25	559.526,11
Camas/Personal	0,30	0,20	0,05	1,27
Altas por cama	37,78	11,59	0,91	77,85
Altas por Total de Estancias	0,15	0,08	0,01	0,98
Total Estancias/Camas	277,00	77,76	14,00	607,81

Fuente: Elaboración propia.

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 ubicado en la Comunidad de Madrid.

Los ratios suministros/personal y suministros/camas (con valores medios, respectivamente, de 35.572,25 y 94.593,72 euros) revelan un elevado gasto sanitario en materiales. Por otra parte, la media del ratio personal no sanitario/personal sanitario muestra un valor de 0,5. Sin embargo, este indicador experimenta una disminución en los hospitales de gran tamaño debido a las economías de escala que genera la utilización de personal administrativo. Paralelamente se aprecia una alta tasa de ocupación hospitalaria (dado que la media de las estancias/camas o promedio de camas ocupadas es de 277,00) y una importante rotación (cuantificada a través del ra-

tio altas por número de camas y que alcanza una media de 37,78). 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.

3. 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. 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.

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 escala⁵– del modelo.

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 deseables (altas ajustadas por case mix, estancias con grado de

(5) 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)].

severidad extrema, mayor, moderada, menor) número de días de estancia y pacientes ingresados) y s^+ outputs no deseables (infecciones nosocomiales). En concreto, la unidad de producción o^{th} consume x_{io} unidades del input i ($i = 1$ hasta m), produce y_{ro} unidades de producción del output deseable r ($r = 1$ hasta s) y $y'_{r'o}$ unidades de producción del output no deseable 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^d, Y_o^{nd}) , que indica, respectivamente, los vectores de inputs y outputs deseables y no deseables 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, $(\sum_k \lambda_k X_k, \sum_k \lambda_k Y_k^d, \sum_k \lambda_k Y_k^{nd})$ con el escalar restringido a ser no negativo⁶.

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 input con el objetivo de cuantificar el rendimiento de los hospitales españoles.

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

$$\begin{aligned}
 \min_{\varphi, \lambda, s^+, s^-, s^{-nd}} z_0 &= \theta + \varepsilon \cdot \bar{1}s^+ + \varepsilon \cdot \bar{1}s^- + \varepsilon \cdot \bar{1}s^{-nd} \\
 s.t. & \\
 Y^d \lambda - s^+ &= Y_o^d \\
 Y^{nd} \lambda + s^{-nd} &= Y_o^{nd} \\
 X \lambda + s^- &= \theta X_o \\
 \bar{1} \lambda &= 1 \\
 \lambda, s^+, s^-, s^{-nd} &\geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

De esta manera se obtiene una combinación lineal convexa de hospitales que domina al hospital o , si el parámetro de eficiencia θ es menor que uno. A los parámetros s , se les denomina variables de holgura y ε es la constante arquimediana del problema. Cuando existe un output no deseable, como en nuestro caso, se puede proceder a tratar esa variable como un input. Sin embargo, Zhu (2003) demuestra que esta opción no es la mejor porque cuando se tiene una orientación input el parámetro de eficiencia también afecta a ese output no deseable, y normalmente la tecnología no permite que una vez fijado el vector de outputs se pueda reducir el output no deseable en la misma escala de proporcionalidad que el vector de los inputs. De esta manera se sugiere que se haga cualquier transformación monótona decreciente

(6) Los distintos supuestos sobre el escalar producen diferentes superficies envolventes: VRS, CRS o extensiones de estos modelos básicos.

al vector de los outputs no deseables para poder convertir el output no deseable en un output deseable que hay que incrementar si es posible. En nuestro caso, se ha procedido a calcular la traslación de las infecciones nosocomiales respecto al máximo observado en la muestra. No obstante, existen otros métodos para tratar los outputs no deseables que se basan en las funciones distancia direccionales (DDFs) en la que se permite diferenciar y primar sobre qué tipo de output se establece una política más restrictiva, es decir, se pueden establecer estrategias que primen más la calidad frente a la cantidad o viceversa [Wu *et al.* (2013)].

El problema primal [1], una vez que se ha realizado la traslación del output no deseable a deseable, se puede resolver mediante el problema dual de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 & \max \sum_r \mu_r y_{ro} + \mu \\
 & s.a. \\
 & \sum_r \mu_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} + \mu \leq 0 \\
 & \sum_i v_i x_{io} = 1 \\
 & \mu_r, v_i \geq 0(\epsilon); \quad \mu \text{ libre}
 \end{aligned} \tag{2}$$

Un hospital se encuentra en la frontera si y solo si $\sum_r \mu_r y_{ro} + \mu$ es igual a la unidad en el óptimo. La restricción $\sum_i v_i x_{io} = 1$ se conoce con el nombre de restricción de normalización, y los input y output ponderados se llaman input virtual y output virtual, respectivamente. Una revisión detallada de estos modelos se puede consultar en Seiford y Thrall (1990). El ratio de eficiencia del output virtual entre el input virtual varía de 0 a 1, y en este caso coincide con el parámetro de eficiencia del problema primal. Por lo tanto, cada hospital elegirá ponderaciones a fin de maximizar este ratio virtual, teniendo en cuenta las restricciones y el DEA, en lugar de (subjetivamente) combinar cada relación individual entre inputs y outputs, ponderando de esta manera todas las variables incluidas en el análisis con multiplicadores óptimos.

3.1. Modelo DEA de eficiencia cruzada

Además de las limitaciones de los datos, la aplicación de la propia metodología DEA no está exenta de posibles problemas o limitaciones que pueden surgir en su aplicación. Angulo-Meza y Lins (2002) destacan las siguientes:

- (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.

Existen numerosas extensiones DEA que resuelven los problemas anteriores. Entre las más importantes se pueden citar los modelos de super-eficiencia, los mo-

delos que introducen restricciones en los valores de los multiplicadores y los modelos 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:

$$\frac{\sum_r \mu_{rk} y_{rj} + \mu_k}{\sum_i v_{ik} x_{ij}}, (k = 1 \dots n, j = 1 \dots n) \quad [3]$$

Por lo tanto, h_{kj} representa la puntuación otorgada al hospital j en el k DEA del problema dual, 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 cero a uno 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 menores que 1 para los ineficientes, de acuerdo con una metodología convencional DEA). Sexton *et al.* (1986) establecieron una serie de objetivos secundarios en las DMUs tanto si son agresivas como benevolentes. En este contexto, una DMU podría ser considerada agresiva si maximiza su propia puntuación de eficiencia pero en un segundo nivel minimiza los resultados de eficiencia cruzada de otras DMUs. En cambio el objetivo secundario benevolente sería capaz de maximizar la puntuación de eficiencia cruzada de todas las DMUs. Este podría ser un enfoque más adecuado para el caso que nos ocupa, en el que no es presumible que los hospitales entren en competencia y, podría considerarse un enfoque válido al menos para el caso de los hospitales de la misma Comunidad Autónoma.

El método de la eficiencia cruzada X-DEA refleja 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 poder comparar el rendimiento de las unidades que son eficientes desde el punto de vista técnico y que están localizadas sobre la frontera si esto se considera necesario como en nuestro caso. 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 poder comparar el rendimiento de las unidades eficientes para analizar hospitales que tienen características muy diferentes.

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 el caso que nos ocupa en el que no se dispone de información adicional.

En el contexto de este trabajo, utilizaremos la matriz de eficiencia cruzada h_{ij} para clasificar solamente a los hospitales que son eficientes. 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: $\bar{h}_j = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^h h_{kj}$. 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 sólo sirven para realizar un análisis de los hospitales eficientes, ya que las puntuaciones estándar de eficiencia del DEA, h_{ij} no servirían para poder determinar desde un punto de vista tecnológico qué hospital presenta un mejor rendimiento. 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_{ij} 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 óptimo de la eficiencia cruzada es 1, que se produce cuando el hospital j es considerado 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_{ij} no son comparables cuando los hospitales son eficientes, ya que cada elemento utiliza diferentes pesos y en todos los casos se obtiene que el ratio de eficiencia es igual a la unidad, las puntuaciones \bar{h}_j sí pueden ser utilizadas en comparaciones porque normalmente se obtienen valores diferentes y tiene la ventaja de que se 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)]. La discusión de la obtención de la función de la tecnología mediante la selección de unos multiplicadores fijos para todos los hospitales está fuera del alcance de este artículo. Es cierto que implícitamente el método de la eficiencia cruzada impone esta tecnología, y está claro que la media de estos multiplicadores cuando se realiza la media del ratio virtual de eficiencia ya no sirve para recuperar la eficiencia técnica que obtenía cada uno de los hospitales de la frontera. Forsund (2013) realiza una magnífica revisión de la relación existente entre los modelos primales (envolvente de datos) y los modelos de los multiplicadores (ratios virtuales). En nuestro caso, el método de eficiencia cruzada sólo sirve para, sin establecer esos “juicios de valor” a los que se refiere Forsund⁷, poder obtener una clasificación u ordenación

(7) El artículo de Forsund no hace más que ahondar en algo ya conocido y es que la restricción de los multiplicadores puede tener implicaciones en la determinación de la tecnología (conjunto de posibilidades de producción). Como se sugiere en el trabajo de Forsund y en otros [Podinovski (2005) y (2007)], las restricciones se tienen que hacer de manera que la eficiencia técnica de Farrell no se vea alterada.

de aquellas unidades que estén en la frontera. Para las unidades que son ineficientes, la propia ineficiencia es una buena medida de los resultados obtenidos por los hospitales analizados.

4. 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 con orientación input 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 como aquellos en los que el rendimiento es óptimo; (ii) un método de clasificación basado en la eficiencia cruzada en el que se analiza el rendimiento óptimo de los hospitales eficientes y (iii) un método para determinar el grado de importancia de aquellas dimensiones que se van a considerar críticas en el análisis del rendimiento global de los hospitales, de forma que cada hospital en proceso de evaluación pueda elegir una estrategia adecuada para mejorar su rendimiento.

El modelo DEA-VRS con orientación input 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 2 muestra el primer intento de medir el rendimiento de todos los hospitales eficientes, comparando sus características con los hospitales ineficientes. Observamos que existen 89 hospitales de un conjunto de 270 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 puede ser necesario para intentar caracterizar el rendimiento hospitalario aunque se pierda la relación con la tecnología existente medida por la ineficiencia. En cuanto a los resultados de los hospitales ineficientes se puede ver que su tamaño medio es menor que en el caso de las unidades eficientes, emplean a más personal por cama y el ratio de ocupación de cada cama es más bajo.

Analizando el valor de la ineficiencia obtenida se concluye que los hospitales españoles podían acometer los siguientes ahorros en el año analizado: 26.869 empleados sanitarios, 12.072 empleados no sanitarios, casi 700 millones de euros de suministros y 7.327 camas. A pesar de las magnitudes de estas variables, se concluye que el sector hospitalario español analizado es muy eficiente ya que sólo se puede ahorrar un siete por ciento o, lo que es lo mismo, en conjunto todos los hospitales analizados alcanzarían un valor de eficiencia de 0,93.

Podemos añadir, a modo de ejemplo, que el hospital que muestra el peor rendimiento es el número 652 (manejamos la base de datos de forma anónima para evitar la identificación de cada centro y utilizamos los códigos hospitalarios de la ES-CRI), que opera en el área de rendimientos crecientes de escala y presenta una ineficiencia de 0,37. Esto equivale a decir que para el nivel de producción que presenta podría reducir los inputs un 63 por ciento. Éste es un pequeño hospital de 200 camas, que es atendido por 205 sanitarios y 163 no sanitarios (volumen de personal no justificado por el tamaño del centro) con unos costes de 8,5 millones de euros. Bastaría con multiplicar por 0,37 este vector de inputs para obtener la proyección sobre la frontera. Respecto a los ratios, lo más significativo es que registra unos costes por cama superiores al coste medio observado en el grupo de hospitales efi-

Cuadro 2: RESULTADOS VRS-DEA PARA MEDIR EL RENDIMIENTO HOSPITALARIO. HOSPITALES EFICIENTES E INEFICIENTES

	Eficientes (89)		Ineficientes (181)	
	Media	SD	Media	SD
Outputs				
Altas totales ajustadas al case-mix	18.506,49	18.181,09	11.995,48	11.011,24
Estancias con grado de severidad extrema	9.891,97	12.356,52	6.128,54	7.514,44
Estancias con grado de severidad mayor	29.463,32	28.411,93	18.891,00	19.021,10
Estancias con grado de severidad moderada	41.558,69	39.389,58	26.999,90	25.308,36
Estancias con grado de severidad menor	36.496,18	35.056,90	23.945,94	20.858,52
Infecciones nosocomiales	133,60	178,40	98,46	111,37
Inputs				
Personal sanitario	1.737,89	2.298,99	1.248,48	1.594,30
Personal no sanitario	736,20	1.070,01	541,78	684,39
Suministros	45.581.252,13	50.200.282,09	30.893.999,33	33.205.599,40
Camas	443,37	408,22	316,36	284,91
Algunos ratios				
Personal no sanitario/Personal sanitario	0,53	0,40	0,48	0,16
Suministros/Personal	40.977,45	45.053,66	32.914,45	15.979,31
Suministros/Camas	100.905,77	90.580,41	91.490,00	41.389,70
Camas/Personal	0,38	0,29	0,27	0,12
Altas por cama	39,11	16,37	37,13	8,28
Altas por Total de Estancias	0,18	0,12	0,17	0,06
Total Estancias/Camas	295,79	95,48	267,76	65,72

Fuente: Elaboración propia.

cientes que tenían un mayor tamaño. También es destacable que presenta mucho más personal por cama y que la ocupación media de las camas (110) es muy inferior a la media del grupo de hospitales ineficientes (228). 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 resultado anómalo⁸.

(8) El presente trabajo no pretende profundizar en las causas que determinan la ineficiencia de los hospitales españoles. Esta línea se podría abordar estimando la ineficiencia respecto a algunas variables

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. El cuadro 3 muestra la situación de cuatro hospitales que, estando en la frontera, presentan unos datos muy diferentes. Se puede ver que las unidades 783 y 897 tienen un tamaño mucho mayor que las unidades 1.019 y 305. El modelo convencional DEA que se ha empleado no permite distinguir el rendimiento de estos hospitales ya que no existe ninguna

Cuadro 3: OBSERVACIONES DE HOSPITALES EFICIENTES

Hospital	783	897	1019	305
Outputs				
Altas totales ajustadas al case-mix	34.796	51.994	606	268
Estancias con grado de severidad extrema	10.923,11	18.331,07	231,00	207,00
Estancias con grado de severidad mayor	33.978,34	58.865,29	1.203,00	668,00
Estancias con grado de severidad moderada	75.868	110.378	929	339
Estancias con grado de severidad menor	77.343	112.288	233	169
Infecciones nosocomiales	209,00	307,00	5,00	0,01
Inputs				
Personal sanitario	1.324,00	2.117,00	42,00	46,00
Personal no sanitario	546,00	939,00	24,00	28,00
Suministros	74.545.708,00	111.416.227,00	630.696,00	1.213.553,00
Camas	693,00	1.171,00	34,00	10,00
Algunos ratios				
Personal no sanitario/Personal sanitario	0,412	0,443	0,571	0,608
Suministros/Personal	56.303,40	52.629,29	15.016,57	26.381,58
Suministros/Camas	107.569,5	95.146,2	18.549,8	121.355,3
Camas/Personal	0,37	0,38	0,52	0,14
Altas por cama	50,21	44,40	17,82	26,79
Altas por Total de Estancias	0,18	0,17	0,23	0,19
Total Estancias/Camas	285,88	256,07	76,35	138,30

Fuente: Elaboración propia.

explicativas en una segunda etapa. Tampoco se pretende establecer una taxonomía de los hospitales eficientes vs. no eficientes analizando algunas características de las variables que se presentan en el cuadro 2, aunque sería posible presentar un análisis de varianza de los dos grupos obtenidos limpiando la información de aquellos hospitales que presentan un valor extremo en la puntuación de eficiencia obtenida.

combinación lineal convexa en el conjunto de las observaciones que dominen a estos. No obstante, si consultásemos a un grupo de expertos en gestión hospitalaria para realizar un análisis más exhaustivo de las características de estos hospitales, estos se podrían decantar por establecer mediante sus propios juicios de valor cuál de los hospitales presenta un mejor rendimiento para el conjunto del sistema hospitalario español. Hay hospitales eficientes que no destacan en ninguna dimensión, pero tienen un buen equilibrio entre inputs y outputs, predominando por lo tanto en alguna de las características asociadas al cociente entre los multiplicadores virtuales que, en definitiva, contienen la información relevante de indicadores de productividad, relaciones marginales de sustitución técnica y relaciones marginales de transformación. Otros hospitales pertenecen a la frontera y son considerados eficientes porque sobresalen en alguna dimensión aunque presentan bajas calificaciones en los demás y, por lo tanto, no pueden ser dominados por una combinación lineal convexa de las unidades que entran en el análisis.

Los resultados del X-DEA (cuadro 4) muestran cómo ahora se puede comparar el rendimiento de aquellos hospitales que son técnicamente eficientes, y se observa un cambio significativo en el rendimiento de los dos grupos de hospitales seleccionados.

Este método se ha aplicado en otras industrias cuando no se tiene un mejor conocimiento sobre los posibles intercambios que se pueden realizar en el espacio de outputs e inputs. Se trata, por lo tanto, de un modelo adecuado para medir el rendimiento hospitalario estableciendo un ranking de aquellos hospitales caracterizados por ser eficientes desde el punto de vista técnico. En el cuadro 4, se resalta que existe una clara distinción entre los 20 mejores y 20 peores hospitales del grupo de los eficientes. Se observa en nuestro análisis que los mejores rendimientos se localizan en hospitales con un tamaño medio de 662 camas, una plantilla sanitaria de 2.313 trabajadores, un ratio de 0,39 de la plantilla no sanitaria frente a la sanitaria y un coste de suministros de, aproximadamente, 66 millones de euros. Obtuvieron un total de 30.000 altas ajustadas al grado de complejidad y atendieron un total de 66 mil estancias con una severidad moderada. Los costes unitarios de suministros por personal y cama fueron de 35 y 100 mil euros respectivamente. Dispusieron de un total de cuatro empleados por cama y las camas han estado ocupadas la mayor parte del tiempo (el valor del ratio de estancias por cama es de 279).

En el segundo grupo de los 20 peores hospitales, se observa que son mucho más pequeños ya que el tamaño medio corresponde a 86 camas, son atendidos por 109 sanitarios, presentan un ratio mayor de no sanitarios frente a personal sanitario (0,78) y un coste medio en suministros aproximado de 6,6 millones. Dieron de alta a 2.312 pacientes y alcanzaron cerca de 5.731 estancias de severidad moderada. Estos hospitales presentan unos ratios muy diferentes del anterior grupo ya que los costes unitarios de los suministros por trabajador y cama son en ambos casos superiores con 62 y 118 mil euros, respectivamente. Además se observa que las camas se ocuparon menos ya que el total de estancias por cama sólo asciende a 189⁹.

(9) Al igual que en los resultados presentados en el cuadro 2, no se pretende profundizar en las causas que determinan el valor de ranking obtenido ni establecer una taxonomía de los hospitales con mejor o por valoración. Es evidente que en este apartado también se podría hacer un análisis de sensibilidad eliminando aquellas observaciones que presentan valores extremos.

Cuadro 4: RESULTADOS X-DEA PARA MEDIR EL RENDIMIENTO HOSPITALARIO DE LAS UNIDADES EFICIENTES

	20 Mejores		20 Peores	
	Media	SD	Media	SD
Outputs				
Altas totales ajustadas al case-mix	29.670,21	13.995,00	2.312,76	3.949,43
Estancias con grado de severidad extrema	13.603,26	8.984,64	1.130,61	1.681,87
Estancias con grado de severidad mayor	41.915,29	21.199,15	5.396,32	6.868,16
Estancias con grado de severidad moderada	65.911,95	32.953,96	5.731,72	6.758,33
Estancias con grado de severidad menor	59.089,30	27.485,64	4.098,05	4.599,61
Infecciones nosocomiales	168,75	94,87	12,70	22,98
Inputs				
Personal sanitario	2.313,70	1.943,31	105,15	96,17
Personal no sanitario	902,45	743,08	61,85	53,63
Suministros	65.691.297,15	36.939.692,49	4.706.572,45	6.639.343,07
Camas	662,05	350,29	78,25	71,98
Algunos ratios				
Personal no sanitario/Personal sanitario	0,39	0,11	0,78	0,51
Suministros/Personal	35.253,91	17.192,80	62.298,97	81.826,12
Suministros/Camas	100.077,93	34.442,60	118.278,99	164.711,92
Camas/Personal	0,25	0,09	0,53	0,34
Altas por cama	46,74	10,34	29,13	20,21
Altas por Total de Estancias	0,17	0,03	0,23	0,23
Total Estancias/Camas	279,05	24,93	189,90	124,33

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 5 muestra los valores medios de los multiplicadores obtenidos en el modelo convencional DEA para diferentes grupos de hospitales.

Se observa que el valor medio de los multiplicadores depende en gran medida del grupo de hospitales considerado. En el modelo de eficiencia cruzada X-DEA se considera la media del conjunto total de los hospitales analizados. Otras situaciones más conservadoras se basan en utilizar solamente el grupo de los eficientes o un grupo elegido por opiniones de expertos hospitalarios. De todas las maneras hay que dejar constancia de que, independientemente de cómo se haga, este análisis sólo sirve para analizar el rendimiento hospitalario de las unidades eficientes. Las unidades ineficientes quedan perfectamente analizadas dentro del análisis DEA convencional. Forsund

**Cuadro 5: MEDIA DE LOS MULTIPLICADORES ÓPTIMOS DEA
POR DIFERENTES GRUPOS DE HOSPITALES**

	Todos (X-DEA)	Eficientes	Ineficientes	20 Mejores X-DEA
Outputs				
Altas totales ajustadas al case-mix	5,8142E-05	5,1190E-05	6,1560E-05	1,4600E-05
Estancias con grado de severidad extrema	3,1393E-06	4,1072E-06	2,6634E-06	2,6598E-06
Estancias con grado de severidad mayor	6,2486E-06	7,2568E-06	5,7528E-06	5,3033E-06
Estancias con grado de severidad moderada	1,1229E-05	9,1329E-06	1,2260E-05	2,6357E-06
Estancias con grado de severidad menor	1,4552E-05	2,3326E-05	1,0238E-05	1,2113E-05
Infecciones nosocomiales	4,4480E-03	5,8783E-03	3,7447E-03	1,6944E-03
Variable μ	-3,5899E+00	-4,7526E+00	-3,0181E+00	-1,6740E+00
Inputs				
Personal sanitario	4,4137E-04	7,3781E-04	2,9561E-04	2,0765E-04
Personal no sanitario	1,0353E-03	2,0639E-03	5,2948E-04	9,1536E-05
Suministros	4,6346E-08	9,1054E-08	2,4362E-08	1,3408E-08
Camas	3,6274E-03	2,6341E-03	4,1158E-03	4,8235E-04

Fuente: Elaboración propia.

(2013) analiza el papel que tienen los multiplicadores a la hora de interpretar los ratios como relaciones marginales de sustitución técnica (para inputs), relaciones marginales de transformación (para outputs) y relaciones marginales de productividad del factor i para el producto j (en el caso de analizar un output y un input). Está fuera del alcance del presente artículo discutir qué valores se deben utilizar para analizar el rendimiento hospitalario de las unidades eficientes, pero es evidente que una sociedad o sus representantes tienen que elegir unos pesos adecuados para determinar qué valor social conceden al sistema sanitario de un país, especialmente en un momento cómo el analizado en este trabajo, dónde había que decidir dónde y cómo recortar.

Si analizamos los multiplicadores de los grupos “total” y “eficientes”, se puede ver que estos determinan un total de 45 indicadores para la función de transformación. Analizando las diferencias mayores que se dan entre todos ellos se observa que se obtienen para las relaciones marginales de sustitución técnica entre los inputs personal no sanitario y camas y el total de suministros y camas. Utilizando los multiplicadores del total, se obtiene que la $RMST_{4,2}$ es -3,5 y la $RMST_{4,3}$ es -78.627, respectivamente¹⁰.

(10) Esta cantidad se tiene que interpretar como el sacrificio óptimo que hay que realizar para incorporar una cama adicional en relación al número de trabajadores no sanitarios. Es decir, en el óptimo por cada cama adicional se tendría que hacer un sacrificio de 3,5 trabajadores. De la misma manera, se puede interpretar que cada cama adicional impondría un sacrificio de 78.627 euros de suministros.

Sin embargo, si se utilizan los valores medios de los multiplicadores del grupo de hospitales eficientes, se calculan unas relaciones marginales de sustitución de -1,27 y -28.928, respectivamente. Es evidente que estos valores son muy diferentes a los comentados anteriormente, por lo que podemos afirmar que la selección del valor de los multiplicadores va a influir en el análisis del rendimiento hospitalario que se haga. Por esta razón, este artículo va a utilizar un enfoque conservador en lo que resta y obtendrá los factores críticos o el porcentaje medio de participación utilizando tres vectores de multiplicadores: total, eficientes y 20 mejores observaciones X-DEA.

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

$$\sum_{r=1}^s \tilde{\mu}_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m \tilde{v}_i x_{ij} + \tilde{\mu}_0 \quad (j = 1 \dots n) \quad [4]$$

donde la media de los multiplicadores se ha obtenido para cada uno de los tres grupos comentados anteriormente. 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 libre del modelo y ajustando la frontera óptima en términos absolutos, es decir,

$$RW_{inp}^i = \frac{\tilde{v}_i x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \tilde{v}_i x_{ij} + \sum_{r=1}^s \tilde{\mu}_r y_{rj}} \quad o \quad RW_{out}^r = \frac{\tilde{\mu}_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m \tilde{v}_i x_{ij} + \sum_{r=1}^s \tilde{\mu}_r y_{rj}} \quad [5]$$

(i = 1 ... m; r = 1 ... s; j = 1 ... 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 del hospital 783, que en el ranking de hospitales hecho con el método de eficiencia cruzada obtenía la mejor valoración. Se puede observar que los factores críticos dependen en gran medida del vector de multiplicadores óptimos elegido, pero que en cualquier caso la lección para este hospital está clara. Tendría que concentrar sus esfuerzos de mejora en la reducción de costes de suministros y del número de camas mientras que, independientemente de los multiplicadores elegidos, un programa para mejorar la asistencia en las estancias de severidad extrema no tendría demasiada incidencia en el rendimiento.

Sin embargo, el análisis que hacemos para el hospital 305 es totalmente diferente, por lo que se pone de manifiesto que esta técnica se podría adaptar a cada hospital para diseñar un plan individual de mejora del rendimiento.

El cuadro 7 muestra que los factores críticos de este hospital son los costes de suministros, el número de camas y el personal no sanitario. Y, dentro de los outputs, sólo sería necesario realizar un plan para el conjunto de las altas.

Cuadro 6: FACTORES CRÍTICOS DEL RENDIMIENTO HOSPITALARIO. HOSPITAL 783

	Todos (X-DEA)	Eficientes	20 Mejores X-DEA
Outputs			
Altas totales ajustadas al case-mix	17,86%	11,75%	15,16%
Estancias con grado de severidad extrema	2,14%	2,10%	6,14%
Estancias con grado de severidad mayor	4,18%	3,63%	12,01%
Estancias con grado de severidad moderada	3,37%	2,05%	2,67%
Estancias con grado de severidad menor	1,40%	1,68%	3,95%
Infecciones nosocomiales	8,21%	8,10%	10,57%
Inputs			
Personal sanitario	5,16%	6,44%	8,20%
Personal no sanitario	4,99%	7,43%	1,49%
Suministros	30,50%	44,77%	29,83%
Camas	22,19%	12,04%	9,98%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7: FACTORES CRÍTICOS DEL RENDIMIENTO HOSPITALARIO. HOSPITAL 305

	Todos (X-DEA)	Eficientes	20 Mejores X-DEA
Outputs			
Altas totales ajustadas al case-mix	9,13%	5,35%	8,96%
Estancias con grado de severidad extrema	0,31%	0,27%	1,03%
Estancias con grado de severidad mayor	1,24%	0,96%	4,12%
Estancias con grado de severidad moderada	4,40%	2,38%	4,03%
Estancias con grado de severidad menor	1,77%	1,88%	5,74%
Infecciones nosocomiales	0,03%	0,02%	0,04%
Inputs			
Personal sanitario	11,90%	13,24%	21,88%
Personal no sanitario	16,99%	22,54%	5,87%
Suministros	32,97%	43,09%	37,27%
Camas	21,26%	10,27%	11,05%

Fuente: Elaboración propia.

5. OBSERVACIONES FINALES

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 y de 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 que permitiera realizar un análisis del rendimiento hospitalario en el conjunto de hospitales eficientes. Se ha demostrado que los multiplicadores medios obtenidos en el ejercicio convencional del modelo DEA-VRS con orientación input se pueden utilizar para identificar los factores críticos de un hospital determinado o, por agregación, de una categoría de los mismos o de todo el conjunto. Para evitar la controversia de los juicios de valor asociados a la elección del conjunto óptimo de multiplicadores se ha realizado el análisis sobre tres supuestos diferentes, a saber, el conjunto total de los hospitales generales de España, el conjunto de los eficientes y el conjunto de los 20 mejores hospitales de acuerdo al modelo de la eficiencia cruzada aplicado. Esta nueva información es una herramienta importante para el diseño de una buena estrategia que persiga la mejora del rendimiento hospitalario de cada uno de los hospitales.

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.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, N., Friedman, L. y Sinuany-Stern, Z. (2002): "Review of ranking methods in the data envelopment analysis context", *European Journal of Operational Research*, 140, págs. 249-265.
- Ali, A. y Seiford, L.M. (1993): "The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis", en Fried, H.O., Lovell, C.A.K y Schmidt, S.S (eds): *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Nueva York: Oxford University Press.
- Andersen P. y Petersen, N.C. (1993): "A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis", *Management Science*, 39, págs. 1261-1294.
- Angulo-Meza, L. y Lins, M.P.E. (2002): "Review of Methods for Increasing Discrimination in Data Envelopment Analysis", *Annals of Operations Research*, 116, págs. 225-242.
- Banker, R.D., Charnes, A. y Cooper, W.W. (1984): "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30, págs. 1078-1092.

- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A.Y. y Seiford, L.M. (1994): *Data Envelopment Analysis. Theory, Methodology and Application*, Boston: Kluwer Academic.
- Charnes, A., Cooper, W.W. y Rhodes, E. (1978): "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2(6), págs. 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Huang, Z.M. y Wei, Q.L. (1989): "Cone ratio data envelopment analysis and multi-objective programming", *International Journal of Systems Science*, 20, págs. 1099-1118.
- Chen, A., Hwang, Y.C. y Shao, B. (2005): "Measurement and sources of overall and input inefficiencies: evidences and implications in hospital services", *European Journal of Operational Research*, 161(2), págs. 447-468.
- Coelli, T. (1996): *A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis (computer) program*. CEPA Working Paper 96/08. Armidale: Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England.
- Coelli, T., Rao, D.S.P. y Battese, G.E. (1998): *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: Kluwer Academic.
- Consejo Económico y Social (2010): *Desarrollo autonómico, competitividad y cohesión social en el sistema sanitario*, Colección Informes, nº 01/2010, Madrid.
- Cooper, W., Seiford, L. y Tone, K. (2000): *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, Reference and DEA-Solver software*. Norway: Kluwer Academic Publishers.
- 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*, Estrasburgo.
- 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*, Office for Official Publications, Luxemburgo.
- Doyle, J.R. y Green, R. (1994): "Efficiency and cross-efficiency in data envelopment analysis: Derivatives, meanings and uses", *Journal of the Operational Research Society*, 45 (5), págs. 567-578.
- Edbrooke, D., Hibbert, C., Ridley, S., Long, T. y Dickie, H. (1999): "The development of a method for comparative costing of individual intensive care units", *Anaesthesia*, 54, págs. 110-120.
- Falagario, M., Sciancalepore, F., Constantino, N. y Pietroforte, R. (2012): "Using a DEA-cross efficiency approach in public procurement tenders", *European Journal of Operational Research*, 218 (2), págs. 523-529.
- Federal Ministry of Labour, Health and Social Affairs (1998): *Quality in health care: opportunities and limits of cooperation at EU-level*, Viena.
- Federal Ministry of Social Security and Generations. (2001): *Quality policy in the health care systems of the EU accession candidates*, Viena.
- Ferrier, G.D. y Trivitt, J.S. (2013): "Incorporating quality into the measurement of hospital efficiency: a double DEA approach", *Journal of Productivity Analysis*, 40, págs. 337-355.
- Flokou, A., Kontodimopoulos, N. y Niakas, D. (2011): "Employing post-DEA Cross-evaluation and Cluster Analysis in a Sample of Greek NHS Hospitals", *Journal of Medical Systems*, 35(5), págs. 1001-1014.
- Forsund, F.R. (2013): "Weight restrictions in DEA: misplaced emphasis?", *Journal of Productivity Analysis*, 40(3), págs. 271-283.
- García Armesto, S., Abadía Taira, B., Durán, A. y Bernal Delgado, E. (2010): "España: Análisis del sistema sanitario. Sistemas sanitarios en transición", *European Observatory on Health Systems and Policy*, 12(4).

- Gyldmark, M. (1995): "A review of cost studies of intensive care units: problems with the cost concept", *Critical Care Medicine*, 23, págs. 964-972.
- Harrison, J.P., Coppola, M.N. y Wakefield, M. (2004): "Efficiency of federal hospitals in the United States", *Journal of Medical Systems*, 28, págs. 411-422.
- Harrison, J.P. y Ogniewski, R.J. (2005): "An efficiency analysis of Veterans Health Administration hospitals", *Military Medicine*, 170(7), págs. 607-611.
- Harrison, J.P. y Sexton, C. (2006): "The improving efficiency frontier of religious not-for-profit hospitals", *Hospital Topics*, 84, págs. 2-10.
- Hollingsworth, B. (2008): "The Measurement of Efficiency and Productivity of Health Care Delivery", *Health Economics*, 17(10), págs. 1107-1128.
- Hollingsworth, B. y Wildman, J. (2002): *Efficiency and Cross Efficiency Measures: A Validation Using OECD Data*, Centre for Health Program Evaluation (CHPE), Working paper 132.
- Hollingsworth, B. y Street, A. (2006): "The market for efficiency analysis of health care organizations", *Health Economics*, 15(10), págs. 1055-1059.
- Hua, H., Li-xin, S., Xian-li, Z. y Sheng-xin, C. (2009): "Data envelopment analysis-based evaluation of pharmacy efficiencies of military hospitals", *Academic Journal of Second Military Medical University*, 30 (5), págs. 553-557.
- Jacobs, P., Rapoport, J. y Edbrooke, D. (2004): "Economies of scale in British intensive care units and combined intensive care/high dependency units", *Intensive Care Medicine*, 30, págs. 660-664.
- Jacobs, R., Smith, P.C. y Street, A. (2006): *Measuring Efficiency in Health Care. Analytic Techniques and Health Policy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kao, L., Lu, Ch. y Chi, Ch. (2011): "Efficiency measurement using independent component analysis and data envelopment analysis", *European Journal of Operational Research*, 210 (2), págs. 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), págs. 297-305.
- Nayar, P. y Ozcan, Y. (2008): "Data Envelopment Analysis Comparison of Hospital Efficiency and Quality", *Journal of Medical System*, 32(3), págs. 193-199.
- Ozcan, Y.A. (2008): *Health Care Benchmarking and Performance Evaluation. An Assessment using Data Envelopment Analysis (DEA)*, International Series in Operations Research & Management Science, Vol. 120, Nueva York: Springer.
- Podinovski, V.V. (2005): "The explicit role of weight bounds in models of data envelopment analysis", *Journal of the Operational Research Society*, 56, págs. 1408-1418.
- Podinovski, V.V. (2007): "Improving data envelopment analysis by the use of production trade-offs", *Journal of the Operational Research Society*, 58, págs. 1261-1270.
- 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), págs. 99-218.
- Rodrigues, J.M. (1983): "Le projet de medicalisation du systeme d'information. Methode, definition, organization", *Gestions Hospitalieres*, núm. 224, págs. 206-209.
- Rosko, M.D. y Chilingerian, J.A. (1999): "Estimating hospital inefficiency: does case mix matter?", *Journal of Medical Systems*, 23 (1), págs. 57-71.
- Seiford, L.M. y Thrall, R.M. (1990): "Recent developments in data envelopment analysis: The mathematical programming approach to frontier analysis", *Journal of Econometrics*, 46, págs. 7-38.
- Sexton, T.R., Silkman, R.H. y Hogan, A.J. (1986): "Data envelopment analysis: Critique and extensions" en: Silkman, R.H. (Ed.): *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*, Jossey-Bass, San Francisco, págs. 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), págs. 145-154.
- Wu, C.H., Chang, C.C., Chen, P.C., y Kuo, K.N. (2013). "Efficiency and productivity change in Taiwan's hospitals: a non-radial quality-adjusted measurement", *Central European Journal of Operations Research*, 21(2), págs. 431-453.
- 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. y 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), págs. 22-31.
- Zhu, J. (2001): "Multidimensional quality-of-life measure with an application to Fortune's best cities", *Socio-Economic Planning Sciences*, 35(4), págs. 263-284.
- Zhu, J. (2003): *Quantitative models for performance evaluation and benchmarking*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

Fecha de recepción del original: febrero, 2013

Versión final: enero, 2015

ABSTRACT

Measuring the performance of hospitals and developing a ranking of them require models that take into account the different nature of the decision units to compare, especially focusing on measures of productivity and efficiency. This paper proposes the use of a conventional data envelopment analysis (DEA) with input orientation to analyze the technical efficiency of general hospitals in Spain. In addition, a cross-efficiency (X-DEA) model is proposed to obtain a ranking of those hospitals that are considered efficient. This paper also proposes a method to analyze the degree of importance of each of the dimensions considered in the set of efficient hospitals to identify those factors that can be considered critical, so they can be used as a tool for hospital managers in order to establish improvement programs. This issue is particularly relevant nowadays in Spain given the controversy generated in the health sector by government spending cuts.

Key words: hospital performance, health care standards, DEA, Cross-Efficiency.

JEL Classification: I11, I18, C61.

