

## **ESTUDIO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DE LOS I.E.S. DE MURCIA**

José Solana Ibáñez \*

Juan Gómez García \*\*

Josefina García Lozano \*

Fulgencio Buendía Moya \*\*

\* *Universidad Católica San Antonio de Murcia*

\*\**Universidad de Murcia*

### **ABSTRACT**

En este trabajo analizamos el problema de la evaluación de la eficiencia de los Institutos Educativos Secundaria en Murcia. En una primera parte se introduce el concepto moderno de la medida de la eficiencia técnica, se presentan los inputs y outputs a emplear en el estudio, junto a una revisión de los principales modelos y aplicaciones desarrolladas. En la segunda parte, se acometerá el estudio de eficiencia al caso propuesto. Para cada centro educativo se procede a obtener los coeficientes de eficiencia técnica. El análisis continúa con un análisis individual y uno colectivo. En el primero, se estudia para cada unidad ineficiente, las razones de las ineficiencias detectadas, su grupo de referencia, un análisis de mejoras potenciales, y se calcula la contribución de cada factor al coeficiente de eficiencia calculado. En el análisis colectivo, se presenta toda la información de manera global con el objetivo de obtener una visión de conjunto. En una fase final de conclusiones, sometemos los resultados del modelo propuesto a un análisis de sensibilidad y se presentan líneas de desarrollo emergentes: aleatoriedad del modelo, inclusión de variables categóricas y análisis de ponderaciones.

**Palabras Clave:** Análisis Envolvente de Datos, Eficiencia, Fronteras de Producción Estocásticas.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Con objeto de ofrecer una perspectiva de la situación actual de los Institutos de Educación Secundaria de Murcia, vamos a aplicar la técnica no paramétrica de Análisis Envolvente de Datos (DEA). Se trata, sin duda de la herramienta más potente para el análisis de unidades cuyo proceso productivo posee naturaleza multiproducto, como es el caso del Sector Público en general. Se han utilizado datos correspondientes a 17 centros de Murcia para el curso 1998-99.

Tres son las principales etapas a considerar en un estudio aplicado de eficiencia:

### 1.1. Definir y seleccionar las unidades a evaluar.

Las unidades a evaluar deben manifestar cierto grado de homogeneidad en su estructura de funcionamiento. Es decir, se supone que producen el mismo tipo de outputs mediante el empleo del mismo tipo de recursos o inputs.

Su número debe ser lo suficientemente elevado como para que sea posible discriminar entre ellas. Si su número es pequeño en proporción al número de variables consideradas (inputs y outputs), el número de unidades eficientes será elevado.

### 1.2. Seleccionar los inputs y outputs a usar.

Esta es seguramente la tarea más a acometer en un análisis de eficiencia: qué inputs y outputs debemos incluir. La lista debe reducirse hasta lograr los más relevantes para la evaluación de las unidades.

El análisis permite considerar el tratamiento de variables que no representan ni un recurso económico ni un producto, sino, más bien, un factor ambiental. En este sentido, los inputs pueden ser de dos tipos: controlables (o discrecionales) y/o no controlables (no discrecionales), según si la unidad evaluada tiene o no el control sobre su nivel.

En nuestro ejemplo se han considerado dos inputs y tres outputs:

#### Inputs:

En el ámbito educativo, se suele trabajar con dos tipos de recursos: capital humano, representado principalmente por el profesorado, y capital físico (o no humano). Se ha recogido uno para cada tipo, en concreto:

*Plantilla:* Se trata del número de profesores por alumno.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> En un estudio más amplio, sería interesante desdoblarse la información sobre la plantilla en varios inputs, con objeto de establecer distinciones por tipo de contrato, categoría académica, etc.

*Gasto*: Se trata del gasto total anual por alumno en pesetas gestionado por cada centro.

*Outputs*:

La definición y medida de los outputs entraña mayor dificultad, puesto que los resultados trascienden ampliamente a los beneficiarios directos (los estudiantes) y redundan sobre el resto de la sociedad de diversas formas. Aún así, se puede hablar básicamente de un tipo de producto genérico que podríamos llamar enseñanza.

*AproMa*: Número de alumnos aprobados respecto al número de alumnos matriculados en el centro.

*Ciencias*: Nota media obtenida en cada centro en la opción de Ciencias.

*Letras*: Nota media obtenida en cada centro en la opción de Letras.

### **1.3. Seleccionar el modelo de optimización.**

La técnica DEA se apoya en la programación matemática para construir una frontera de producción empírica. Dicha frontera queda configurada por las unidades que muestran un “mejor comportamiento” y a partir de ella se puede determinar y medir la eficiencia del resto.

El desarrollo de dicha técnica en los últimos años ha sido considerable y la gama de modelos disponible es muy amplia, debido sobre todo a la enorme flexibilidad metodológica que permite modelizar situaciones atendiendo a prácticamente todos los detalles inherentes del sector y unidades a evaluar.

Básicamente, podríamos resumir el problema mediante dos elecciones fundamentales:

Escala de los Beneficios

Debemos decidir si, al evaluar la eficiencia de las unidades productivas, vamos a asumir una escala de beneficios constantes o variables. Se trata de decir qué sucede con la producción de los outputs cuando cambian las cantidades de inputs empleadas. Así, si al doblar el empleo de todos los inputs se dobla la producción de todos los outputs, estaremos ante beneficios constantes a escala. La elección es por tanto importante, ya que puede explicar en parte la eficiencia relativa de cada unidad.

Trabajaremos con el supuesto de Beneficios Variables a Escala. Bajo este supuesto, la eficiencia relativa de una unidad se mide con relación a las restantes unidades que operan en una escala similar. Por contra, bajo Beneficios Constantes a Escala, la eficiencia se calcula respecto a todas las unidades sea cual sea la escala a que operen.

### Orientación Input/Output.

Se trata de decidir si ponemos el énfasis en la reducción del input o en la expansión del output<sup>2</sup>.

La primera opción responde al criterio de “Minización del Input”. Dado el nivel de outputs que produce una unidad, nos preguntaremos cuánto podría reducir el empleo de inputs.

La segunda, al criterio de “Maximización del Output”. Dado el nivel de inputs consumido por una unidad, nos preguntaremos cuánto podría aumentar la producción de outputs.

La elección dependerá en cada caso de la situación analizada. El analista debe considerar una u otra en la medida en que la unidad evaluada tenga más o menos capacidad para actuar sobre el nivel de producción o sobre el nivel de empleo de recursos. Puede que, por ejemplo, los inputs que emplea una unidad muestren rigidez al cambio, en cuyo caso sería mejor una orientación output.

Una última cuestión tiene que ver con la posibilidad de establecer ponderaciones para algún/os inputs y/o outputs. Esta opción nos permite tener la seguridad de que al menos cierta parte de la medida de eficiencia calculada para cada unidad ha tenido en cuenta cierta variable (input/output).

En términos generales, el DEA opera para cada unidad intentando optimizar su coeficiente de eficiencia; para ello asigna a cada variable la ponderación que más favorece a la unidad bajo estudio. La posibilidad de establecer ponderaciones a priori permite decirle al análisis que para cierto input o output no puede trabajar con una ponderación inferior a la establecida. Esta práctica ha recibido diversas críticas en la literatura; el criterio global se podría resumir diciendo que su uso depende de cada caso concreto y, por supuesto, del analista, si bien, no conviene hacer un uso excesivo (dos variables a lo sumo).

## **1.4. Ejecución y Análisis del Modelo.**

La información proporcionada por el modelo consta de diversos elementos. El primer objetivo consistirá en la obtención de los “coeficientes de eficiencia relativa” para cada una de las unidades. Estos coeficientes permitirán clasificar a las unidades en dos grupos: “eficientes”, las que logren un valor del 100%, y “no eficientes”, las que obtengan un coeficiente por debajo del 100%.

---

<sup>2</sup> Alternativamente, cabe la posibilidad de una versión neutral, es decir, no orientada.

Una vez superado este objetivo, se procederá al análisis pormenorizado de la situación que reflejen. Este análisis debe hacerse en un doble sentido:

1.- En primer lugar, Análisis Individual.

Para cada unidad evaluada y catalogada como ineficiente se iniciará un estudio tendente a resolver las siguientes cuestiones fundamentales:

A.- *¿Por qué?*. Es decir, *¿Cuáles son, a la vista de los datos, las razones de tales ineficiencias?*.

B.- *¿Cómo alcanzar la eficiencia?*. Para cada unidad ineficiente, la técnica indicará las pautas a seguir para lograr la eficiencia, es decir, permite establecer un plan de actuación. A modo de ejemplo, el DEA es capaz de indicar que, a la vista del comportamiento de las unidades eficientes, cierta unidad clasificada como ineficiente debería ser capaz de producir su output actual utilizando menos cantidad de ciertos inputs. En tal caso, el análisis nos dice cuáles son los inputs concretos cuyo uso debe reducirse y, más importante aún, en qué cuantía debe hacerse. La situación específica de cierta unidad puede hacer que la viabilidad de dicho plan no sea factible a corto plazo. En cualquier caso, siempre dispondremos de una guía de actuación.

C.- *Análisis del Grupo de Referencia de cada unidad*. Cada unidad ineficiente se relaciona con una o varias unidades eficientes que configuran su Grupo de Referencia. Se trata de las unidades eficientes más directamente relacionadas con ella. La comparación de cierta unidad ineficiente con cada una de las unidades de su Grupo de Referencia, permite, por un lado, evitar la posibilidad de una comparación indiscriminada y, por otro, depurar el análisis y plan de actuación de las unidades ineficientes. Para ello es preciso aclarar la importancia relativa de cada unidad; con tal fin, se calculará la contribución relativa en porcentaje de cada unidad del Grupo de Referencia. Si cierta unidad ineficiente tiene dos unidades eficientes en su grupo de referencia, el análisis permite establecer que, por ejemplo, la contribución media de cada una es del 30% y 70% respectivamente. La comparación más importante debe hacerse, por tanto, con la unidad que más contribuya.

D.- *Finalmente, se calcularán las contribuciones de cada input y output*. El análisis muestra información sobre el énfasis que ha puesto en cada input y output. Se trata de un indicador útil para conocer qué variables han resultado más determinantes en el coeficiente de eficiencia de cada unidad. En algunos casos, puede servir para validar el coeficiente calculado.

2.- En segundo lugar, Análisis Colectivo.

A continuación, se llevará a cabo un análisis global, es decir, teniendo en cuenta todas las unidades en conjunto. Con el riesgo que conlleva sintetizar la información, el análisis colectivo nos proveerá de una visión de conjunto de la situación.

## 2. EL MODELO BCC-O (BENEF. VARIABLES – MAX. OUTPUT).

Los Inputs y Outputs de los 17 Centros considerados para el Análisis de Eficiencia propuesto son los siguientes:

**Tabla 2.1: Centros de Educación Secundaria de Murcia. Tabla de Inputs y Outputs**

Código del Centro	INPUTS		OUTPUTS		
	Gasto	Plantilla	AproMa	Ciencias	Letras
1	18.497,99	0,086	27,20	5,06	5,16
2	13.385,64	0,076	28,57	5,23	5,15
3	14.595,12	0,066	43,31	5,19	5,01
4	12.871,71	0,076	35,90	5,33	5,06
5	15.881,05	0,064	38,73	5,07	5,32
6	15.691,56	0,078	32,80	4,98	5,27
7	19.515,74	0,069	50,81	5,66	5,56
8	17.443,65	0,089	28,69	5,14	5,62
9	14.877,55	0,081	47,66	5,39	5,06
10	13.102,61	0,071	64,43	5,53	5,15
11	61.317,69	0,086	7,84	5,20	3,55
12	54.225,26	0,079	17,69	5,76	5,11
13	14.422,56	0,086	33,33	5,54	5,09
14	31.153,67	0,085	19,24	3,25	5,17
15	33.643,83	0,084	14,47	5,11	6,48
16	15.430,63	0,077	52,73	5,23	5,02
17	67.997,49	0,085	15,27	3,56	5,16

Una vez elaborada la información en Excel, se exporta al programa empleado<sup>3</sup>. Debemos decidir entonces la forma del modelo de optimización a emplear. Pulsando el botón

<sup>3</sup> Se trata del Frontier Analyst Professional v. 2.0.0 (1999), elaborado por Banxia ([www.banxia.com](http://www.banxia.com)).

“DEA options” aparece el siguiente menú que permite escoger el Modelo de Optimización que deseamos:

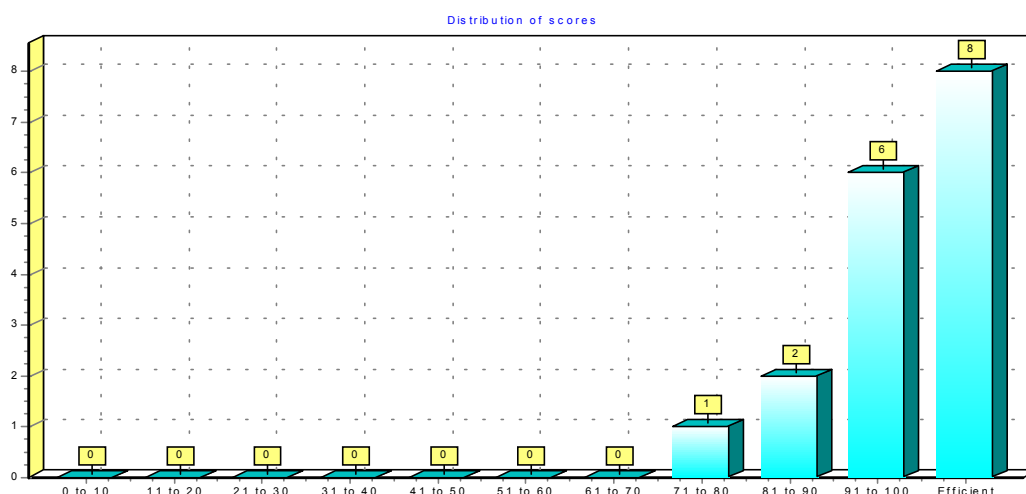
Hay dos elecciones a considerar más una opción:

- “Scaling Mode”: Podemos asumir beneficios constantes a escala (Modelo CCR) o, alternativamente, beneficios variables a escala (modelo BCC).
- “Optimisation Mode”: Podemos poner el énfasis en la reducción del input (Min In), o en la maximización del output (Max Out).
- “Advanced”: Activa un submenú que permite establecer ponderaciones.

Asumiendo para nuestro modelo beneficios variables y maximización del output (BCC de orientación output), y dejando de lado la posibilidad de establecer ponderaciones, el primer resultado que ofrece el programa son los coeficientes de eficiencia:

Eficientes		No Eficientes	
IES-3	100	IES-13	99,58
IES-4	100	IES-2	99,49
IES-5	100	IES-6	97,49
IES-7	100	IES-9	96,74
IES-8	100	IES-16	94,37
IES-10	100	IES-1	92,61
IES-12	100	IES-11	90,21
IES-15	100	IES-14	82,58
		IES-17	80,95

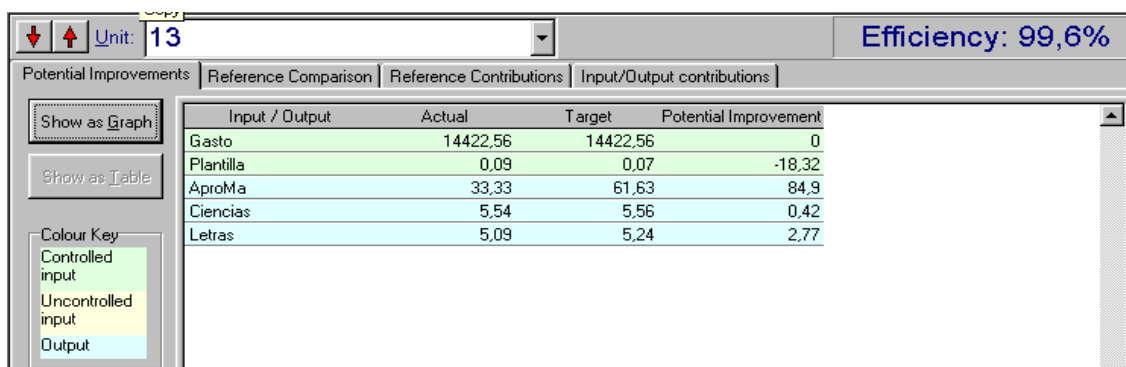
**Tabla 2.2: Coeficientes de Eficiencia. Modelo BCC-Output**



Como vemos en el gráfico anterior, las unidades relativamente eficientes (8 institutos) alcanzan un valor del 100%; las ineficientes (9 institutos), por debajo del 100%. Los coeficientes de eficiencia relativa deben interpretarse teniendo en cuenta las condiciones del análisis. Por ejemplo, el IES-11 tiene un coeficiente de 90,21%, lo que significa que sólo es un 91,20% tan eficiente como los mejores institutos de la muestra analizada. Así pues, los coeficientes variarán en función de los institutos, inputs y outputs considerados en el análisis.

La siguiente fase del análisis consiste en profundizar en lo acaecido con las unidades ineficientes, con objeto de hallar respuesta a preguntas tan importantes como ¿Qué pautas de actuación debería seguir una unidad ineficiente para alcanzar la eficiencia?. La opción “Details” permite un estudio pormenorizado de todas las unidades.

## 2.1. Análisis Individual: El Instituto 13.



Input / Output	Actual	Target	Potential Improvement
Gasto	14422,56	14422,56	0
Plantilla	0,09	0,07	-18,32
AproMa	33,33	61,63	84,9
Ciencias	5,54	5,56	0,42
Letras	5,09	5,24	2,77

La parte superior de la ventana nos recuerda el instituto analizado (13) y, a la derecha, su coeficiente de eficiencia relativa (99,58%).

A continuación, su análisis tiene lugar en un total de cuatro pasos:

- Mejoras Potenciales.
- Análisis del Conjunto de Referencia.
- Contribuciones de Referencia.
- Contribuciones Input/Output.

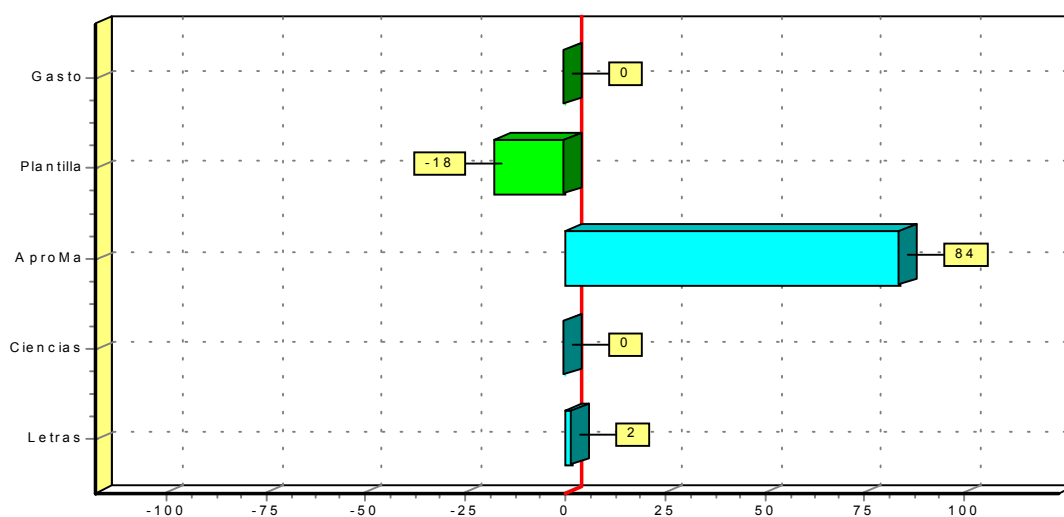
El gráfico anterior se refiere a la primera:

“Potential Improvements”:

El análisis no se limita a proporcionar un coeficiente de eficiencia para cada unidad, sino que, a través de esta opción, indica cuánto y en qué áreas debe mejorar una unidad



ineficiente para llegar a la eficiencia. Esto permite el establecimiento de objetivos que sirvan de guía de actuación. El programa ofrece las mejoras potenciales tanto en forma de tabla como en forma de gráfico. Como vemos en la pantalla anterior, si pulsamos sobre “Show as Graph” observamos el siguiente gráfico:



En el eje de ordenadas se muestran los inputs y outputs, y en el de abscisas la mejora potencial en porcentaje para cada input y output que necesita la unidad en cuestión para lograr la eficiencia. Para el instituto 13, el gráfico indica que para lograr la eficiencia, necesita reducir el input de plantilla en un 18%, así como aumentar el output de aprobados respecto al número de matriculados en un 84%.

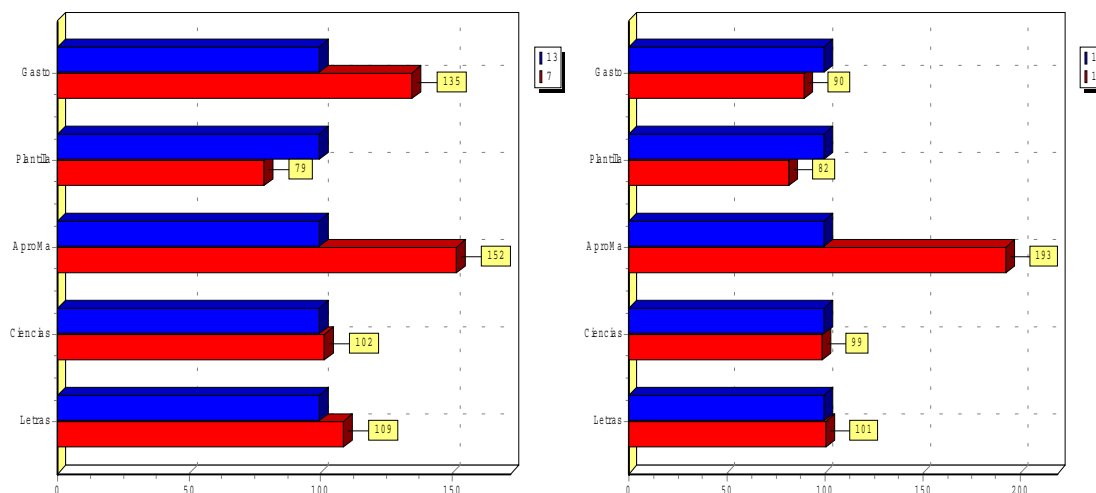
Este mismo resultado es el que se observa en la tabla. La columna “Actual” muestra los valores de inputs y outputs empleados por la unidad. La columna “Target” indica los valores que debería emplear para lograr la eficiencia. Finalmente, la columna “Potential Improvement” muestra el resultado en términos porcentuales.

Lógicamente, es preciso insistir que se trata de una simple guía. Puede que haya razones que dificulten la consecución de los objetivos propuestos.

#### “Reference Comparison”:

Esta opción muestra información sobre la unidad bajo estudio comparada con las unidades eficientes que forman su “Conjunto de Referencia”. El Conjunto de Referencia de una unidad es el grupo de unidades eficientes más directamente relacionadas con dicha unidad en cuanto al cálculo de su coeficiente de eficiencia. Puede ser muy útil a la hora de analizar las razones por las que cierta unidad no está funcionando bien.

El Conjunto de Referencia del instituto 13 está compuesto por los institutos eficientes 7 y 10. La comparación se establece de modo gráfico según vemos a continuación:



En los dos gráficos, los valores de los inputs y outputs del instituto 13 son llevados al 100%. Los valores de los inputs y outputs de los institutos de Conjunto de Referencia, se muestran, pues, como porcentaje de los valores del IES-13, facilitando la comparación desde el punto de vista visual. En cada gráfico se hace la comparación con los institutos 7 y 10 respectivamente.

De la comparación del IES-13 con el IES-7, no se obtienen resultados concluyentes, ya que, observamos que el mayor uso del input gasto (un 35% más) y menor del input plantilla (un 21% menos) por parte de la unidad eficiente 7, tiene su reflejo en el output de aprobados (produce un 52% más que la unidad bajo análisis). En los otros outputs se obtienen resultados similares.

La comparación con el IES-10 es mucho más impactante. Con un menor empleo de ambos input (10% en gasto y 18% en plantilla), la unidad eficiente 10 es capaz de generar una producción en el output de aprobados que supera a la del IES-13 en un 93%.

### “Reference Contributions”.

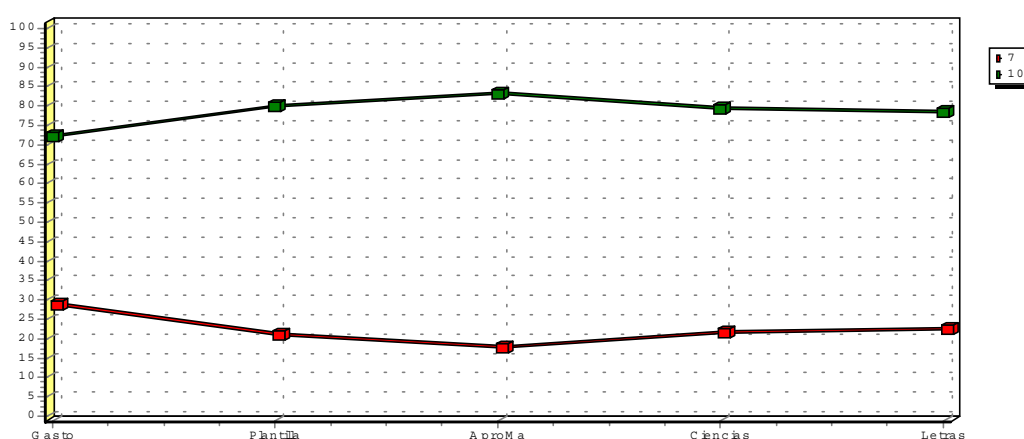
El Conjunto de Referencia de una unidad ineficiente está formado por aquellas unidades eficientes más similares a ella. Sin embargo, no todas tienen el mismo peso a la hora de calcular el coeficiente de eficiencia de la unidad en cuestión.

La opción “Reference Contributions” representa un gráfico en el que aparecen todas las unidades del conjunto de referencia así como la contribución de cada una en términos

porcentuales. El eje vertical muestra la contribución en porcentaje y el horizontal, los inputs y outputs empleados en el análisis. Para cada input y/o output, la suma de contribuciones debe ser igual a 100%.

La principal utilidad de esta opción es permite depurar la información aportada por la opción anterior (Reference Comparison). En efecto, si una unidad contribuye escasamente, no será una buena referencia a la hora de establecer comparaciones. Por otro lado, la identificación de la unidad o unidades que más contribuyen permite una mayor comprensión de la naturaleza de las ineficiencias que presente la unidad bajo estudio.

El gráfico resultante para la unidad 13 es el siguiente:

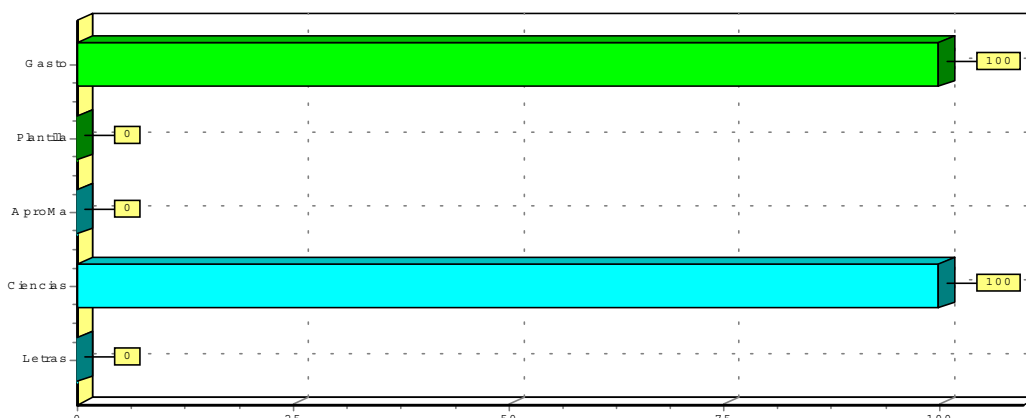


La conclusión que se extrae del gráfico es muy rotunda: la unidad ineficiente 13 tiene como Conjunto de Referencia dos institutos: 7 y 13. De ellos, el que más peso tiene es el 10 (con un peso medio de 78,44%), seguido del 12 (con un 21,56%).

#### “Input/Output Contributions”.

Esta opción muestra información sobre el peso relativo de cada uno de los inputs y outputs. Permite saber, por tanto, qué inputs y outputs se han empleado en el cálculo de la eficiencia, y cuáles, en su caso, han sido ignorados. Recordemos que el DEA optimiza buscando las ponderaciones que más favorecen a la unidad evaluada. Los valores se muestran normalizados como porcentajes.

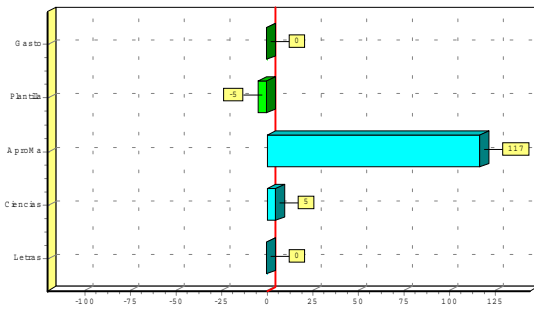
En el caso del instituto 13 el gráfico es el siguiente:



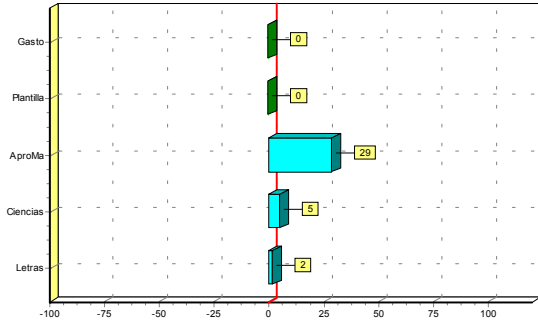
Por el lado de los inputs, la mayor contribución se halla en el gasto 99,998129%; el otro input, por contra, tan solo logra un 0,0018707%. Por el lado de los outputs, la nota media de ciencias tiene una ponderación del 99,9999869%.

2.2. Análisis Individual: resumen resto unidades ineficientes.

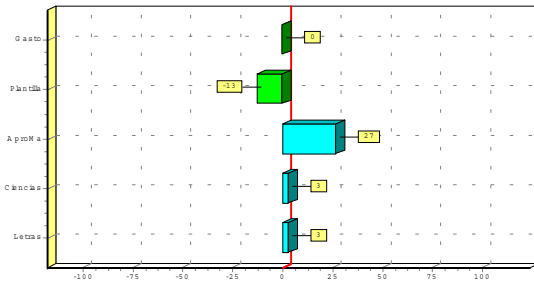
**IES-2**



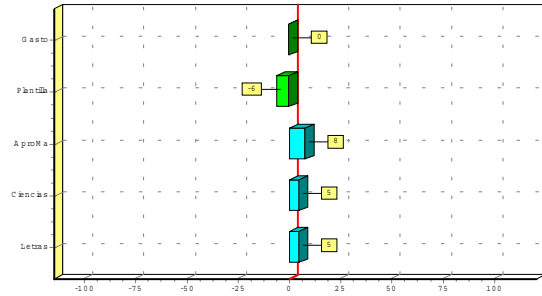
**IES-6**



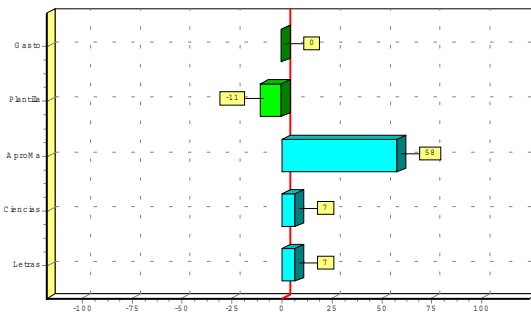
**IES-9**



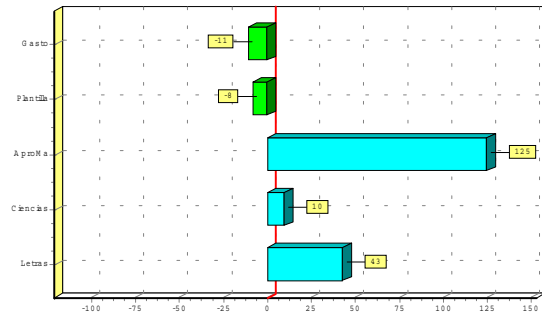
**IES-16**



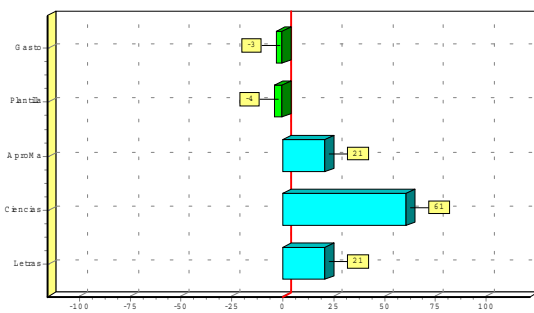
**IES-1**



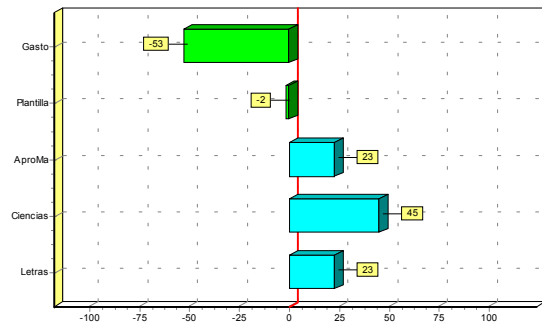
**IES-11**



**IES-14**



**IES-17**

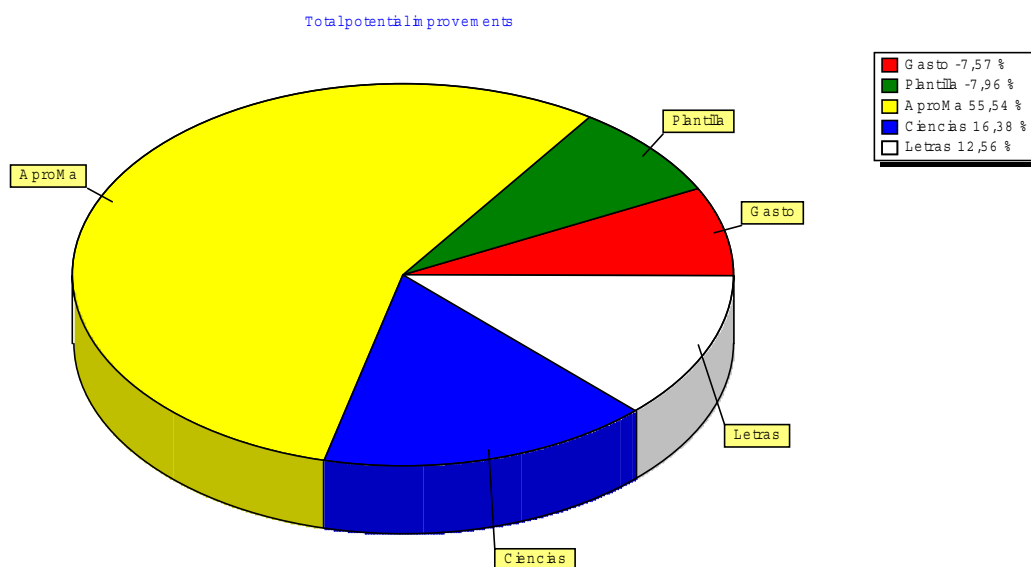


### 2.3. Análisis Colectivo:

El análisis colectivo de los institutos incluidos en el análisis comienza con una representación gráfica que muestra las mejoras potenciales para cada input y output considerando todos los institutos de manera global.

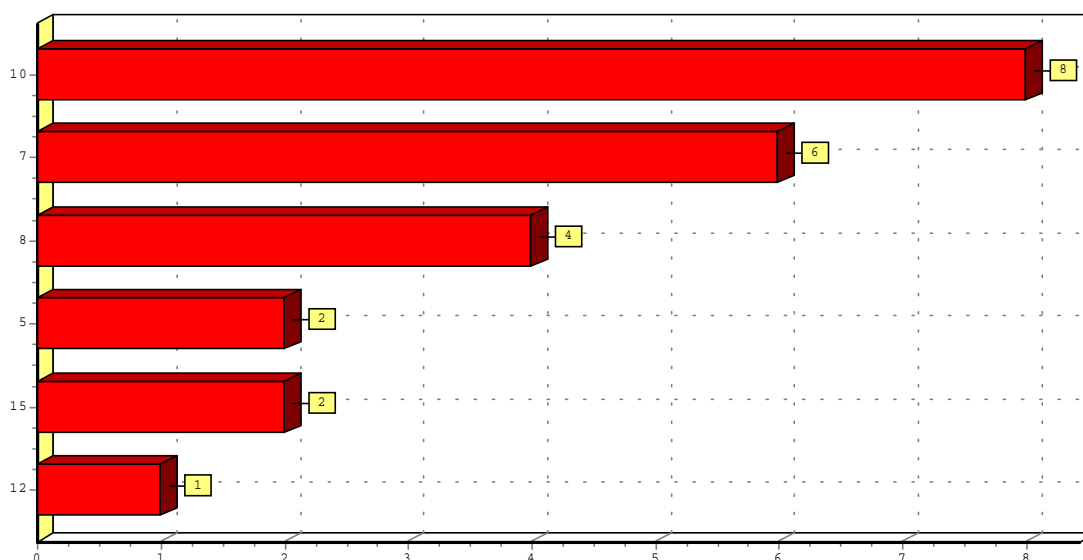
A pesar del riesgo que conlleva todo proceso de reducción de información, el gráfico se muestra útil a la hora de saber qué variables merecen un tratamiento más detallado. En nuestro caso, la variable de AproMa se revela como la principal tarea pendiente a resolver. En general, puede establecerse la siguiente línea de actuación:

**En general el comportamiento de los institutos de Murcia es satisfactorio. La mejora de la eficiencia pasa, principalmente, por el incremento del número de aprobados respecto al total de matriculados.**



Otro aspecto interesante dentro del análisis colectivo, consiste en estudiar el número de veces que una determinada unidad eficiente ha formado parte del conjunto de referencia de las unidades ineficientes.

En nuestro caso, de los 17 institutos analizados existen un claros líder global. Se trata Del instituto 10, que aparece en el conjunto de referencia de 8 institutos.



Un último aspecto de interés es el estudio del alcance de la eficiencia de los institutos con relación a los inputs y outputs. Es decir, vamos a estudiar la relación entre la cantidad que un instituto emplea o produce de un determinado input o output, y el nivel de eficiencia alcanzado.

En nuestro análisis, destaca por encima de los demás el output ciencias, con una correlación de 0,87:

El resto de variables tienen las siguientes correlaciones:

- Gasto: -0,60
- Plantilla: -0,45
- AproMa: +0,46
- Letras: +0,32

## 2.4. Análisis de Resultados.

Conviene comparar los resultados obtenidos de la especificación planteada mediante otros análisis alternativos que empleen diferentes unidades de producción, diferentes inputs y/o outputs e incluso diferentes modelos. Este planteamiento recibe en la literatura el nombre de Análisis de Sensibilidad.

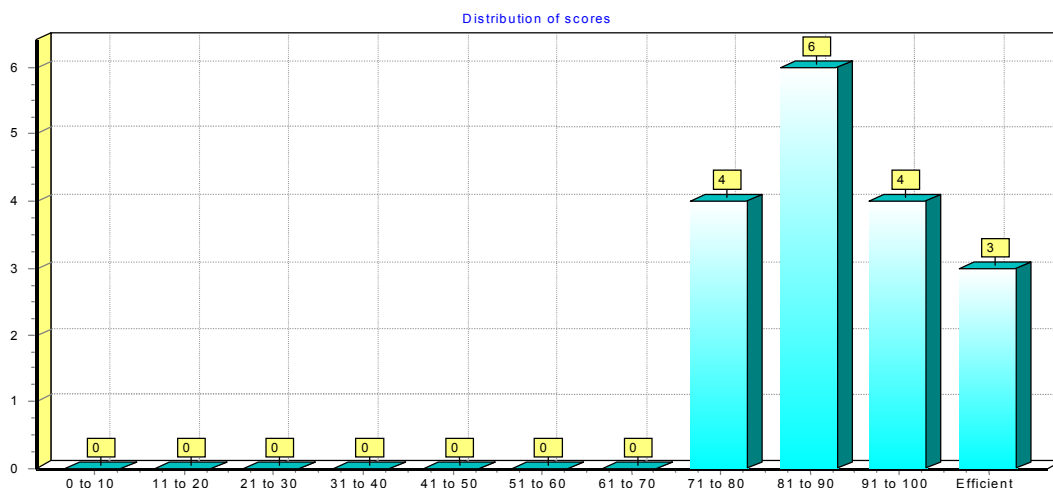
2.4.1. Modelo Revisado I: el Modelo CCR-Output.

Sobre el modelo inicial planteamos ahora una versión alternativa: Modelo CCR de orientación output. La única modificación consiste, por tanto, en suponer beneficios constantes a escala.

**Tabla 2.3: Coeficientes de Eficiencia. Modelo CCR-Output**

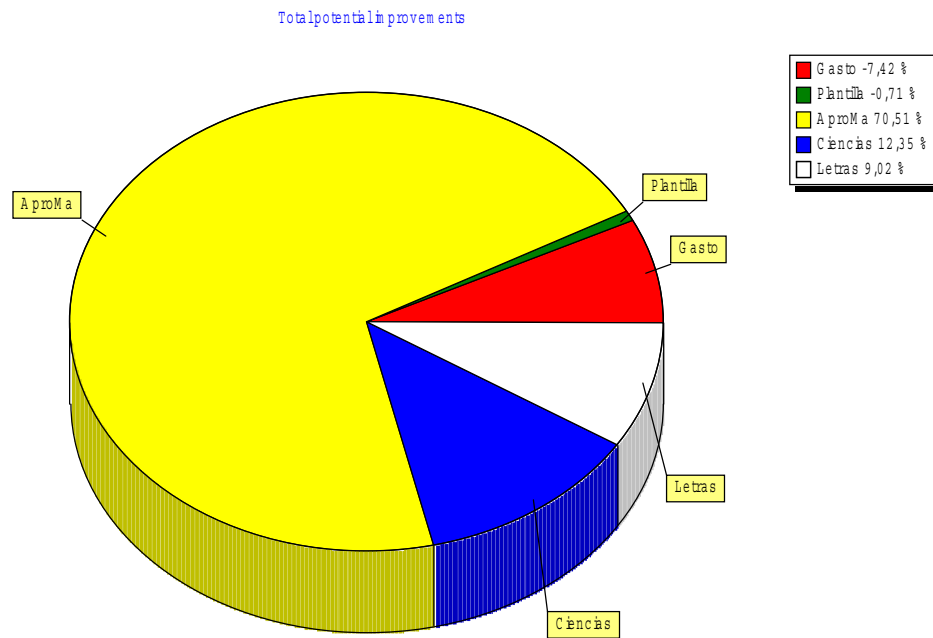
Eficientes		No Eficientes	
IES-5	100	IES-4	99,97
IES-7	100	IES-3	99,1
IES-10	100	IES-2	97,96
		IES-15	91,57
		IES-13	90,9
		IES-6	89,63
		IES-12	88,17
		IES-9	86,58
		IES-16	86,33
		IES-8	84,72
		IES-1	76,76
		IES-11	73,08
		IES-14	72,87
		IES-17	72,7

La situación ahora es muy distinta. Tan sólo tres institutos muestran un comportamiento eficiente. El resto, es decir, 14 centros, obtienen coeficientes por debajo del 100%:

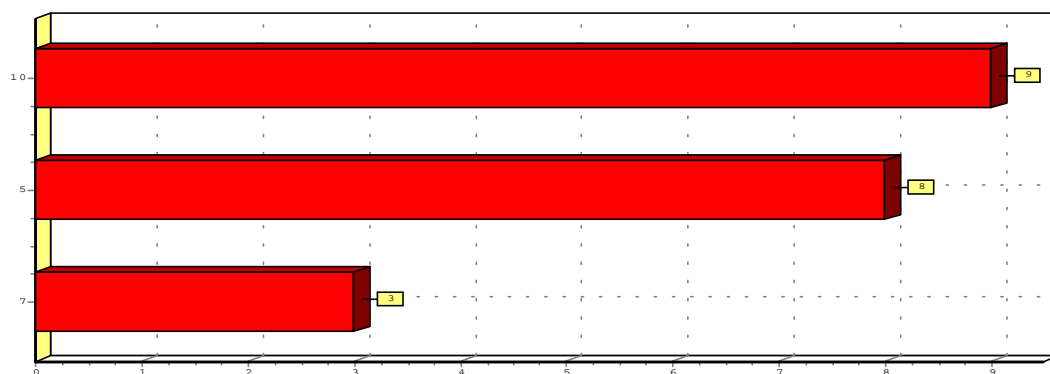




El análisis colectivo refuerza aún más la conclusión extraída en el modelo anterior:



En cuanto al liderazgo, el IES-10 comparte la posición con el IES-5:



### 3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boaz Golany, Gang Yu, "Estimating returns to scale in DEA" *European Journal of Operational Research* 103 28-37 (1997)
- Charnes, A., Cooper, W.W. y Rhodes, E., "Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through" *Management Science* Vol. 27, Nº 6, junio 1981
- Charnes, A., Cooper, W.W. y Rhodes, E., "Measuring the efficiency of decision making units" *European Journal of Operational Research* 2, 429-444, 1978.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A.Y., Seiford, L.M., "Data envelopment analysis: Theory, Methodology and Applications" Kluwer Academic Publishers 1994.
- Cooper, W.W. y Tone, K., "Measures of inefficiency in data envelopment analysis and stochastic frontier estimation" *European Journal of Operational Research* 99 72-88 (1997).
- Muñiz Pérez, M.A., "Inputs no discrecionales o variables medioambientales?. Su inclusión en el análisis DEA" VI Encuentro de Economía Pública febrero 1999.
- Pedraja Chaparro, F. y Salinas Pérez, J., "El análisis envolvente de datos y su aplicación al sector público: una nota introductoria".
- Pedraja Chaparro, F. y Salinas Pérez, J. y Smith, P., "La restricción de las ponderaciones en el análisis envolvente de datos: una fórmula para mejorar la evaluación de la eficiencia" *Investigaciones Económicas* Vol. XVIII (2), 365-380, Mayo 1994.
- Read, L. y Thanassoulis, E., "Testing for the nature of returns to scale in data envelopment analysis" *Warwick Business School Research Papers* Junio 1999.
- Read, L. y Thanassoulis, E., "A comparison of data envelopment analysis (DEA) and stochastic frontiers (SF) under variation of Fit" *Warwick Business School Research Papers* 1999.
- Sarrico, C.S. y Dyson, R. "The use of virtual weights restrictions in data envelopment analysis" *Warwick Business School Research Papers* Junio 1999.
- Seiford, L.M. "On alternative optimal solutions in the estimation of returns to scale in DEA" *European Journal of Operational Research* 108 149-152 (1998)
- Sengupta, J.K., "Recent models in data envelopment analysis: theory and applications" *Applied Stochastic Models and Data Analysis* Vol. 12, 1-26 1996

Thanassoulis, E. et al., "Decomposing pupil under attainment into pupil and school componets"

Aston Business S

hool Research Institute Junio 1999.

