

Capítulo 5

*Aplicación del Modelo DEA
Centralizado con Establecimiento de
Objetivos Parciales a Alcanzar
al caso de una entidad bancaria*

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de toda empresa es la búsqueda de la eficiencia, productividad y competitividad. El Análisis por Envoltura de Datos (DEA) es una técnica encaminada a la evaluación de unidades productivas, y una de las herramientas más utilizadas para medir su eficiencia, pudiendo comparar así dichas unidades.

Con el fin de verificar los modelos establecidos en el capítulo anterior, en este apartado se aplicarán los modelos DEA Centralizados con Establecimiento de Objetivos Parciales a Alcanzar al caso de 24 sucursales pertenecientes a una entidad bancaria. El caso ha sido extraído de un estudio publicado en una reconocida revista científica internacional donde se establece una evaluación de la eficiencia de dichas sucursales. Se ha aprovechado dicha información para generar las soluciones e interpretar los resultados obtenidos.

Por lo tanto, en un primer lugar se realizará un estudio en mayor detalle del problema desde el punto de vista de la eficiencia. Se justificará de forma razonada el escenario, la tecnología, y finalmente el tipo de orientación.

Posteriormente se desarrollará el modelo en sus tres variantes aplicadas al caso de una entidad bancaria con 24 sucursales. Estas sucursales constituirán a la postre las unidades productivas del problema, con sus diferentes entradas y salidas.

En el caso del tercer modelo, se explicará de forma detallada la metodología utilizada para el cálculo de los diferentes pesos de importancia.

Finalmente, y como validación del modelo, se procederá a su resolución y posterior análisis de los resultados obtenidos.

2. MODELADO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA EFICIENCIA

El problema que se presenta es el estudio de la eficiencia de cada sucursal de una entidad bancaria.

Como entradas en el problema disponemos de los datos “costes de empleados” y “otros costes de operaciones” para cada sucursal. Y como salidas, “cuentas corrientes”, “créditos” e “ingresos por intereses”.

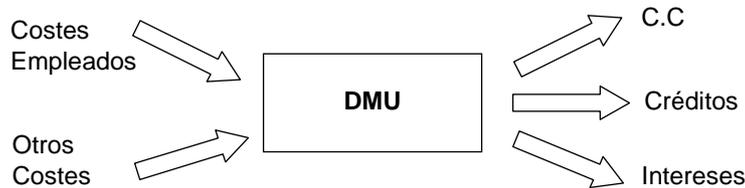


Figura 5.2.1. Esquema particularizado de una DMU para el estudio de una sucursal

La eficiencia de una unidad productiva viene determinada por la siguiente expresión:

$$Eficiencia_j = \frac{Productividad_j}{Productividad_o} = \frac{Salida\ virtual_j / Entrada\ virtual_j}{Salida\ virtual_o / Entrada\ virtual_o}$$

Por lo que para aumentar su valor tendremos dos opciones:

- Aumentar las salidas.
- Disminuir las entradas.

Hasta ahora se ha descrito el problema y cada uno de los datos que se van a emplear para su resolución. Pero también resulta imprescindible seleccionar el modelo más adecuado para resolver el problema.

En primer lugar partiremos de la hipótesis de que la entidad superior decide el nivel de las entradas, esto es, *costes de trabajadores y costes de otras operaciones*, asignadas a cada una de las unidades productivas. Esto hace que el problema sea CENTRALIZADO.

Por otra parte, se observa que el problema presenta RETORNOS DE ESCALA VARIABLE. Esto es así, porque se obtienen resultados más

realistas si comparamos unidades productivas que sean de tamaños similares.

Finalmente al no existir una orientación definida del problema, ya que se van a intentar tanto maximizar salidas como minimizar entradas, se ha optado por un modelo ADITIVO para la primera fase, y un modelo NO RADIAL para la segunda.

Por todo esto, el modelo que más se ajusta a la situación en la que nos encontramos es el modelo DEA Centralizado con Establecimiento de Objetivos Parciales a Alcanzar.

3. MODELADO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE DEA.

A continuación se desarrollan los tres modelos introducidos en el capítulo 4, aplicados al caso de una entidad bancaria con 24 sucursales

3.1. Modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Alcanzables.

A continuación mostramos las dos fases correspondientes a este modelo.

3.1.1. Fase I: Optimización de variables con “targets” establecidos.

En esta primera fase sólo se estudiarán las variables con “targets” y partirá de los siguientes valores iniciales mostrados a continuación.

SUCURSAL	ENTRADAS		SALIDAS		
	costes trabajadores	otros costes de operaciones	cuentas corrientes	créditos	ingresos por intereses
1	16,819	24,471	4892,629	10238,76	52,234
2	11,243	23,558	4777,107	8756,227	52,449
3	18,441	35,090	6450,385	12479,115	64,644
4	10,106	23,104	5223,611	12572,231	61,332
5	15,129	32,781	7666,449	10221,426	67,682
6	12,979	23,658	4991,984	10194,377	48,583
7	11,717	29,314	4070,63	6418,995	40,328
8	18,306	31,359	7561,477	21922,138	101,725
9	16,505	31,574	6322,393	17323,595	81,404
10	12,211	24,411	3663,067	10103,516	49,062
11	11,981	17,857	3899,831	10658,024	51,052
12	12,689	25,489	4797,797	10281,063	48,822
13	16,166	26,062	3946,813	7358,401	46,214
14	12,041	19,688	5524,905	7393,716	48,912
15	10,021	16,780	3394,509	8269,236	39,565
16	12,739	18,505	5635,758	6667,397	63,048
17	12,505	17,508	4745,698	9603,156	48,199
18	15,178	21,418	5758,861	6007,936	64,21
19	14,146	22,291	4391,541	8259,17	50,503
20	12,959	20,117	5372,053	7323,49	64,076
21	9,073	19,259	2888,434	8694,691	39,974
22	9,747	13,004	2107,062	5012,42	24,202
23	10,639	22,566	3344,774	10293,887	43,311
24	13,338	24,820	4354,301	10889,84	57,033

Tabla 5.3.1. Tabla valores iniciales para el modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Alcanzables.

SUCURSAL	ENTRADAS TARGETS		SALIDAS TARGETS		
	costes trabajadores	otros costes de operaciones	cuentas corrientes	créditos	ingresos por intereses
1	16	24	0	10500	53
2	0	23	5000	0	53
3	18	0	7000	13000	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	23	5000	0	49
7	11	0	4500	7000	0
8	0	0	0	0	0
9	16	0	0	17500	82
10	0	24	4000	0	50
11	0	0	0	0	0
12	0	25	5000	0	49
13	16	0	0	7500	47
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	21	6000	0	65
19	14	0	4500	8300	0
20	0	20	5500	0	65
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	10	0	3500	11000	0
24	0	24	4500	0	58

Tabla 5.3.2. Tabla de valores "targets" para el modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Alcanzables.

El modelo matemático para esta primera fase es el siguiente:

$$\text{Max} \sum_r \sum_{i \in I(r)} \frac{h_{ir}^-}{x_{ir}^{\text{target}}} + \sum_r \sum_{k \in O(r)} \frac{h_{kr}^+}{y_{kr}^{\text{target}}}$$

sa :

$$\sum_j \lambda_{jr} x_{\text{costes trabajadores } j} \leq \hat{x}_{\text{costes trabajadores } r} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_{jr} x_{\text{otros costes } j} \leq \hat{x}_{\text{otros costes } r} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{\text{cuentas corrientes } j} \geq \hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{\text{créditos } j} \geq \hat{y}_{\text{créditos } r} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{\text{tipo de intereses } j} \geq \hat{y}_{\text{tipo de intereses } r} \quad \forall r$$

$$\sum_r \hat{x}_{\text{costes trabajadores } r} \leq 316,678 \quad \forall r$$

$$\sum_r \hat{x}_{\text{otros costes } r} \leq 564,684 \quad \forall r$$

$$\hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r} = y_{\text{cuentas corrientes } r}^{\text{target}} + h_{\text{cuentas corrientes } r}^+ \quad \forall r \in O_{\text{cuentas corrientes}}(r)$$

$$\hat{y}_{\text{créditos } r} = y_{\text{créditos } r}^{\text{target}} + h_{\text{créditos } r}^+ \quad \forall r \in O_{\text{créditos}}(r)$$

$$\hat{y}_{\text{tipo de intereses } r} = y_{\text{tipo de intereses } r}^{\text{target}} + h_{\text{tipo de intereses } r}^+ \quad \forall r \in O_{\text{tipo de intereses}}(r)$$

$$\hat{x}_{\text{costes trabajadores } r} = x_{\text{costes trabajadores } r}^{\text{target}} - h_{\text{costes trabajadores } r}^- \quad \forall r \in I_{\text{costes trabajadores}}(r)$$

$$\hat{x}_{\text{otros costes } r} = x_{\text{otros costes } r}^{\text{target}} - h_{\text{otros costes } r}^- \quad \forall r \in I_{\text{otros costes}}(r)$$

$$\sum_j \lambda_{jr} = 1 \quad \forall r$$

$$h_{\text{cuentas corrientes } r}^+, h_{\text{créditos } r}^+, h_{\text{tipo de intereses } r}^+, h_{\text{costes trabajadores } r}^-, h_{\text{otros costes } r}^- \geq 0$$

$$\hat{x}_{\text{costes trabajadores } r}, \hat{x}_{\text{otros costes } r}, \hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r}, \hat{y}_{\text{créditos } r}, \hat{y}_{\text{tipo de intereses } r} \geq 0$$

donde:

- Icostes trabajadores(r) = {1, 3, 7, 9, 13, 19, 23}
- Iotros costes(r) = {1, 2, 6, 10, 12, 18, 20, 24}
- Ocuentas corrientes(r) = {2, 3, 6, 7, 10, 12, 19, 23}
- Ocréditos(r) = {1, 3, 7, 9, 13, 19, 23}
- Otipo de intereses(r) = {1, 2, 5, 9, 10, 12, 13, 18, 20, 24}

Esta primera fase proporciona unos resultados que serán los valores iniciales de la segunda, estos resultados se muestran a continuación:

SUCURSAL	ENTRADAS		SALIDAS		
	costes	otros costes	cuentas	créditos	ingresos por intereses
	trabajadores	de operaciones	corrientes		
1	14,85868294	24	4892,629	15782,8538	74,1066763
2	11,243	21,11802848	5401,58713	8756,227	62,0730148
3	18	35,09	7474,23468	21573,2268	64,644
4	10,106	23,104	5223,611	12572,231	61,332
5	15,129	32,781	7666,449	10221,426	67,682
6	12,979	21,39456302	5827,83434	10194,377	68,3408149
7	11	29,314	5478,49542	13591,5989	40,328
8	18,306	31,359	7561,477	21922,138	101,725
9	16	31,574	6322,393	19292,7617	90,3657002
10	12,211	24	5766,64255	10103,516	69,8024559
11	11,981	17,857	3899,831	10658,024	51,052
12	12,689	25	5927,14905	10281,063	72,962428
13	15,82462502	26,062	3946,813	17503,0881	81,8453614
14	12,041	19,688	5524,905	7393,716	48,912
15	10,021	16,78	3394,509	8269,236	39,565
16	12,739	18,505	5635,758	6667,397	63,048
17	12,505	17,508	4745,698	9603,156	48,199
18	15,178	21	6009,54584	6007,936	70,5553218
19	14	22,291	5647,34869	13641,9641	50,503
20	12,959	19,28580754	5724,60026	7323,49	65
21	9,073	19,259	2888,434	8694,691	39,974
22	9,747	13,004	2107,062	5012,42	24,202
23	10	22,566	4944,9025	12079,2135	43,311
24	13,338	21,98885002	5941,06196	10889,84	70,4707526

Tabla 5.3.3. Tabla de resultados de la primera fase para el modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Alcanzables.

Podemos observar que los valores sombreados en violeta no han variado respecto de los iniciales, con ello deducimos que estas variables eran eficientes desde un primer momento.

3.1.2. Fase II: Optimización de variables sin “targets” establecidos.

Se muestra a continuación el modelo matemático:

$$\text{Max} \sum_r \sum_{i \in I(r)} \alpha_{ir} + \sum_r \sum_{k \in O(r)} \beta_{kr}$$

sa :

$$\hat{x}_{\text{costes trabajadores } r} = (\hat{x}_{\text{costes trabajadores } r})(1 - \alpha_{\text{costes trabajadores } r}) \quad \forall r \notin I_{\text{costes trabajadores}}(r)$$

$$\hat{x}_{\text{otros costes } r} = (\hat{x}_{\text{otros costes } r})(1 - \alpha_{\text{otros costes } r}) \quad \forall r \notin I_{\text{otros costes}}(r)$$

$$\hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r} = (\hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r})(1 - \beta_{\text{cuentas corrientes } r}) \quad \forall r \notin O_{\text{cuentas corrientes}}(r)$$

$$\hat{y}_{\text{créditos } r} = (\hat{y}_{\text{créditos } r})(1 - \beta_{\text{créditos } r}) \quad \forall r \notin O_{\text{crédito}}(r)$$

$$\hat{y}_{\text{tipodeintereses } r} = (\hat{y}_{\text{tipodeintereses } r})(1 - \beta_{\text{tipodeintereses } r}) \quad \forall r \notin O_{\text{tipodeintereses}}(r)$$

$$\hat{x}_{\text{costestrabajadores } r} = (\hat{x}_{\text{costestrabajadores } r}) \quad \forall r \in I_{\text{costestrabajadores}}(r)$$

$$\hat{x}_{\text{otroscostes } r} = (\hat{x}_{\text{otroscostes } r}) \quad \forall r \in I_{\text{otroscostes}}(r)$$

$$\hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r} = (\hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r}) \quad \forall r \in O_{\text{cuentas corrientes}}(r)$$

$$\hat{y}_{\text{créditos } r} = (\hat{y}_{\text{créditos } r}) \quad \forall r \in O_{\text{crédito}}(r)$$

$$\hat{y}_{\text{tipodeintereses } r} = (\hat{y}_{\text{tipodeintereses } r}) \quad \forall r \in O_{\text{tipodeintereses}}(r)$$

$$\sum_j \lambda_{jr} x_{\text{costestrabajadores } j} \leq \hat{x}_{\text{costestrabajadores } r} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_{jr} x_{\text{otroscostes } j} \leq \hat{x}_{\text{otroscostes } r} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{\text{cuentas corrientes } j} \geq \hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{\text{créditos } j} \geq \hat{y}_{\text{créditos } r} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{\text{tipodeintereses } j} \geq \hat{y}_{\text{tipodeintereses } r} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_{jr} = 1 \quad \forall r$$

donde:

$$\begin{aligned} I_{\text{costes trabajadores}}(r) &= \{1, 2, 3, 7, 8, 9, 13, 19, 23\} \\ I_{\text{otros costes}}(r) &= \{1, 2, 6, 10, 11, 12, 18, 20, 24\} \\ O_{\text{cuentas corrientes}}(r) &= \{2, 3, 7, 9, 13, 19, 23\} \\ O_{\text{créditos}}(r) &= \{1, 3, 7, 9, 13, 19, 23\} \end{aligned}$$

Otipo de intereses(r) = {1, 2, 6, 9, 10, 12, 13, 18, 20, 24}

Los resultados obtenidos para esta segunda fase, siendo ya los definitivos para este modelo, son los siguientes:

SUCURSAL	ENTRADAS		SALIDAS		
	costes trabajadores	otros costes de operaciones	cuentas corrientes	créditos	ingresos por intereses
1	14,8586829	24	5565,76874	15782,8538	74,1066763
2	11,243	21,1180285	5401,58713	10022,3653	62,0730148
3	18	31,0509476	7474,23468	21573,2268	100,217651
4	10,106	23,104	5223,611	12572,231	61,332
5	15,129	32,781	7666,449	10221,426	67,682
6	12,979	21,394563	5827,83434	10194,377	68,3408149
7	11	24,0039963	5478,49542	13591,5989	65,7358222
8	18,306	31,359	7561,477	21922,138	101,725
9	16	29,0375329	6904,02346	19292,7617	90,3657002
10	12,211	24	5766,64255	13469,6741	69,8024559
11	11,981	17,857	3899,831	10658,024	51,052
12	12,689	25	5927,14905	14652,105	72,962428
13	15,824625	26,062	6124,96842	17503,0881	81,8453614
14	12,041	19,688	5524,905	7393,716	48,912
15	10,021	16,78	3394,509	8269,236	39,565
16	12,739	18,505	5635,758	6667,397	63,048
17	12,505	17,508	4745,698	9603,156	48,199
18	13,8195714	21	6009,54584	9628,38804	70,5553218
19	14	22,291	5647,34869	13641,9641	65,7725271
20	12,959	19,2858075	5724,60026	7605,45368	65
21	9,073	19,259	2888,434	8694,691	39,974
22	9,747	13,004	2107,062	5012,42	24,202
23	10	22,566	4944,9025	12079,2135	58,6625862
24	13,338	21,98885	5941,06196	10889,84	70,4707526

Tabla 5.3.4. Tabla de resultados de la segunda fase para el modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Alcanzables.

3.2. Modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables.

Mostramos las dos fases del modelo en cuestión.

3.2.1. Fase I: Optimización de variables con “targets” establecidos.

Este modelo consta igualmente de dos fases, la primera en la cuál sólo se estudiarán las variables con “targets”, existiendo en este caso la posibilidad de introducir valores inadmisibles para éstos. Partirá de los siguientes valores iniciales que se muestran a continuación.

SUCURSAL	ENTRADAS		SALIDAS		
	costes trabajadores	otros costes de operaciones	cuentas corrientes	créditos	ingresos por intereses
1	16,819	24,471	4892,629	10238,76	52,234
2	11,243	23,558	4777,107	8756,227	52,449
3	18,441	35,090	6450,385	12479,115	64,644
4	10,106	23,104	5223,611	12572,231	61,332
5	15,129	32,781	7666,449	10221,426	67,682
6	12,979	23,658	4991,984	10194,377	48,583
7	11,717	29,314	4070,63	6418,995	40,328
8	18,306	31,359	7561,477	21922,138	101,725
9	16,505	31,574	6322,393	17323,595	81,404
10	12,211	24,411	3663,067	10103,516	49,062
11	11,981	17,857	3899,831	10658,024	51,052
12	12,689	25,489	4797,797	10281,063	48,822
13	16,166	26,062	3946,813	7358,401	46,214
14	12,041	19,688	5524,905	7393,716	48,912
15	10,021	16,780	3394,509	8269,236	39,565
16	12,739	18,505	5635,758	6667,397	63,048
17	12,505	17,508	4745,698	9603,156	48,199
18	15,178	21,418	5758,861	6007,936	64,21
19	14,146	22,291	4391,541	8259,17	50,503
20	12,959	20,117	5372,053	7323,49	64,076
21	9,073	19,259	2888,434	8694,691	39,974
22	9,747	13,004	2107,062	5012,42	24,202
23	10,639	22,566	3344,774	10293,887	43,311
24	13,338	24,820	4354,301	10889,84	57,033

Tabla 5.3.5. Tabla de valores iniciales para el modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables.

SUCURSAL	ENTRADAS TARGETS		SALIDAS TARGETS		
	costes trabajadores	otros costes de operaciones	cuentas corrientes	créditos	ingresos por intereses
1	16	24	0	10500	53
2	9	23	5000	0	53
3	18	0	7000	13000	0
4	8	20	6000	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	23	5000	0	49
7	11	0	4500	7000	0
8	0	0	0	0	0
9	16	0	0	17500	82
10	0	24	4000	0	50
11	0	0	4000	0	0
12	0	25	5000	0	49
13	16	0	0	7500	47
14	0	0	0	0	47
15	0	14	0	9000	30
16	0	0	6000	0	54
17	0	15	6000	10000	40
18	0	21	6000	0	65
19	14	0	4500	8300	0
20	0	20	5500	0	65
21	6	0	0	0	0
22	5	0	0	0	0
23	10	0	3500	11000	0
24	0	24	4500	0	58

Tabla 5.3.6. Tabla de valores "targets" para el modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables.

El modelo matemático para esta primera fase se muestra a continuación:

$$\text{Min} \sum_r \sum_{i \in I(r)} \frac{h_{ir}^+}{x_{ir}^{\text{target}}} + \sum_r \sum_{k \in O(r)} \frac{h_{kr}^-}{y_{kr}^{\text{target}}}$$

sa :

$$\sum_j \lambda_{jr} x_{\text{costes trabajadores } j} \leq \hat{x}_{\text{costes trabajadores } r} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_{jr} x_{\text{otros costes } j} \leq \hat{x}_{\text{otros costes } r} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{\text{cuentas corrientes } j} \geq \hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{\text{créditos } j} \geq \hat{y}_{\text{créditos } r} \quad \forall r$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{\text{tipo de intereses } j} \geq \hat{y}_{\text{tipo de intereses } r} \quad \forall r$$

$$\sum_r \hat{x}_{\text{costes trabajadores } r} \leq 316,678 \quad \forall r$$

$$\sum_r \hat{x}_{\text{otros costes } r} \leq 564,684 \quad \forall r$$

$$\sum_r \hat{x}_{\text{otros costes } r} \leq 564,684 \quad \forall r$$

$$\hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r} = y_{\text{cuentas corrientes } r}^{\text{target}} + h_{\text{cuentas corrientes } r}^+ - h_{\text{cuentas corrientes } r}^- \quad \forall r \in O_{\text{cuentas corrientes}}(r)$$

$$\hat{y}_{\text{créditos } r} = y_{\text{créditos } r}^{\text{target}} + h_{\text{créditos } r}^+ - h_{\text{créditos } r}^- \quad \forall r \in O_{\text{créditos}}(r)$$

$$\hat{y}_{\text{tipo de intereses } r} = y_{\text{tipo de intereses } r}^{\text{target}} + h_{\text{tipo de intereses } r}^+ - h_{\text{tipo de intereses } r}^- \quad \forall r \in O_{\text{tipo de intereses}}(r)$$

$$\hat{x}_{\text{costes trabajadores } r} = x_{\text{costes trabajadores } r}^{\text{target}} - h_{\text{costes trabajadores } r}^- + h_{\text{costes trabajadores } r}^+ \quad \forall r \in I_{\text{costes trabajadores}}(r)$$

$$\hat{x}_{\text{otros costes } r} = x_{\text{otros costes } r}^{\text{target}} - h_{\text{otros costes } r}^- + h_{\text{otros costes } r}^+ \quad \forall r \in I_{\text{otros costes}}(r)$$

$$\sum_j \lambda_{jr} = 1 \quad \forall r$$

$$h_{\text{cuentas corrientes } r}^+, h_{\text{créditos } r}^+, h_{\text{tipo de intereses } r}^+, h_{\text{costes trabajadores } r}^-, h_{\text{otros costes } r}^- \geq 0$$

$$h_{\text{cuentas corrientes } r}^-, h_{\text{créditos } r}^-, h_{\text{tipo de intereses } r}^-, h_{\text{costes trabajadores } r}^+, h_{\text{otros costes } r}^+ \geq 0$$

$$\hat{x}_{\text{costes trabajadores } r}, \hat{x}_{\text{otros costes } r}, \hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r}, \hat{y}_{\text{créditos } r}, \hat{y}_{\text{tipo de intereses } r} \geq 0$$

donde:

$$\begin{aligned} \text{Icostes trabajadores}(r) &= \{1, 3, 7, 9, 13, 19, 23\} \\ \text{Iotros costes}(r) &= \{1, 2, 6, 10, 12, 18, 20, 24\} \\ \text{Ocuentas corrientes}(r) &= \{2, 3, 6, 7, 10, 12, 19, 23\} \\ \text{Ocréditos}(r) &= \{1, 3, 7, 9, 13, 19, 23\} \\ \text{Otipo de intereses}(r) &= \{1, 2, 5, 9, 10, 12, 13, 18, 20, 24\} \end{aligned}$$

La diferencia principal con la primera fase del modelo anterior es la aparición de dos nuevas holguras (h^+) y (h^-), gracias a las cuales, existe la posibilidad de introducir *targets* inadmisibles, ya que éstas, sumando o restando, según sea el caso de entradas o salidas, volverían a convertirlos en admisibles, como se explicó en el capítulo 4.

Esta primera fase proporciona los siguientes resultados, que serán los valores iniciales para la segunda fase.

SUCURSAL	ENTRADAS		SALIDAS		
	costes trabajadores	otros costes de operaciones	cuentas corrientes	créditos	ingresos por intereses
1	16	24	4892,629	10500	53
2	9,908482368	23	4777,107	8756,227	53
3	18	35,09	6703,763194	13000	64,644
4	10,106	23,104	5223,611	12572,231	61,332
5	15,129	32,781	7666,449	10221,426	67,682
6	12,979	23	5000	10194,377	49
7	11	29,314	4500	7000	40,328
8	18,306	31,359	7561,477	21922,138	101,725
9	16	31,574	6322,393	17500	82
10	12,211	24	4000	10103,516	50
11	11,981	17,857	3899,831	10658,024	51,052
12	12,689	25	5000	10281,063	49
13	16	26,062	3946,813	7500	47
14	12,041	19,688	5524,905	7393,716	48,912
15	10,021	16,78	3394,509	8269,236	39,565
16	12,739	18,505	5635,758	6667,397	63,048
17	12,505	17,508	4745,698	9603,156	48,199
18	15,178	21	5993,880219	6007,936	65
19	14	22,291	4489,673403	8300	50,503
20	12,959	20	5406,575193	7323,49	64,10797912
21	9,073	19,259	2888,434	8694,691	39,974
22	9,747	13,004	2107,062	5012,42	24,202
23	10	22,566	3500	10340,08625	43,311
24	13,338	24	4455,733337	10889,84	58

Tabla 5.3.7. Tabla de resultados de la primera fase del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables.

Los valores sombreados en amarillo corresponden a las variables que tenían “targets” inadmisibles, se observa que esta primera fase los ha vuelto a transformar en admisibles, aumentando el valor en el caso de las entradas, y disminuyéndolo en el caso de las salidas.

Los valores sombreados en azul corresponden, al igual que en el modelo anterior, a las variables que no han cambiado su valor, es decir, eran ya eficientes.

3.2.2. Fase II: Optimización de variables con y sin “targets” establecidos.

Para la segunda fase, tenemos el siguiente modelo:

$$Max \sum_r \sum_i \alpha_{ir} + \sum_r \sum_k \beta_{kr}$$

sa :

$$\hat{x}_{costes\ trabajadores\ r} = (\hat{x}_{costes\ trabajadores\ r})(1 - \alpha_{costes\ trabajadores\ r}) \quad \forall r \notin I_{costes\ trabajadores}(r)$$

$$\hat{x}_{otros\ costes\ r} = (\hat{x}_{otros\ costes\ r})(1 - \alpha_{otros\ costes\ r}) \quad \forall r \notin I_{otros\ costes}(r)$$

$$\hat{y}_{cuentas\ corrientes\ r} = (\hat{y}_{cuentas\ corrientes\ r})(1 - \beta_{cuentas\ corrientes\ r}) \quad \forall r \notin O_{cuentas\ corrientes}(r)$$

$$\hat{y}_{créditos\ r} = (\hat{y}_{créditos\ r})(1 - \beta_{créditos\ r}) \quad \forall r \notin O_{créditos}(r)$$

$$\hat{y}_{tipo\ de\ intereses\ r} = (\hat{y}_{tipo\ de\ intereses\ r})(1 - \beta_{tipo\ de\ intereses\ r}) \quad \forall r \notin O_{tipo\ de\ intereses}(r)$$

$$\hat{x}_{costes\ trabajadores\ r} = (\hat{x}_{costes\ trabajadores\ r}) \quad \forall r \in I_{costes\ trabajadores}(r)$$

$$\hat{x}_{otros\ costes\ r} = (\hat{x}_{otros\ costes\ r}) \quad \forall r \in I_{otros\ costes}(r)$$

$$\hat{y}_{cuentas\ corrientes\ r} = (\hat{y}_{cuentas\ corrientes\ r}) \quad \forall r \in O_{cuentas\ corrientes}(r)$$

$$\hat{y}_{créditos\ r} = (\hat{y}_{créditos\ r}) \quad \forall r \in O_{créditos}(r)$$

$$\hat{y}_{tipo\ de\ intereses\ r} = (\hat{y}_{tipo\ de\ intereses\ r}) \quad \forall r \in O_{tipos\ de\ intereses}(r)$$

$$\sum_j \lambda_{jr} x_{costes\ trabajadores\ j} \leq \hat{x}_{costes\ trabajadores\ r} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} x_{otros\ costes\ j} \leq \hat{x}_{otros\ costes\ r} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{cuentaxcorrientesj} \geq \hat{y}_{cuentaxcorrientes} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{créditosj} \geq \hat{y}_{créditos} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{tipodeinteresesj} \geq \hat{y}_{tipodeintereses} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} = 1$$

$$0 \leq \alpha_r \leq 1$$

$$\beta_{kr} \geq 0$$

donde:

Icostes trabajadores(r)	= {1, 3, 7, 9, 13, 19, 23}
Iotros costes(r)	= {1, 2, 6, 10, 12, 18, 20, 24}
Ocuentas corrientes(r)	= {2, 3, 6, 7, 10, 12, 19, 23}
Ocréditos(r)	= {1, 3, 7, 9, 13, 19, 23}
Otipo de intereses(r)	= {1, 2, 5, 9, 10, 12, 13, 18, 20, 24}

Para esta fase se obtienen los siguientes resultados:

SUCURSAL	ENTRADAS		SALIDAS		
	costes trabajadores	otros costes de operaciones	cuentas corrientes	créditos	ingresos por intereses
1	15,20949304	24	6119,575878	15076,16481	74,15246592
2	9,908482368	22,3688061	4777,107	11830,8152	57,24818433
3	18	31,05094756	7474,234683	21573,22684	68,23259645
4	10,106	23,104	5223,611	12572,231	61,332
5	15,129	32,781	7666,449	10221,426	67,682
6	12,979	23	5691,588016	13276,31279	67,47780635
7	11	24,00399634	5478,495415	13591,59891	55,93966916
8	18,306	31,359	7561,477	21922,138	101,725
9	16	29,03753293	6622,82714	19292,76171	90,36570024
10	12,211	24	5766,642548	11303,23096	69,80245594
11	11,981	17,857	3899,831	10658,024	51,052
12	12,689	25	5927,149054	10605,2412	72,96242797
13	15,82462502	26,062	4354,301	17503,08809	81,84536135
14	12,041	19,688	5524,905	7393,716	48,912
15	10,021	16,78	3394,509	8269,236	39,565
16	12,739	18,505	5635,758	6667,397	63,048
17	12,505	17,508	4745,698	9603,156	48,199
18	13,81957142	21	6009,545841	7687,548609	70,55532185
19	14	22,291	5647,348689	13641,96411	53,97758616
20	12,959	19,056311	5713,883497	7323,49	64,6437384
21	9,073	19,259	2888,434	8694,691	39,974
22	9,747	13,004	2107,062	5012,42	24,202
23	10	3500	4944,902498	12079,21354	50,36882451
24	13,338	4354,301	5947,936595	11070,71526	70,69928885

Tabla 5.3.8. Tabla de resultados de la primera fase del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables.

Al igual que para los resultados de la fase anterior, los valores sombreados en amarillo corresponden a las variables que tenían “targets” inadmisibles, y los sombreados en azul las variables que no han variado en todo el modelo, es decir, eran ya eficientes.

3.3. Modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables y Articulación de Preferencias.

A continuación desarrollamos en primer lugar la metodología utilizada para el cálculo de los pesos de importancia, y posteriormente las dos fases correspondientes.

3.3.1. Cálculo de Pesos para el problema

Para el cálculo de los pesos de importancia para cada variable del problema, se ha utilizado la metodología AHP de análisis de decisión multicriterio para la ayuda de toma de decisiones complejas.

En esta metodología se tiene en cuenta la intuición derivada de la experiencia profesional a la hora de tomas de decisión empresariales, por ello, se ha consultado con un experto para fijar la jerarquía y criterios a utilizar, de una forma global, para el cálculo de estos pesos.

Esta jerarquía sería la siguiente:

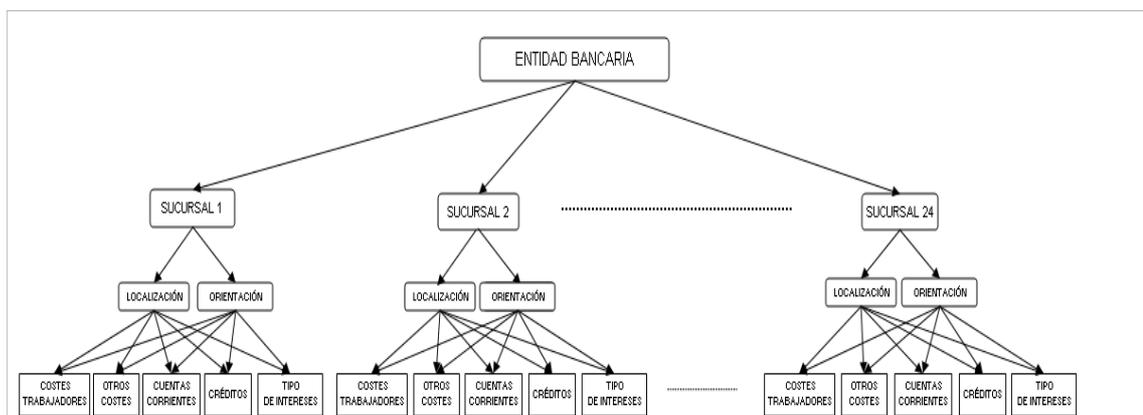


Figura 5.3.1. Jerarquía correspondiente al cálculo de pesos para el modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables y Articulación de Preferencias

En la cuál se observan dos subestructuras perfectamente diferencias:

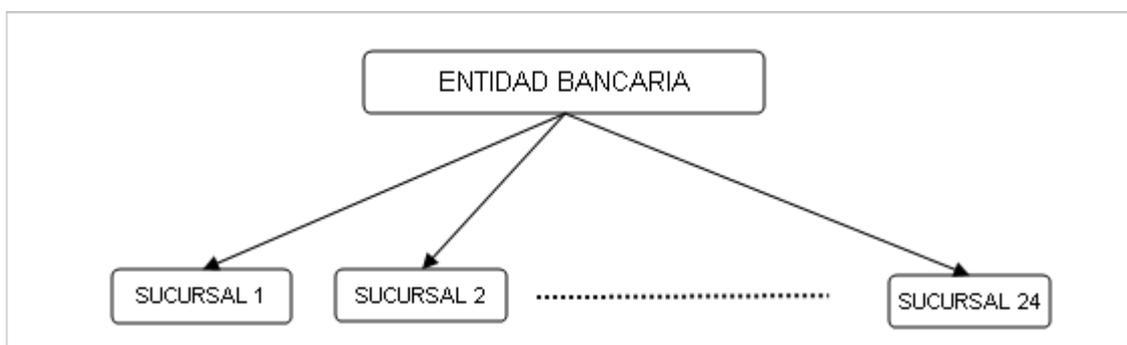


Figura 5.3.2. Subestructura primera de la Jerarquía correspondiente al cálculo de pesos para el modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables y Articulación de Preferencias

Las importancias relativas de cada sucursal respecto a su nivel superior en la jerarquía, es decir, la entidad bancaria, se toman en función de unos criterios específicos definidos por cada entidad.

Por no tener datos reales, tomamos valores aleatorios que se muestran a continuación:

SUCURSAL	VALOR PESO RELATIVO RESPECTO A LA ENTIDAD
1	0,039
2	0,024
3	0,04
4	0,02
5	0,019
6	0,018
7	0,046
8	0,06
9	0,08
10	0,01
11	0,056
12	0,029
13	0,018
14	0,086
15	0,014
16	0,096
17	0,016
18	0,03
19	0,026
20	0,041
21	0,042
22	0,033
23	0,04
24	0,117

Tabla 5.3.9. Tabla de valores relativos de importancia de las sucursales respecto a la entidad bancaria.

La otra subestructura claramente diferenciada sería la siguiente:

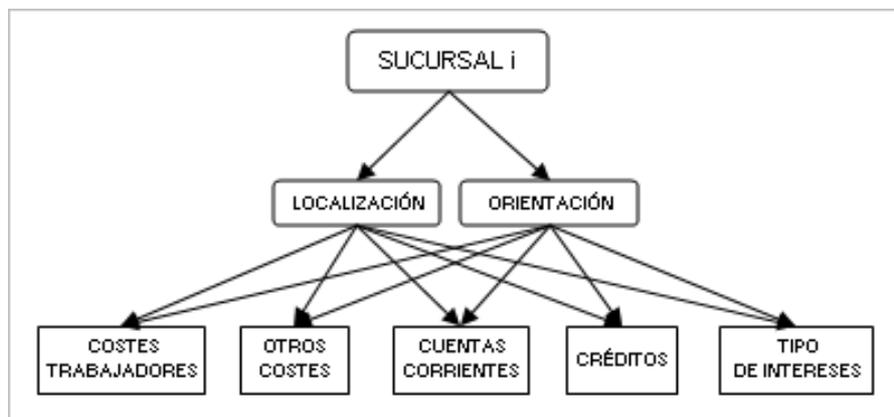


Figura 5.3.3. Subestructura segunda de la Jerarquía correspondiente al cálculo de pesos para el modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables y Articulación de Preferencias

Los criterios a contemplar son LOCALIZACIÓN y ORIENTACIÓN de cada sucursal, en función de estos criterios unas variables estarán priorizadas respecto a otras.

Los valores de estas priorizaciones de unas respecto de otras también han sido consultadas, obteniendo unos valores generales.

Por no tener datos reales de localizaciones y orientaciones de cada sucursal, los pesos de estos criterios respecto de cada sucursal se han tomado de nuevo de forma aleatoria en este trabajo.

Analizamos esta segunda subestructura para cada DMU en el *software* “Expert Choice”, haciendo diferencia entre las dos fases del modelo. Para la primera fase, se analizarán sólo las variables con “targets”, y en la segunda se analizarán todas, tanto con “targets” como sin ellos. Por lo tanto tendremos dos tablas de pesos diferentes, una para el caso de las variables sólo con “targets” y otra para todas las variables.

A continuación mostramos la tabla de pesos relativos de cada variable respecto de su sucursal, en el caso de variables con “targets”.

sucursal	variable	peso	sucursal	variable	peso
1	costes trabajadores	0,345	13	costes trabajadores	0,174
	otros costes	0,097		otros costes	0
	cuentas corrientes	0		cuentas corrientes	0,348
	créditos	0,238		créditos	0
	tipo de intereses	0,32		tipo de intereses	0,478
2	costes trabajadores	0,341	14	costes trabajadores	0
	otros costes	0,35		otros costes	0
	cuentas corrientes	0,178		cuentas corrientes	0
	créditos	0		créditos	0
	tipo de intereses	0,121		tipo de intereses	1
3	costes trabajadores	0,596	15	costes trabajadores	0
	otros costes	0		otros costes	0,606
	cuentas corrientes	0,272		cuentas corrientes	0
	créditos	0,313		créditos	0,193
	tipo de intereses	0		tipo de intereses	0,202
4	costes trabajadores	0,317	16	costes trabajadores	0
	otros costes	0,166		otros costes	0
	cuentas corrientes	0,517		cuentas corrientes	0,25
	créditos	0		créditos	0
	tipo de intereses	0		tipo de intereses	0,75
5	costes trabajadores	0	17	costes trabajadores	0
	otros costes	0		otros costes	0,476
	cuentas corrientes	0		cuentas corrientes	0,226
	créditos	0		créditos	0,186
	tipo de intereses	0		tipo de intereses	0,112
6	costes trabajadores	0	18	costes trabajadores	0
	otros costes	0		otros costes	0,501
	cuentas corrientes	0		cuentas corrientes	0,284
	créditos	0		créditos	0
	tipo de intereses	0		tipo de intereses	0,214
7	costes trabajadores	0,538	19	costes trabajadores	0,519
	otros costes	0		otros costes	0
	cuentas corrientes	0,271		cuentas corrientes	0,29
	créditos	0,191		créditos	0,191
	tipo de intereses	0		tipo de intereses	0
8	costes trabajadores	0	20	costes trabajadores	0
	otros costes	0		otros costes	0,422
	cuentas corrientes	0		cuentas corrientes	0,453
	créditos	0		créditos	0
	tipo de intereses	0		tipo de intereses	0,115
9	costes trabajadores	0,434	21	costes trabajadores	1
	otros costes	0		otros costes	0
	cuentas corrientes	0		cuentas corrientes	0
	créditos	0,437		créditos	0
	tipo de intereses	0,129		tipo de intereses	0
10	costes trabajadores	0	22	costes trabajadores	0
	otros costes	0,333		otros costes	1
	cuentas corrientes	0,333		cuentas corrientes	0
	créditos	0		créditos	0
	tipo de intereses	0,333		tipo de intereses	0
11	costes trabajadores	0	23	costes trabajadores	0,547
	otros costes	0		otros costes	0
	cuentas corrientes	1		cuentas corrientes	0,329
	créditos	0		créditos	0,124
	tipo de intereses	0		tipo de intereses	0
12	costes trabajadores	0	24	costes trabajadores	0
	otros costes	0,572		otros costes	0,311
	cuentas corrientes	0,223		cuentas corrientes	0,539
	créditos	0		créditos	0
	tipo de intereses	0,205		tipo de intereses	0,15

Tabla 5.3.10. Tabla de valores relativos de importancia de las variables respecto a su sucursal, para el caso de solo variables con “targets”.

A continuación mostramos la tabla de pesos relativos de cada variable respecto de su sucursal, para todas las variables.

sucursal	variable	peso	sucursal	variable	peso
1	costes trabajadores	0,353	13	costes trabajadores	0,281
	otros costes	0,185		otros costes	0,275
	cuentas corrientes	0,172		cuentas corrientes	0,185
	créditos	0,145		créditos	0,11
	tipo de intereses	0,135		tipo de intereses	0,149
2	costes trabajadores	0,247	14	costes trabajadores	0,283
	otros costes	0,247		otros costes	0,274
	cuentas corrientes	0,178		cuentas corrientes	0,183
	créditos	0,167		créditos	0,109
	tipo de intereses	0,161		tipo de intereses	0,15
3	costes trabajadores	0,335	15	costes trabajadores	0,286
	otros costes	0,25		otros costes	0,273
	cuentas corrientes	0,136		cuentas corrientes	0,181
	créditos	0,102		créditos	0,109
	tipo de intereses	0,177		tipo de intereses	0,181
4	costes trabajadores	0,308	16	costes trabajadores	0,296
	otros costes	0,262		otros costes	0,268
	cuentas corrientes	0,163		cuentas corrientes	0,172
	créditos	0,16		créditos	0,107
	tipo de intereses	0,105		tipo de intereses	0,157
5	costes trabajadores	0,321	17	costes trabajadores	0,168
	otros costes	0,257		otros costes	0,237
	cuentas corrientes	0,17		cuentas corrientes	0,213
	créditos	0,149		créditos	0,177
	tipo de intereses	0,104		tipo de intereses	0,206
6	costes trabajadores	0,327	18	costes trabajadores	0,184
	otros costes	0,254		otros costes	0,245
	cuentas corrientes	0,173		cuentas corrientes	0,161
	créditos	0,143		créditos	0,171
	tipo de intereses	0,103		tipo de intereses	0,239
7	costes trabajadores	0,331	19	costes trabajadores	0,151
	otros costes	0,252		otros costes	0,229
	cuentas corrientes	0,175		cuentas corrientes	0,265
	créditos	0,14		créditos	0,183
	tipo de intereses	0,102		tipo de intereses	0,172
8	costes trabajadores	0,333	20	costes trabajadores	0,146
	otros costes	0,251		otros costes	0,226
	cuentas corrientes	0,137		cuentas corrientes	0,283
	créditos	0,102		créditos	0,185
	tipo de intereses	0,176		tipo de intereses	0,161
9	costes trabajadores	0,335	21	costes trabajadores	0,191
	otros costes	0,25		otros costes	0,249
	cuentas corrientes	0,136		cuentas corrientes	0,138
	créditos	0,102		créditos	0,168
	tipo de intereses	0,177		tipo de intereses	0,254
10	costes trabajadores	0,337	22	costes trabajadores	0,146
	otros costes	0,249		otros costes	0,226
	cuentas corrientes	0,135		cuentas corrientes	0,283
	créditos	0,102		créditos	0,185
	tipo de intereses	0,178		tipo de intereses	0,161
11	costes trabajadores	0,279	23	costes trabajadores	0,193
	otros costes	0,276		otros costes	0,25
	cuentas corrientes	0,187		cuentas corrientes	0,132
	créditos	0,11		créditos	0,168
	tipo de intereses	0,148		tipo de intereses	0,258
12	costes trabajadores	0,28	24	costes trabajadores	0,363
	otros costes	0,276		otros costes	0,185
	cuentas corrientes	0,186		cuentas corrientes	0,172
	créditos	0,11		créditos	0,145
	tipo de intereses	0,148		tipo de intereses	0,135

Tabla 5.3.11. Tabla de valores relativos de importancia de las variables respecto a su sucursal, para el caso de todas las variables.

Con todo ello, y siguiendo la jerarquía planteada, los pesos globales de cada variable, para cada una de las fases son los siguientes:

SUCURSAL	PESOS DE IMPORTANCIA VARIABLES CON "TARGETS"				
	costes trabajadores	otros costes de operaciones	cuentas corrientes	créditos	ingresos por intereses
1	0,013455	0,003132	0	0	0,003616
2	0,003783	0	0,009282	0,03496	0,002976
3	0,008184	0	0,01248	0,01032	0,001792
4	0,0084	0	0,004272	0,003	0,00852
5	0,02384	0,000	0	0,000	0
6	0	0,008	0,002904	0,003	0,00642
7	0,00634	0	0,01088	0,056	0,00754
8	0,00332	0	0,01252	0	0,004966
9	0	0	0	0	0
10	0	0,007616	0,01034	0,006467	0,018573
11	0	0	0	0	0
12	0	0,01503	0	0,005945	0,004715
13	0,024748	0,013494	0	0,006264	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0,008604	0
16	0	0,017302	0	0	0
17	0,03472	0,042	0	0	0
18	0	0	0	0,086	0
19	0,000	0	0,012466	0,000	0,01316
20	0,003	0,033	0,008786	0,003	0,00496
21	0	0,02188	0	0,003	0
22	0	0	0	0,024	0,063063
23	0	0	0	0	0
24	0,016588	0,036387	0	0,072	0,01755

Tabla 5.3.12. Tabla de pesos globales de importancia para el caso de solo variables con "targets"

SUCURSAL	PESOS DE IMPORTANCIA VARIABLES CON Y SIN "TARGETS"				
	costes trabajadores	otros costes de operaciones	cuentas corrientes	créditos	ingresos por intereses
1	0,013767	0,005058	0,006708	0,01088	0,003408
2	0,007215	0,00495	0,005655	0,00816	0,002832
3	0,005928	0,024338	0,005265	0,01416	0,003296
4	0,005928	0,023564	0,004272	0,001	0,00483
5	0,0134	0,004	0,004008	0,001	0,00513
6	0,01	0,004	0,003864	0,002	0,00717
7	0,00616	0,028416	0,00544	0,010472	0,00689
8	0,00524	0,025728	0,00408	0,00616	0,004758
9	0,006099	0,002688	0,00708	0,008288	0,004472
10	0,004883	0,003792	0,00326	0,005394	0,011603
11	0,005886	0,00552	0,0032	0,00319	0,007585
12	0,004572	0,00735	0,0021	0,004292	0,006601
13	0,015226	0,003926	0,00323	0,00333	0,005796
14	0,011592	0,005954	0,002831	0,00198	0,007056
15	0,01998	0,005986	0,001976	0,002682	0,010668
16	0,01506	0,009266	0,003114	0,015738	0,009339
17	0,0268	0,008022	0,002574	0,009374	0,006105
18	0,02	0,010458	0,001854	0,0129	0,005313
19	0,003	0,004818	0,00805	0,003	0,00528
20	0,002	0,007458	0,00644	0,002	0,00672
21	0,015624	0,00772	0,004692	0,003	0,01032
22	0,015456	0,01	0,00822	0,016512	0,020124
23	0,00812	0,042471	0,00612	0,010272	0,016965
24	0,008004	0,021645	0,01056	0,015072	0,015795

Tabla 5.3.13. Tabla de pesos globales de importancia para el caso de todas las variables.

3.3.2. Fase I: Optimización de variables con “targets” establecidos.

En este modelo no se aprecia una modificación sustancial respecto del anterior. La única diferencia con éste es el valor de las restricciones en los pesos que se han añadido a los valores que se obtendrían en el último modelo descrito

En su primera fase, se introducen los valores de las restricciones de los pesos calculadas solo para las variables con *targets*.

$$\text{Min} \sum_r \sum_{i \in I(r)} u^*_{ij} \frac{h^+_{ir}}{x^{\text{target}}_{ir}} + \sum_r \sum_{k \in O(r)} v^*_{kj} \frac{h^-_{kr}}{y^{\text{target}}_{kr}}$$

sa :

$$\sum_j \lambda_{jr} \cdot x_{\text{costes trabajadores } j} \leq \hat{x}_{\text{costes trabajadores } r} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} \cdot x_{\text{otros costes } j} \leq \hat{x}_{\text{otros costes } r} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} \cdot y_{\text{cuentas corrientes } j} \geq \hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} \cdot y_{\text{créditos } j} \geq \hat{y}_{\text{créditos } r} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} \cdot y_{\text{tipo de intereses } j} \geq \hat{y}_{\text{tipo de intereses } r} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_r \hat{x}_{\text{costes trabajadores } r} \leq 316,678 \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_r \hat{x}_{\text{otros costes } r} \leq 564,684 \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r} = y^{\text{target}}_{\text{cuentas corrientes } r} + h^+_{\text{cuentas corrientes } r} - h^-_{\text{cuentas corrientes } r} \quad \forall r \in O_{\text{cuentas corrientes}}(r)$$

$$\hat{y}_{\text{créditos } r} = y^{\text{target}}_{\text{créditos } r} + h^+_{\text{créditos } r} - h^-_{\text{créditos } r} \quad \forall r \in O_{\text{créditos}}(r)$$

$$\hat{y}_{\text{tipo de intereses } r} = y^{\text{target}}_{\text{tipo de intereses } r} + h^+_{\text{tipo de intereses } r} - h^-_{\text{tipo de intereses } r} \quad \forall r \in O_{\text{tipo de intereses}}(r)$$

$$\hat{x}_{\text{costes trabajadores } r} = x^{\text{target}}_{\text{costes trabajadores } r} - h^-_{\text{costes trabajadores } r} + h^+_{\text{costes trabajadores } r} \quad \forall r \in I_{\text{costes trabajadores}}(r)$$

$$\hat{x}_{\text{otros costes } r} = x^{\text{target}}_{\text{otros costes } r} - h^-_{\text{otros costes } r} + h^+_{\text{otros costes } r} \quad \forall r \in I_{\text{otros costes}}(r)$$

$$\sum_j \lambda_{jr} = 1 \quad \forall r$$

$$h^+_{\text{cuentas corrientes } r}, h^+_{\text{créditos } r}, h^+_{\text{tipo de intereses } r}, h^-_{\text{costes trabajadores } r}, h^-_{\text{otros costes } r} \geq 0$$

$$h^-_{\text{cuentas corrientes } r}, h^-_{\text{créditos } r}, h^-_{\text{tipo de intereses } r}, h^+_{\text{costes trabajadores } r}, h^+_{\text{otros costes } r} \geq 0$$

$$\hat{x}_{\text{costes trabajadores } r}, \hat{x}_{\text{otros costes } r}, \hat{y}_{\text{cuentas corrientes } r}, \hat{y}_{\text{créditos } r}, \hat{y}_{\text{tipo de intereses } r} \geq 0$$

$$\sum_j \lambda_{jr} = 1$$

donde:

$$\begin{aligned}
 \text{Icostes trabajadores}(r) &= \{1, 3, 7, 9, 13, 19, 23\} \\
 \text{Iotros costes}(r) &= \{1, 2, 6, 10, 12, 18, 20, 24\} \\
 \text{Ocuentas corrientes}(r) &= \{2, 3, 6, 7, 10, 12, 19, 23\} \\
 \text{Ocréditos}(r) &= \{1, 3, 7, 9, 13, 19, 23\} \\
 \text{Otipo de intereses}(r) &= \{1, 2, 5, 9, 10, 12, 13, 18, 20, 24\}
 \end{aligned}$$

En esta primera fase se obtienen los valores eficientes de las entradas y salidas con *targets*, sujetas a las restricciones en los pesos de importancia impuestas para cada variable, que se muestran a continuación.

SUCURSAL	ENTRADAS		SALIDAS		
	costes trabajadores	otros costes de operaciones	cuentas corrientes	créditos	ingresos por intereses
1	16	24	4892,629	10500	53
2	9,908482368	23	4777,107	8756,227	53
3	18	35,09	6703,763194	13000	64,644
4	10,106	23,104	5223,611	12572,231	61,332
5	15,129	32,781	7666,449	10221,426	67,682
6	12,979	23	5000	10194,377	49
7	11	29,314	4500	7000	40,328
8	18,306	31,359	7561,477	21922,138	101,725
9	16,505	31,574	6322,393	17500	82
10	12,211	24	3915,093938	10103,516	50
11	11,981	17,857	3899,831	10658,024	51,052
12	12,689	25	4893,500097	10281,063	49
13	16	26,062	3946,813	7500	47
14	12,041	19,688	5524,905	7393,716	48,912
15	10,021	16,78	3394,509	8269,236	39,565
16	12,739	18,505	5635,758	6667,397	63,048
17	12,505	17,508	4745,698	9603,156	48,199
18	15,178	21,418	5758,861	6007,936	64,21
19	14,146	22,291	4489,673403	8300	50,503
20	12,959	20	5406,999832	7323,49	64,12319144
21	9,073	19,259	2888,434	8694,691	39,974
22	9,747	13,004	2107,062	5012,42	24,202
23	10,639	22,566	3500	11000	43,311
24	13,338	24	4455,733337	10889,84	58

Tabla 5.3.14. Tabla de resultados para la primera fase del Modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables y Articulación de Preferencias.

Los valores sombreados en amarillo corresponden a las variables que tenían “targets” inadmisibles. Se observa que esta primera fase los ha vuelto a transformar en admisibles, aumentando el valor en el caso de las entradas, y disminuyéndolo en el caso de las salidas, tal y como sucedía en

el modelo anterior. Y los azules, al igual que en el caso anterior, muestran las variables que no han variado su valor respecto al inicial.

3.3.3. Fase II: Optimización de variables con y sin “targets” establecidos.

$$Max \sum_r \sum_{i \in I(r)} u_{ij} \alpha_{ir} + \sum_r \sum_{k \in O(r)} v_{kj} \beta_{kr}$$

sa:

$$\hat{x}_{costestrabajadoresr} = (\hat{x}_{costestrabajadoresr})(1 - \alpha_{costestrabajadoresr}) \quad \forall r \notin I_{costestrabajadores}(r)$$

$$\hat{x}_{otroscostesr} = (\hat{x}_{otroscostesr})(1 - \alpha_{otroscostesr}) \quad \forall r \notin I_{otroscostes}(r)$$

$$\hat{y}_{cuentascorrientesr} = (\hat{y}_{cuentascorrientesr})(1 - \beta_{cuentascorrientesr}) \quad \forall r \notin O_{cuentascorrientes}(r)$$

$$\hat{y}_{créditosr} = (\hat{y}_{créditosr})(1 - \beta_{créditosr}) \quad \forall r \notin O_{crédito}(r)$$

$$\hat{y}_{tipodeinteresesr} = (\hat{y}_{tipodeinteresesr})(1 - \beta_{tipodeinteresesr}) \quad \forall r \notin O_{tipodeintereses}(r)$$

$$\hat{x}_{costestrabajadoresr} = (\hat{x}_{costestrabajadoresr}) \quad \forall r \in I_{costestrabajadores}(r)$$

$$\hat{x}_{otroscostesr} = (\hat{x}_{otroscostesr}) \quad \forall r \in I_{otroscostes}(r)$$

$$\hat{y}_{cuentascorrientesr} = (\hat{y}_{cuentascorrientesr}) \quad \forall r \in O_{cuentascorrientes}(r)$$

$$\hat{y}_{créditosr} = (\hat{y}_{créditosr}) \quad \forall r \in O_{crédito}(r)$$

$$\hat{y}_{tipodeinteresesr} = (\hat{y}_{tipodeinteresesr}) \quad \forall r \in O_{tiposdeinterese}(r)$$

$$\sum_j \lambda_{jr} x_{costestrabajadoresj} \leq \hat{x}_{costestrabajadoresr} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} x_{otroscostesj} \leq \hat{x}_{otroscostesr} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{cuentascorrientesj} \geq \hat{y}_{cuentascorrientesr} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{créditosj} \geq \hat{y}_{créditosr} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} y_{tipodeinteresesj} \geq \hat{y}_{tipodeinteresesr} \quad r = 1, \dots, 24$$

$$\sum_j \lambda_{jr} = 1$$

$$0 \leq \alpha_{ir} \leq 1$$

$$\beta_{kr} \geq 0$$

donde:

$$\begin{aligned} \text{Icostes trabajadores}(r) &= \{1, 3, 7, 9, 13, 19, 23\} \\ \text{Iotros costes}(r) &= \{1, 2, 6, 10, 12, 18, 20, 24\} \\ \text{Ocuentas corrientes}(r) &= \{2, 3, 6, 7, 10, 12, 19, 23\} \\ \text{Ocréditos}(r) &= \{1, 3, 7, 9, 13, 19, 23\} \end{aligned}$$

En esta segunda fase del modelo, se analizan todas las entradas y salidas sujetas a las restricciones de los pesos mencionadas, habiendo sido calculadas en este caso para todas y cada una de las entradas y salidas, con targets o sin ellos. Se obtienen los siguientes resultados.

SUCURSAL	ENTRADAS		SALIDAS		
	costes trabajadores	otros costes de operaciones	cuentas corrientes	créditos	ingresos por intereses
1	10,99603028	24	4892,629	13587,07251	65,71626747
2	9,908482368	22,3688061	4777,107	8756,227	57,24818433
3	18	31,05094756	7474,234683	21573,22684	64,644
4	10,106	23,104	5223,611	12572,231	61,332
5	15,129	32,781	7666,449	10221,426	67,682
6	12,979	23	5902,803136	10194,377	70,83303349
7	11	24,00399634	5478,495415	13591,59891	40,328
8	18,306	31,359	7561,477	21922,138	101,725
9	16,505	29,54592012	6322,393	19868,57916	92,85331793
10	12,211	24	5766,642548	10103,516	69,80245594
11	11,981	17,857	3899,831	10658,024	51,052
12	12,689	21,4423112	5761,016307	10281,063	67,43960878
13	13,04429194	26,062	3946,813	15922,56715	75,80595445
14	12,041	19,688	5524,905	7393,716	48,912
15	10,021	16,78	3394,509	8269,236	39,565
16	12,739	18,505	5635,758	6667,397	63,048
17	12,505	17,508	4745,698	9603,156	48,199
18	13,09487456	19,32670138	5758,861	6007,936	65,5204556
19	14,146	22,291	6147,552636	11182,99275	50,503
20	12,959	19,056311	5713,883497	7323,49	64,6437384
21	9,073	19,259	2888,434	8694,691	39,974
22	9,747	13,004	2107,062	5012,42	24,202
23	10,3366401	22,566	5177,664396	12286,78383	43,311
24	13,338	21,98885002	5941,061963	10889,84	70,47075265

Tabla 5.3.15. Tabla de resultados para la segunda fase del Modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables y Articulación de Preferencias.

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

En este apartado damos la idea de la exhaustividad que se podría tener en los resultados obtenidos de los tres modelos.

4.1. Modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Alcanzables.

En este apartado vamos a hacer un análisis de los resultados obtenidos en las dos fases del modelo. Se han analizado por separado la evolución de las entradas y de las salidas del modelo.

4.1.1. Análisis de las entradas

En el caso de la entrada x_1 : *costes de trabajadores* se tiene,

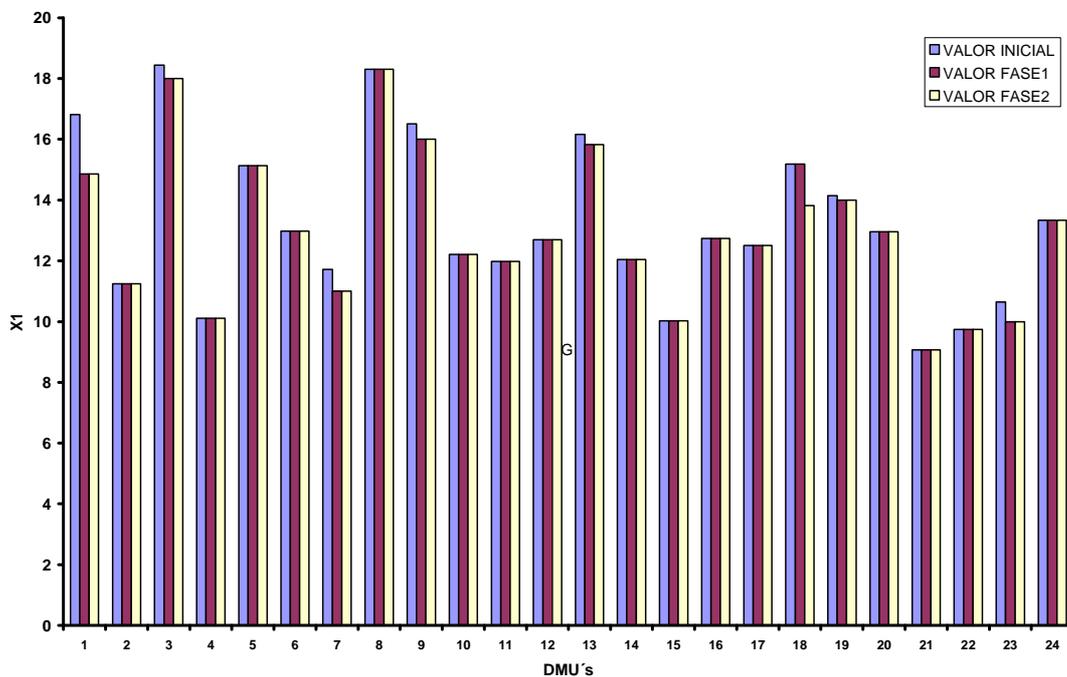


Figura 5.4.1. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la entrada x_1 para el modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Alcanzables.

En líneas generales se puede observar que el modelo ha funcionado bien, esto es, todas las entradas han sido reducidas, o bien han mantenido su valor inicial, pero en ningún caso lo han aumentado.

Las entradas de las que han sido mejorados sus valores, corresponden a las DMU's 1, 3, 7, 9, 13, 18, 19, y 23, con una reducción total de 5,961 unidades de la entrada x_1 (1,6% global) de la cuál, la mayor reducción se ha producido en la entrada correspondiente a la DMU1, con un 11,65% de reducción.

Se observa también, que se mantienen los valores constantes para las DMU's 2, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, y 24, hecho que se justifica porque las DMU's 4, 5, 8, 11, 14, 15, 16, 17, 21 y 22, eran ya eficientes, como se deduce de la tabla 6.2.2.

Las DMU's 2, 6, 10, 12, 20 y 24, estas son analizadas en la segunda fase, al no poseer *targets*. En esta fase no se han encontrado valores mejores, por lo que se deduce que sus valores iniciales eran ya los mejores posibles a alcanzar.

Se observa igualmente, en las diferentes columnas de los gráficos, que no se encuentran mejoras en la primera fase, siendo mejorados a su vez en la segunda. Esto es debido a que, como ya se ha explicado, las variables se estudian independientemente en una fase o en otra, dependiendo si tienen *targets* impuestos (primera fase) o no (segunda fase)

Fijándonos ahora en la entrada x_2 : *costes de otras operaciones*,

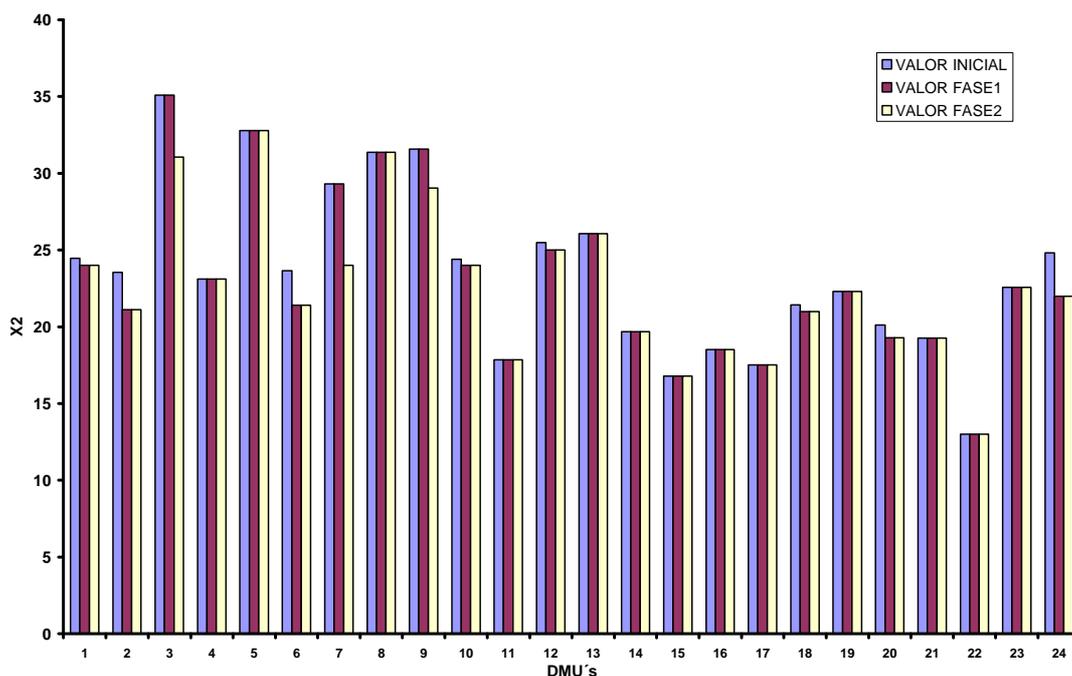


Figura 5.4.2. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la entrada x_2 para el modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Alcanzables.

Se deducen las mismas conclusiones que para el caso de la entrada x_1 , siendo en este caso las DMU's mejoradas las 1,2,3,6,7,9,10,12,18,20, y 24.

Para esta entrada, x_2 , se obtiene una reducción total de 22,041 unidades, lo que corresponde a un 5%, claramente superior que para la

variable x_1 , siendo en la DMU 7 la reducción mayor con un valor igual al 18,12 %. Esta variable, x_2 , corresponde a “otros costes de operaciones”, siendo x_1 la correspondiente a “coste de trabajadores”, con lo cuál, la mayor reducción de recursos se aplicará a los costes derivados de distintas operaciones, reduciendo solo alrededor de un 6% los costes derivados a los trabajadores.

4.1.2. Análisis de las salidas

A continuación se realizan las mismas consideraciones para el siguiente gráfico comparativo, en función de sus valores iniciales, y los correspondientes a la primera y segunda fase.

Respecto a la salida y_1 : *cuentas corrientes*, se obtiene:

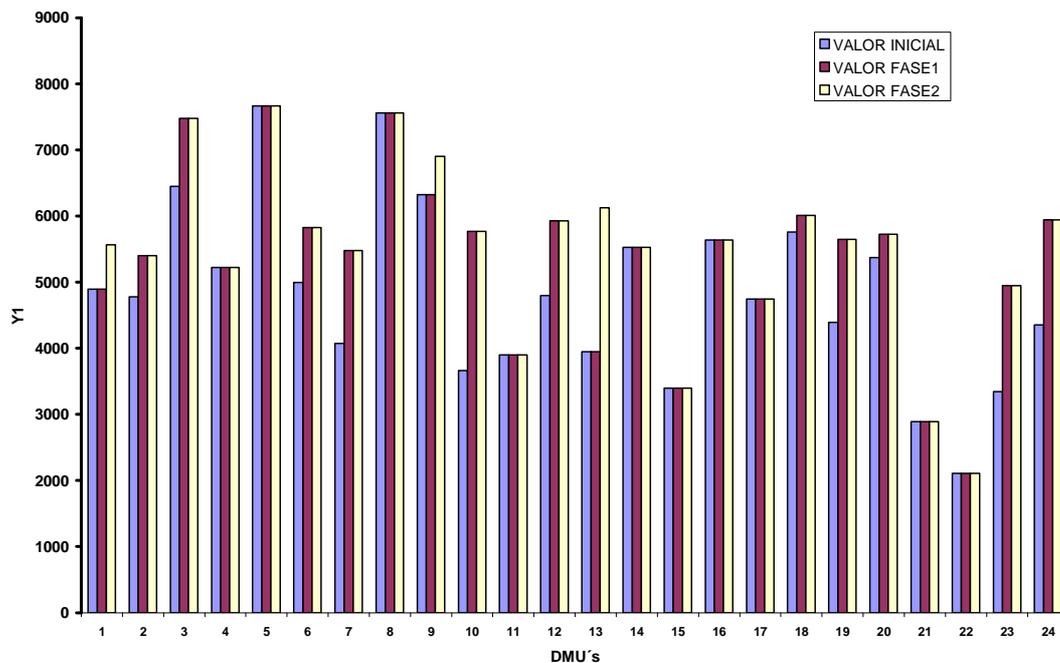


Figura 5.4.3. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la salida y_1 del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Alcanzables.

La salida y_1 ha sido aumentada considerablemente o bien, ha mantenido constante su valor por ser ya eficiente. Esto ha ocurrido para las DMU's número 4,5,8,11,14,15,16,17,21 y 22.

Para las unidades que no eran eficientes desde un primer momento, se ha encontrado un valor mejor a diferencia del caso de las entradas.

Respecto a las DMU's 1, 9 y 13, las cuales no tienen "targets" iniciales, han sido mejoradas considerablemente mediante la segunda fase, y las 23, 6, 7, 10, 12, 18, 19, 20, 23 y 24, han sido mejoradas durante la primera fase.

La mejora global respecto a los valores iniciales que tenía la salida y_1 es de un 13,57%, siendo la DMU's 13 donde se ha producido el incremento mayor de esta variable (44,81%).

Para el caso de las salidas y_2 : *créditos*, e y_3 *tipo de intereses*, se obtienen los siguientes gráficos comparativos:

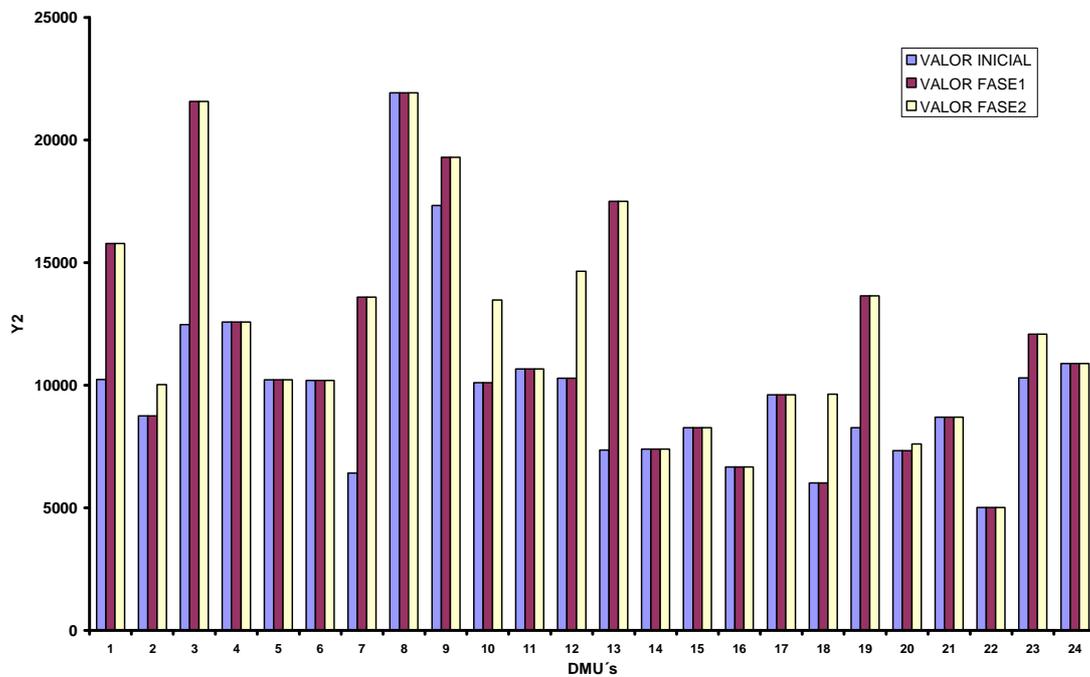


Figura 5.4.4. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la salida y_2 del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Alcanzables.

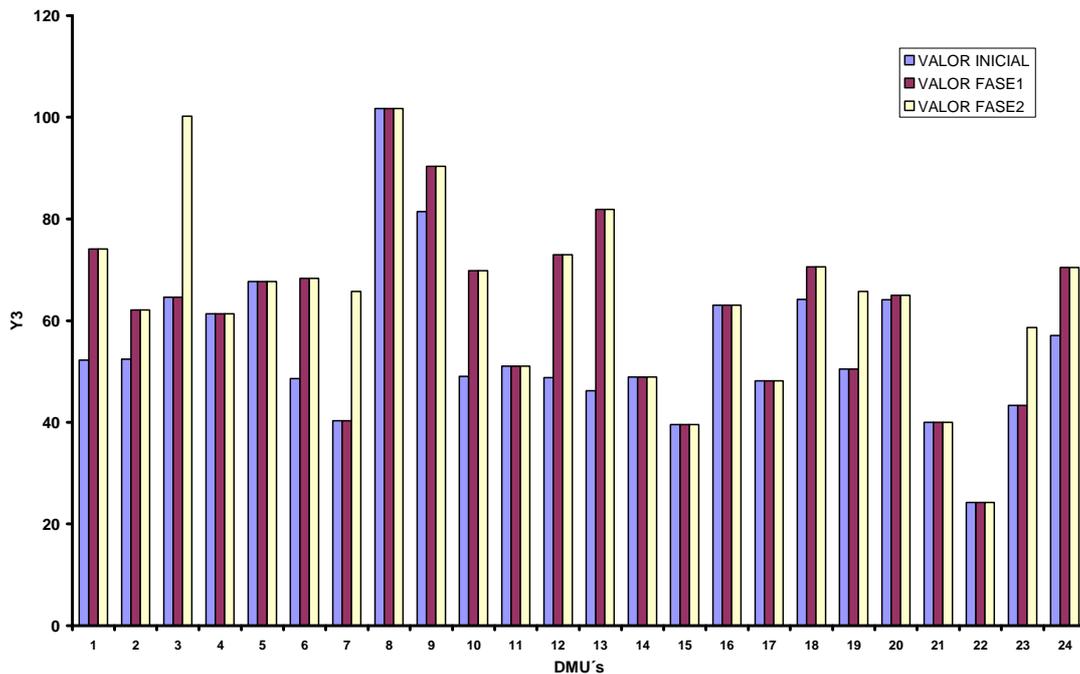


Figura 5.4.5. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la salida y_3 del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Alcanzables.

Se observa el incremento de mejora destacadamente mayor para estas dos últimas variables, y_2 e y_3 .

En el caso de y_2 con una mejora global del 22,78%, destacando especialmente las mejoras sobre las DMU's 3, 7 y 13, con unos valores igual al 72,87% para la número 3, y de un 111,7% y 137% para la 7 y 13 respectivamente. Cabe señalar que para estas dos últimas, el aumento ha sido mayor al doble de su propio valor.

Para el caso de y_3 , la mejora global es de un 19,83%, destacando las DMU's 3, 7 y 13, coincidiendo con el caso de la salida y_2 estudiada anteriormente, con unas mejoras de 55%, 63%, y 77% respectivamente.

Finalmente, cabe comentar que la salida con mayor porcentaje de mejora global corresponde a la y_2 , siendo estos los "créditos".

4.2. Modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables.

Se repite el análisis para el caso de objetivos tecnológicamente inalcanzables.

4.2.1. Análisis de las entradas

En el caso de la entrada x_1 : *costes de trabajadores*,

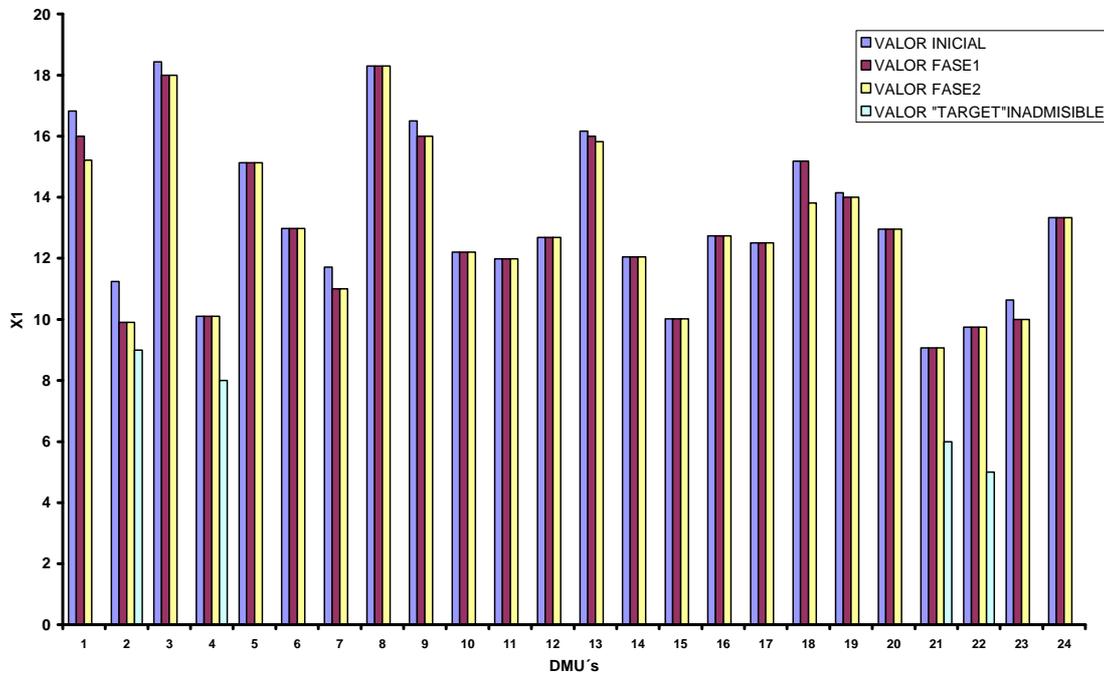


Figura 5.4.6. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la salida x_1 del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables.

A diferencia de los gráficos anteriores, aquí hemos introducido además los valores correspondientes a los “targets” inadmisibles que señalábamos en las tablas anteriores, en sus DMU’s correspondientes, esto es, las DMU’s 2, 4, 21 y 22. Así, es posible observar mejor como ha respondido el programa frente a esta nueva aplicación.

Para estas DMU’s comentadas, 2, 4, 21 y 22, observamos que la primera fase, encargada de analizar las variables con “targets”, ha aumentado el valor de la entrada x_1 hasta un valor eficiente. Este valor coincide con el valor inicial de esta variable, para el caso de las 4, 21 y 22, siendo lógico ya que estas variables eran ya eficientes desde un primer momento (se comprobó en el modelo anterior).

En el caso de la DMU 2, se observa que ha aumentado su valor al igual que para las DMU’s 4, 21 y 22, sin llegar sin embargo, a su valor inicial como ocurría con éstas, siendo esto lógico igualmente ya que la DMU 2 no era eficiente desde un primer momento como en el caso de las anteriores (como se vio en el modelo anterior).

Para el caso de las demás variables con “targets”, éstas son la 1, 3, 7, 9, 13, 19 y 23, la primera fase ha mejorado su valor para todas y cada una de ellas, volviendo a ser mejoradas aún más en la segunda fase la 1 y 13, esto es debido a que, como se explicó en el apartado 3.2 de este capítulo, la segunda fase.

Las restantes DMU’s, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 18 y 24, han sido analizadas solo en la segunda fase por no tener “targets”, sólo las unidades 6, 10, 12, 18, y 24.

En el caso de las 5, 8, 11, 14, 15, 16 y 17, han mantenido constantes sus valores, siendo esto debido a que, estas unidades eran eficientes desde el principio.

Se observa con todo esto, al igual que en el apartado anterior, el buen funcionamiento del programa en sus dos fases. Habiendo una reducción global de 7,096 unidades de la entrada x_1 , esto es un 2,24% del total.

La mayor reducción se ha conseguido en la DMU 1 con un porcentaje individual del 9,6%.

En el caso de la entrada x_2 : *otros costes de operaciones*,

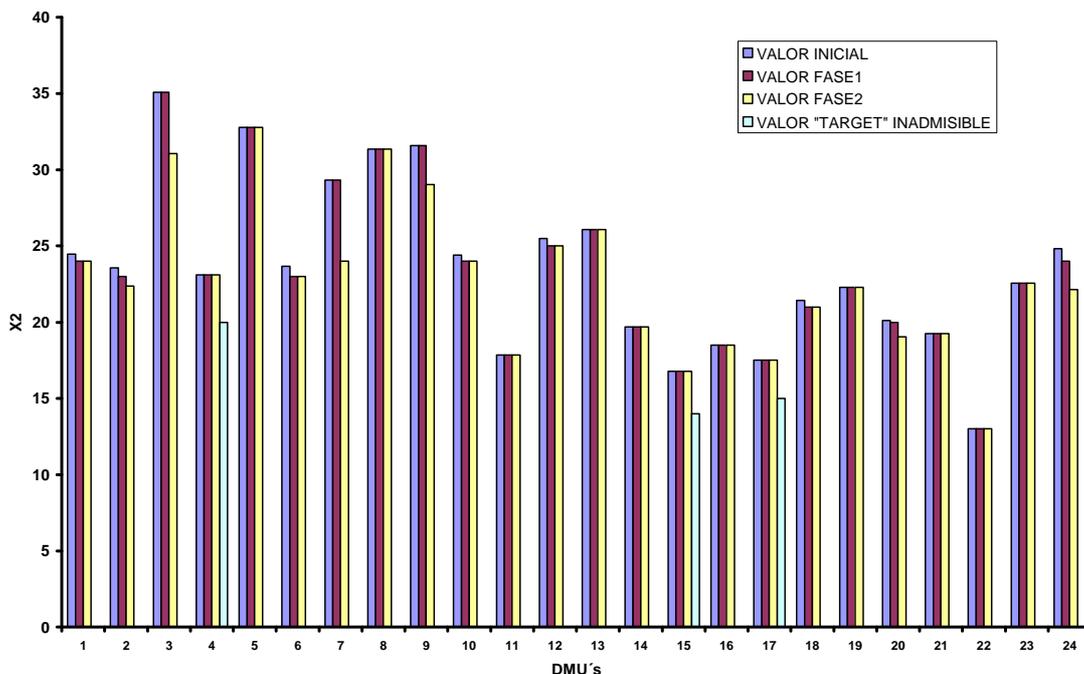


Figura 5.4.7. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la salida x_2 del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables.

En este caso, vemos que la primera fase ha respondido igualmente bien, y las variables que tenían “targets” inadmisibles ha mejorado su valor hasta volverlos admisibles, coincidiendo estos valores con los iniciales los cuales eran ya eficientes.

Para esta entrada x_2 las variables mejoradas han sido las correspondientes a las DMU’s 1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 12, 18, 20, y 24. de las cuales la 2, 20 y 24, han sido mejoradas previamente en la primera fase, y después se han vuelto a encontrar valores mejores en la segunda.

La reducción global ha sido del 3,41%, siendo las variables con una mayor reducción las que corresponden a las unidades productivas 3 y 7, con un porcentaje de mejora individual del 11,51% y 18,11% respectivamente.

Se deduce de todo esto que, al igual que ocurría para el caso de las entradas en el modelo anterior, la mayor reducción de recursos tiene lugar para la entrada x_2 , con una reducción del 2,24%.

4.2.2. Análisis de las salidas

Analizamos en un primer lugar la salida y_1 : *cuentas corrientes*

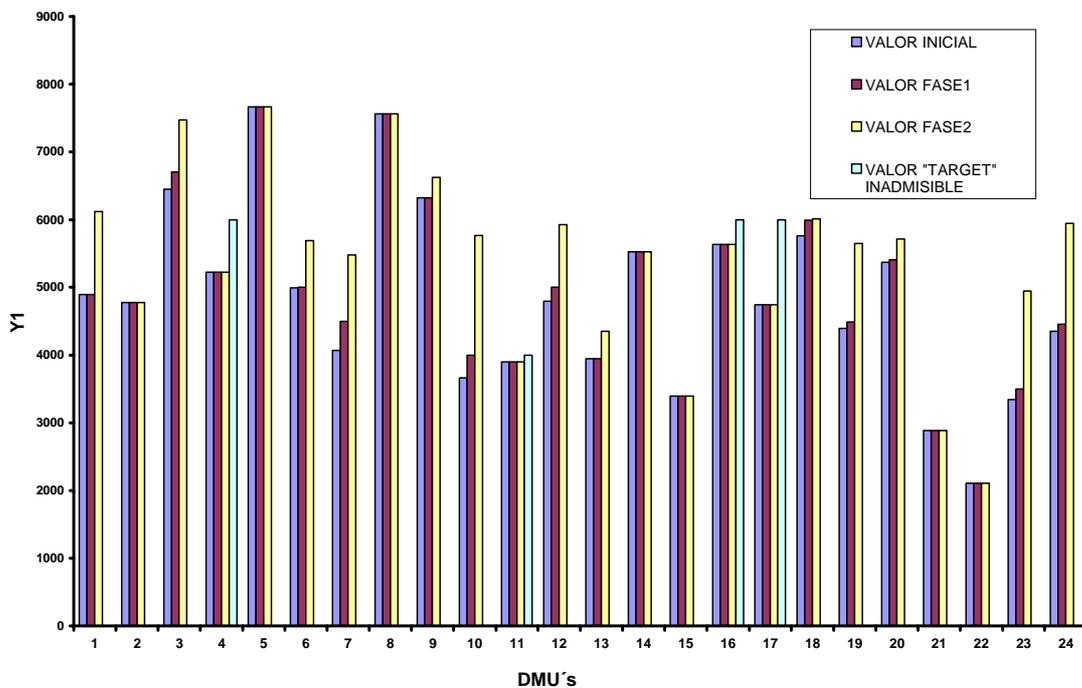


Figura 5.4.8. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la salida y_1 del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables.

Al igual que ocurría en el caso de las entradas, aquí introducimos los valores de los “targets” inadmisibles en sus DMU’s correspondientes, para analizar mejor su comportamiento frente a este nuevo cambio.

Para estos valores inadmisibles de los “targets” se observa que el modelo en su primera fase los ha reducido hasta coincidir con sus valores iniciales, manteniéndose éstos constantes a lo largo de la segunda fase.

Se mantienen constantes también los valores de la variable y_1 para las unidades productivas 5, 8, 14,15, 21, y 22, ya que como se sabía del modelo anterior, estos valores eran ya eficientes en sus valores iniciales.

Para el caso de la unidad productiva 2, se mantiene constante igualmente por no haber encontrado en ninguna de las dos fases un valor mejor.

En el caso de los valores de y_1 en las DMU’s 3, 6,7, 10, 12, 18, 19, 20, 23 y 24 el modelo ha mejorado durante la primera fase, y en la segunda ha vuelto a encontrar un valor todavía mejor. Esto es, como ya se comentó para el caso de las entradas, porque en el este modelo, la fase segunda no hace distinciones entre variables con o sin “targets”, buscando mejores valores tanto para unas como para otras.

La mejora global para esta salida y_1 es de un 11,52%, siendo en la DMU 10 donde se ha producido el mayor aumento (57,43%).

Analizamos seguidamente el caso de y_2 : *créditos*, e y_3 *tipo de intereses*,

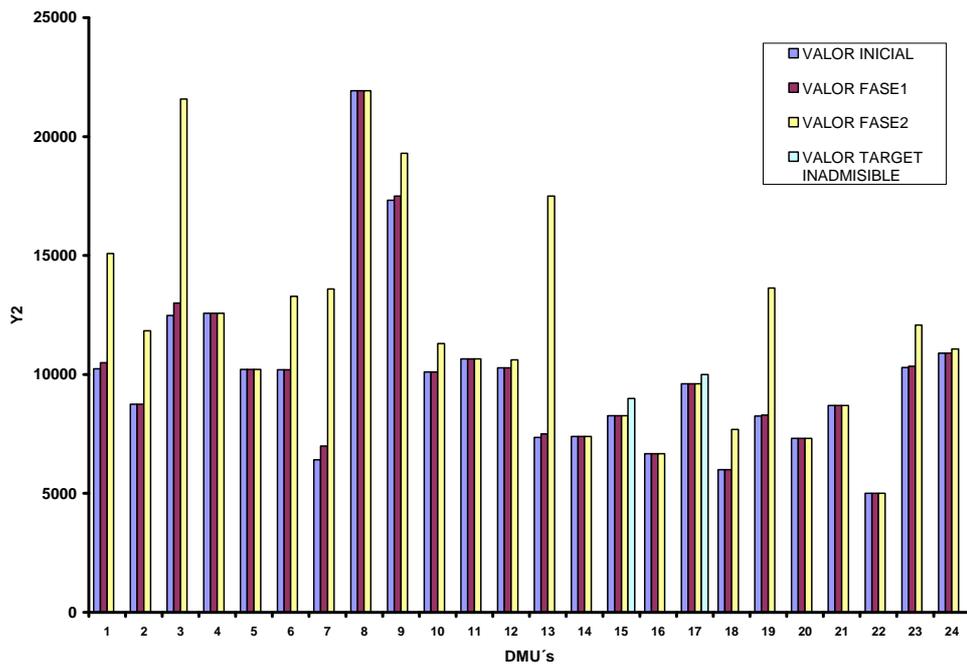


Figura 5.4.9. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la salida y_2 del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables.

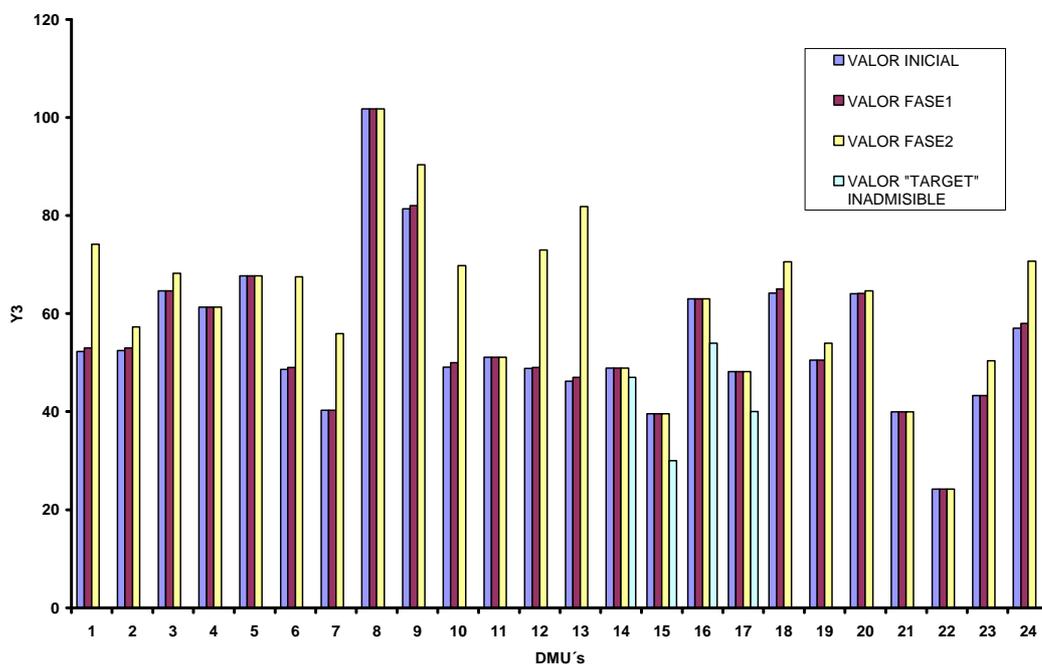


Figura 5.4.10. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la salida y_3 del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables.

En ambos casos, la primera fase ha mejorado el valor de los “targets” inadmisibles hasta volverlos admisibles.

Para la salida y_2 las variables mejoradas han sido las correspondientes a las DMU's 1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 18, 19, 23 y 24, de las cuales la 1, 3, 7, 9, 13, 19 y 23, han sido mejoradas previamente en la primera fase, y después se han vuelto a encontrar valores mejores en la segunda.

El aumento global ha sido del 21%, siendo las variables con una mayor mejora las correspondientes a las unidades productivas 3 y 13, con un porcentaje del 72,87% y 137,8% respectivamente.

En el caso de la salida y_3 las variables mejoradas han sido las correspondientes a las DMU's 1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 18, 19, 20, 23 y 24, de las cuales la 1, 2, 6, 9, 10, 12, 13, 18, 20 y 24, han sido mejoradas previamente en la primera fase, y después se han vuelto a encontrar valores mejores en la segunda.

El aumento global ha sido del 14,7%, siendo la variable con una mayor mejora la correspondiente a la unidad productiva 1, con un porcentaje del 42%.

Se deduce de todo esto que la salida con un porcentaje mayor de mejora es y_2 con un 21%. Esta salida correspondía a las ganancias derivadas de los créditos. Le sigue y_3 con un 14,7% de mejora global, estas ganancias serían las derivadas de los tipos de interés. Y en último lugar, estaría la salida y_1 , correspondiente a las ganancias obtenidas de las cuentas corrientes, con un 11,52% de aumento.

4.3. Modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables y Articulación de Preferencias.

Se repite el análisis para el caso de objetivos tecnológicamente inalcanzables y articulación de preferencias.

4.3.1. Análisis de las entradas

En el caso de la entrada x_1 : *costes de trabajadores*,

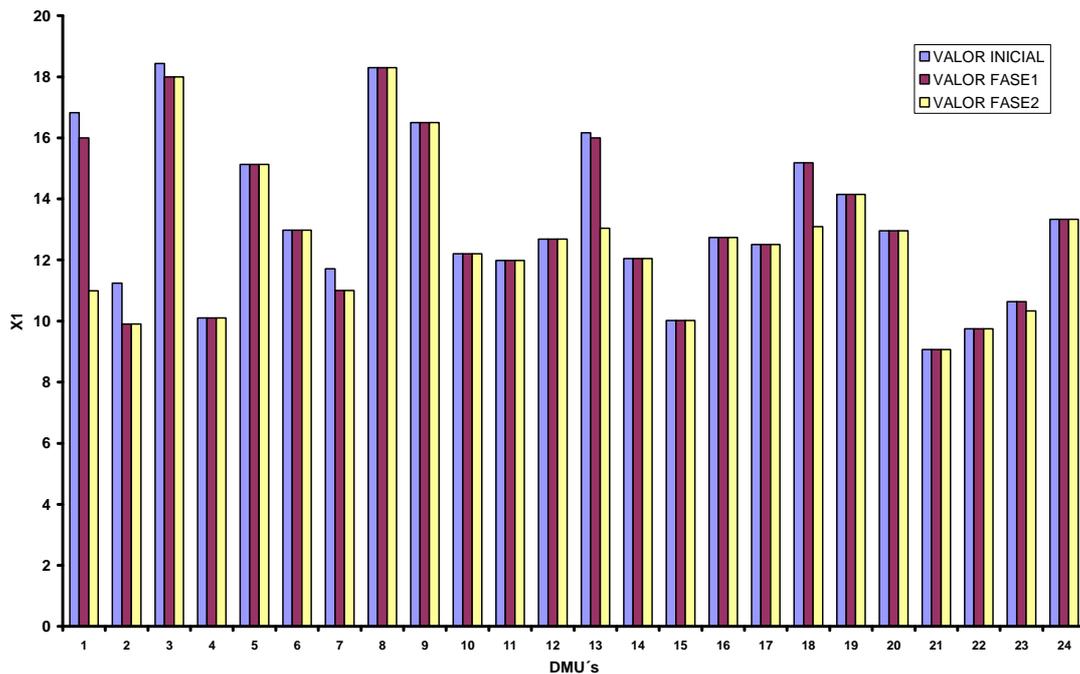


Figura 5.4.11. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la salida x_1 del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzable y Articulación de Preferencias.

A nivel general se observa que el modelo ha respondido bien al igual que ocurría para los dos modelos anteriormente analizados, dependiendo en este caso los resultados, de los pesos que se le hayan aplicado a cada variable.

En el caso de los valores iniciales de entrada, así como los valores “targets”, incluso los inadmisibles, se han introducido los mismos valores que en el modelo anterior, observando sin embargo, una diferencia en los resultados con éste. Se observa la influencia que ha ejercido la asignación de diferentes pesos de importancia a las respectivas variables.

En el caso de la entrada x_1 tenemos una reducción global del 4,36%, siendo del 2,24% para el modelo anterior.

La variable x_1 con una mayor reducción es la correspondiente a la unidad productiva 1, con un porcentaje del 34,62%. En el caso del modelo anterior, la variable con mayor reducción era la correspondiente a la unidad productiva 7 con un 9,6%.

En el caso de la entrada x_2 : *otros costes* tenemos,

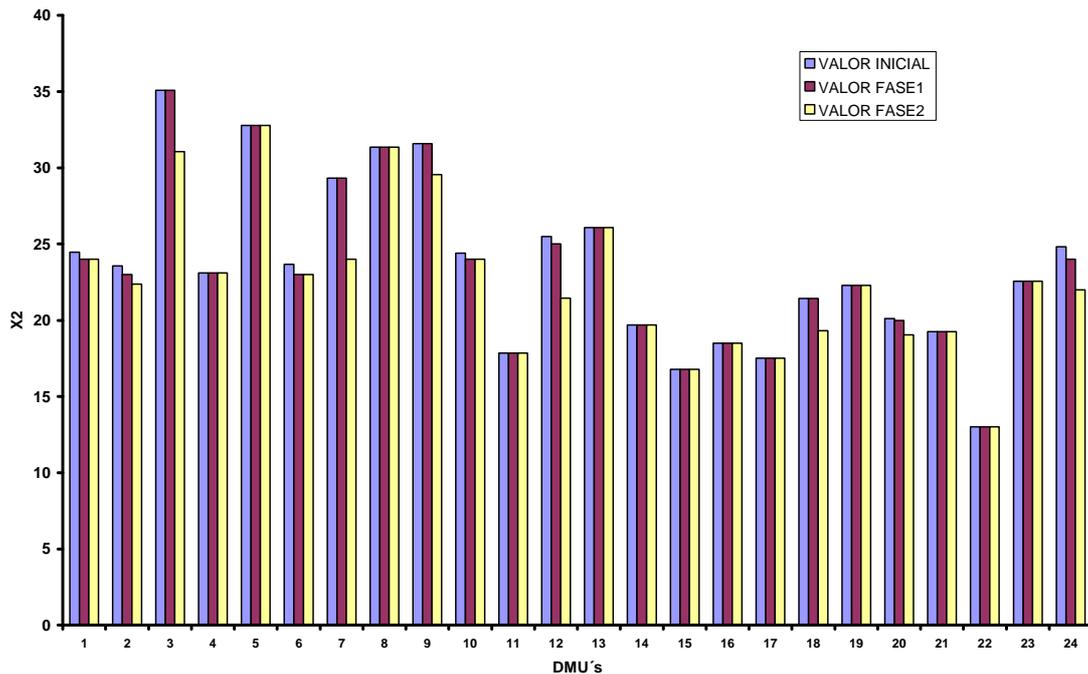


Figura 5.4.12. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la salida x_2 del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables y Articulación de Preferencias.

Aquí se observa, al igual que en el análisis de x_1 , que los resultados obtenidos son claramente diferentes a los obtenidos para la misma variable x_2 en el caso del modelo anterior, partiendo ambos modelos de los mismos valores iniciales.

En este caso se ha obtenido una reducción global de la entrada x_2 del 4,27%, con la mayor reducción individual producida para la DMU 7, con un 18,1%.

En el caso del modelo anterior para esta misma variable, se tenía una reducción global de x_2 del 3,41%, produciéndose la mejora individual mayor para la DMU 7 con un 18,1%, coincidiendo con el modelo que estamos estudiando en este momento, siendo la mejora global, sin embargo, diferente.

Para este modelo se observa que, a diferencia con los otros dos anteriores, en este caso, la variable con mayor reducción conseguida es para x_1 , esto es, costes de trabajadores, siendo x_2 , en el caso de los otros modelos, esto es, como bien se ha explicado anteriormente, debido a la influencia de los diferentes pesos de importancia.

4.3.2. Análisis de las salidas

Mostramos los resultados obtenidos para las tres salidas, y_1 : *cuentas corrientes*, y_2 : *créditos* y y_3 : *tipos de interés*

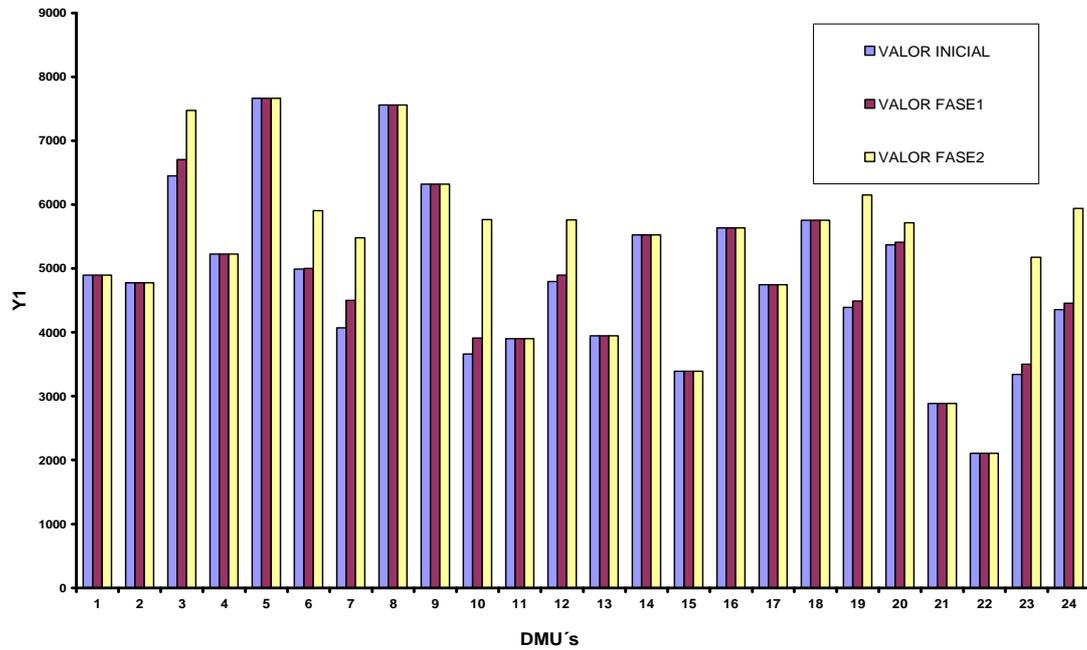


Figura 5.4.13. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la salida y_1 del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables y Articulación de Preferencias.

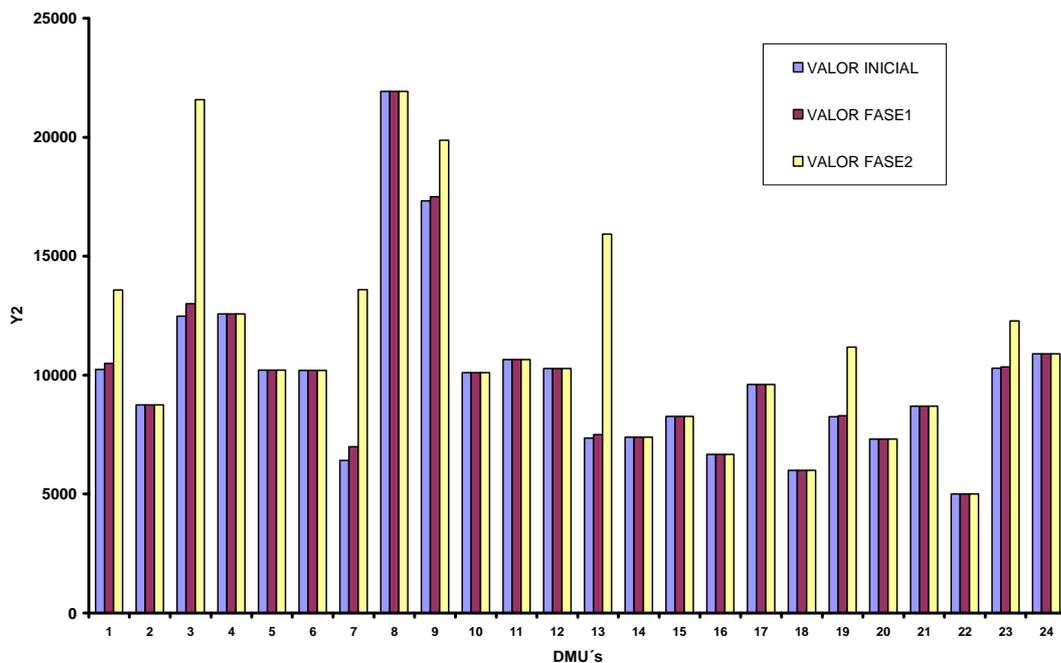


Figura 5.4.14. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la salida y_2 del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables y Articulación de Preferencias.

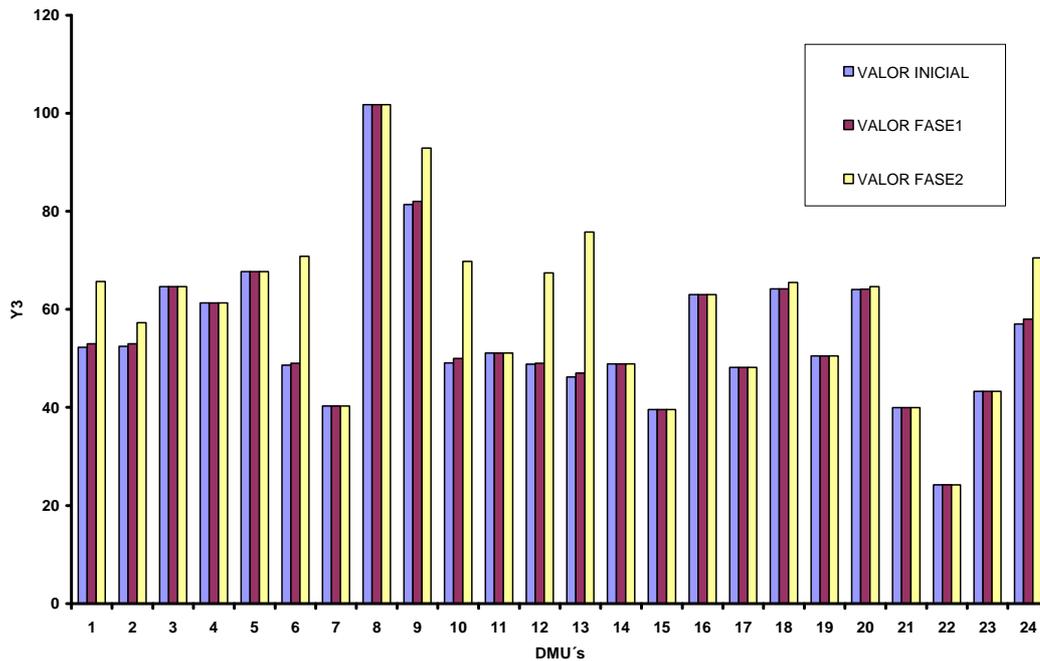


Figura 5.4.15. Comparación valores inicial, fase I y fase II para el caso de la salida y_3 del modelo DEA Centralizado con Objetivos Tecnológicamente Inalcanzables y Articulación de Preferencias.

Aquí, al igual que ocurría con las entradas, se han introducido idénticos valores iniciales y “targets” que para las salidas del modelo anterior, obteniéndose, debido a las restricciones en los pesos, diferentes resultados.

En el caso de la salida y_1 , se ha obtenido una mejora global del 10,3%, siendo para la DMU 10 donde se ha producido el mayor aumento de esta variable con un porcentaje del 57,43%. Para esta misma variable, en el caso del modelo anterior, se obtenía una mejora global del 11,52%, siendo la mayor mejora para la DMU 10 con un porcentaje individual del 42%.

Para y_2 , tenemos una mejora global del 15,04%, obteniendo el mayor aumento para unidad productiva 3, con un porcentaje del 72,87%. Teniendo para esta misma salida en el modelo anterior un porcentaje global de mejora del 21%, y la mayor mejora para la DMU 13 con un valor del 137,8%.

Por último, para el caso de la salida y_3 , se tiene una mejora global del 10,41%, destacando la DMU 13 con un aumento individual del 64,3%. Para el modelo anterior en este caso teníamos un porcentaje global de mejora del

14,7%, produciéndose el mayor aumento en la unidad productiva 1 con un 42%.

Al igual que en el modelo anterior, se deduce que la salida con un porcentaje mayor de mejora es y_2 con un 15,04%, esta salida correspondía a las ganancias derivadas de los créditos. Sin embargo el orden de las variables que le siguen es distinto, en este caso le sigue y_1 con un 11,52% de mejora global, estas ganancias serían las derivadas de las cuentas corrientes. Y en último lugar, estaría la salida y_3 , correspondiente a las ganancias obtenidas de los tipos de intereses, con un 10,41% de aumento.