

Trabajo Fin de Grado

Ingeniería de Organización Industrial

Estudio de la eficiencia del abastecimiento del agua en Europa

Autor: Inmaculada Concepción Sillero Pérez
Tutor: María Rodríguez Palero

Dpto. Organización Industrial y Gestión de
Empresas II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2022



Trabajo Fin de Grado
Ingeniería de Organización Industrial

Estudio de la eficiencia del abastecimiento del agua en Europa

Autor:
Inmaculada Concepción Sillero Pérez

Tutor:
María Rodríguez Palero

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2022

Trabajo Fin de Grado: Estudio de la eficiencia del abastecimiento del agua en Europa

Autor: Inmaculada Concepción Sillero Pérez

Tutor: María Rodríguez Palero

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2022

El Secretario del Tribunal

A mi familia
A mis maestros

Resumen

En este trabajo se va a analizar la gestión, el suministro y saneamiento del agua de los países de la Unión Europea con el objetivo de conseguir información sobre, por ejemplo, los tipos de gestión utilizados, las tarifas aplicadas a cada país, el consumo de cada habitante... y cualquier dato de interés que pueda aportar información sobre cómo se realiza el suministro y saneamiento en cada uno de los países. Una vez investigado sobre cada uno de los países se elaborará un estudio comparativo entre los datos obtenidos para cada país en cuanto al tipo de gestión, las diferentes tarifas, el consumo y el gasto mensual por familia. Por último, se tratará de buscar qué país posee la gestión del agua, suministro y saneamiento más eficiente, para ello se realizará un análisis de eficiencia mediante el Análisis por Envoltura de Datos (DEA), en el que se presentaran varios escenarios según los diferentes datos que se podrían utilizar como entradas y salidas. Se utilizarán el software de programación Lingo y la metodología EMS para comparar las distintas variables obtenidas a lo largo del trabajo de modo que se llegue a ver la diferencia en cuanto a la eficiencia de los distintos países de la Unión Europea y si existiera algún tipo de relación entre el tipo de gestión del agua y su eficiencia.

Abstract

In this work we will analyze the management, supply and sanitation of water in the countries of the European Union with the aim of obtaining information on, for example, the types of management used, the tariffs applied to each country, the consumption of each inhabitant... and any data of interest that can provide information on how the supply and sanitation is carried out in each of the countries. Once research has been carried out on each of the countries, a comparative study will be made of the data obtained for each country in terms of the type of management, the different tariffs, consumption and monthly expenditure per family. Finally, we will try to find which country has the most efficient water management, supply and sanitation, for which an efficiency analysis will be carried out using Data Envelopment Analysis (DEA), in which several scenarios will be presented according to the different data that could be used as inputs and outputs. The Lingo programming software and the EMS methodology will be used to compare the different variables obtained throughout the work in order to see the difference in the efficiency of the different countries of the European Union and if there is any relationship between the type of water management and its efficiency.

ÍNDICE

Resumen	7
Abstract	8
Índice	9
Índice de Ilustraciones	12
1 Objeto del TFG	14
1.1 <i>Introducción</i>	14
1.2 <i>Objetivo del trabajo</i>	14
2 Análisis por envoltura de datos	16
2.1 <i>Introducción metodología DEA</i>	16
2.2 <i>Conceptos básicos</i>	16
2.3 <i>Conceptos previos</i>	18
2.3.1 <i>Retornos de escala constante (CRS)</i>	18
2.3.2 <i>Retornos de escala variable (VRS)</i>	19
2.3.3 <i>Orientación de entrada (Input Orientation)</i>	19
2.3.4 <i>Orientación de salida (Output Orientation)</i>	19
2.4 <i>Modelos DEA</i>	19
2.4.1 <i>Casos retorno de escala constante</i>	20
2.4.1.1 <i>Modelo RATIO</i>	20
2.4.1.2 <i>Modelo CCR-INPUT</i>	21
2.4.1.3 <i>Modelo CCR-OUTPUT</i>	23
2.4.2 <i>Casos retorno de escala variable</i>	23
2.4.2.1 <i>Modelo BCC-INPUT</i>	24
2.4.2.2 <i>Modelo BBC-OUTPUT</i>	25
2.4.3 <i>Comparación entre modelos CCR y BBC</i>	25
2.4.4 <i>Otros modelos DEA</i>	26
2.4.4.1 <i>Modelo Aditivo</i>	26
2.4.4.2 <i>Modelo Multiplicador</i>	27
2.4.4.3 <i>Modelos con restricciones en los pesos</i>	28
2.4.4.4 <i>Modelos basados en la Supereficiencia</i>	28
2.4.4.5 <i>Modelos con salidas y entradas discretionales</i>	29
2.4.4.6 <i>Modelo FDH</i>	30
3 Ciclo del agua	31
3.1 <i>Fases del ciclo del agua</i>	31
3.1.1 <i>Evaporación</i>	32
3.1.2 <i>Condensación</i>	32
3.1.3 <i>Precipitación</i>	32
3.1.4 <i>Infiltración</i>	32
3.1.5 <i>Escorrentía</i>	33
3.2 <i>Fases agua que se consume</i>	33
3.2.1 <i>Abastecimiento</i>	33
3.2.2 <i>Saneamiento</i>	33
3.2.3 <i>Reutilización</i>	33
3.3 <i>Gestión del agua</i>	33
3.3.1 <i>Tipos de gestión</i>	34
3.3.1.1 <i>Gestión pública directa</i>	34

3.3.1.2	Gestión pública delegada	34
3.3.1.3	Gestión mixta	34
3.3.1.4	Gestión privada directa	34
3.3.1.5	Gestión privada delegada.....	35
3.4	<i>Osmosis</i>	35
4	Gestión del agua en los países de la Unión Europea	36
4.1	<i>Alemania</i>	36
4.2	<i>Austria</i>	37
4.3	<i>Bélgica</i>	37
4.4	<i>Bulgaria</i>	38
4.5	<i>Chipre</i>	39
4.6	<i>Croacia</i>	39
4.7	<i>Dinamarca</i>	40
4.8	<i>Eslovaquia</i>	40
4.9	<i>Eslovenia</i>	41
4.10	<i>España</i>	42
4.11	<i>Estonia</i>	42
4.12	<i>Finlandia</i>	43
4.13	<i>Francia</i>	44
4.14	<i>Grecia</i>	44
4.15	<i>Hungría</i>	45
4.16	<i>Irlanda</i>	45
4.17	<i>Italia</i>	46
4.18	<i>Letonia</i>	46
4.19	<i>Lituania</i>	47
4.20	<i>Luxemburgo</i>	47
4.21	<i>Malta</i>	48
4.22	<i>Países Bajos</i>	48
4.23	<i>Polonia</i>	49
4.24	<i>Portugal</i>	49
4.25	<i>República Checa</i>	50
4.26	<i>Rumanía</i>	51
4.27	<i>Suecia</i>	52
5	Comparación por países.....	53
5.1	<i>Tipos de gestión</i>	53
5.2	<i>Tarifas de agua</i>	54
5.3	<i>Gasto mensual</i>	57
5.4	<i>Consumo diario</i>	60
5.5	<i>Recopilación datos</i>	61
5.6	<i>Reserva anual</i>	63
6	Aplicación DEA	65
6.1	<i>Modelado caso una entrada y una salida</i>	65
6.1.1	Modelo CCR-INPUT caso práctico 1	66
6.1.2	Modelo BCC-INPUT caso práctico 1	67
6.1.3	Comparación DEA una entrada y una salida	68
6.2	<i>Modelo caso varias entradas y una salida</i>	70
6.2.1	Modelo CCR-INPUT caso práctico 2	73
6.2.2	Modelo BCC-INPUT caso práctico 2	75
6.2.3	Comparación MED	77

6.3	<i>Comparación casos prácticos</i>	78
6.4	<i>Modelo con países eficientes</i>	78
7	Conclusiones	81
	Referencias	84
	Anexo	88
A.	<i>Programación LINGO modelo CCR-INPUT</i>	88
B.	<i>Programación LINGO modelo BCC-INPUT</i>	91
C.	<i>Resultados metodología EXCEL y EMS</i>	94
C.1	CCR-INPUT	94
C.1.1	EMS	94
C.1.2	EXCEL	96
C.2.	BCC-INPUT	97
C.2.1	EMS	97
C.2.2	EXCEL	98
C.3	Aditivo	99
C.3.1	EMS	99
C.3.2	EXCEL	100

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Representación gráfica CRS	18
Ilustración 2. Representación gráfica VRS	19
Ilustración 3. Representación gráfica CCR-INPUT	22
Ilustración 4. Representación gráfica CCR-OUTPUT	23
Ilustración 5. Representación gráfica BCC-INPUT	24
Ilustración 6. Representación gráfica BBC-OUTPUT	25
Ilustración 7. Representación gráfica comparación modelos CCR y BCC	25
Ilustración 8. Representación gráfica modelo Aditivo	26
Ilustración 9. Representación gráfica modelos basados Supereficiencia	29
Ilustración 10. Representación gráfica modelo FDH	30
Ilustración 11. Ilustración ciclo del agua	31
Ilustración 12. Diagrama osmosis inversa.....	35
Ilustración 13. Gráfica por países según tipo de gestión.....	53
Ilustración 14. Tabla tipo de gestión por países	54
Ilustración 15. Tabla tarifas.....	55
Ilustración 16. Gráfica tarifa total	55
Ilustración 17. Tabla tarifas actualizada.....	56
Ilustración 18. Cálculo tarifa actualizada	56
Ilustración 19. Gráfica tarifas actualizadas	57
Ilustración 20. Tabla cálculo gasto mensual por familia.....	58
Ilustración 21. Tabla y fórmula cálculo gasto mensual por familia	58
Ilustración 22. Gráfico por países de gasto mensual por familia	59
Ilustración 23. Gráfica tarifa total ordenada por países	59
Ilustración 24. Gráfica consumo diario ordenado por países	59
Ilustración 25. Tabla consumo diario por habitante	60
Ilustración 26. Gráfica consumo diario por habitante	61
Ilustración 27. Gráfica ordenada consumo diario por habitante	61
Ilustración 28. Tabla recopilación datos 1	62
Ilustración 29. Tabla recopilación de datos 2.....	62
Ilustración 30. Gráfica reserva anual de agua	63
Ilustración 31. Tabla ordenada reserva anual de agua	64
Ilustración 32. Tabla entrada y salida modelo DEA 1	65
Ilustración 33. Tabla resultados eficiencia DEA CCR-INPUT LINGO	66
Ilustración 34. Tabla resultados eficiencia DEA BCC-INPUT LINGO	67
Ilustración 35. Gráfico comparación DEA caso práctico 1	68
Ilustración 36. Tabla eficiencias DEA caso práctico 1	69
Ilustración 37. Tabla países que coinciden.....	69
Ilustración 38. Tabla entradas y salidas DEA	70
Ilustración 39. Resultados EMS CCR-INPUT	73
Ilustración 40. Resultados Excel CCR-INPUT	74
Ilustración 41. Resultados EMS BCC-INPUT	76
Ilustración 42. Resultados Excel BCC-INPUT	76
Ilustración 43. Tabla comparación eficiencia caso práctico 2.....	77
Ilustración 44. Tabla datos modelo reducido	79
Ilustración 45. Resultados EMS países eficientes	79

Ilustración 46. Resultados Excel países eficientes	80
Ilustración 47. Tabla tipo gestión países eficientes.....	81
Ilustración 48. Tabla tarifas países eficientes.....	82
Ilustración 49. Tabla consumo países eficientes	82

1 OBJETO DEL TFG

1.1 Introducción

La escasez de agua es un problema grave que afecta cada vez más a los distintos países de la Unión Europea. Aunque el consumo humano del agua no se corresponde con el total del consumo, produce un gran impacto en ella. Como medida para evitar que siga en auge este factor los países buscan reducir al máximo posible el gasto por persona, esto es debido a que con el paso de los años los núcleos urbanos son cada vez más grandes, y con ello, el número de habitantes con necesidad de ser abastecidos también es mayor.

Es por ello por lo que desde organismos estatales se está tratando de concienciar a la población sobre la importancia de hacer un uso responsable de este bien tan necesario.

Aunque cueste creerlo actualmente más de un millón de habitantes no tienen acceso a la red de suministro y saneamiento de agua en Europa. Más adelante se verá en profundidad cuáles son los países que poseen mayores dificultades para acceder al agua en todas las zonas.

Para intentar minimizar este problema la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha impuesto un rango dentro del cual deberá estar el consumo diario por habitante que es entre los 50 y los 200 litros de agua al día por persona. Este consumo evidentemente no es el mismo para cada país, pero todos los países miembros de la Unión Europea deben acogerse a datos de consumo situados entre este rango establecido.

Otro factor que está en auge actualmente es la autoría de la gestión del agua de los países. Existe un debate entre si es mejor que el suministro y saneamiento del agua sea tarea únicamente de una entidad pública del gobierno de la ciudad, región o país o si por el contrario es mejor que el gobierno no tome parte en ello y sea una compañía privada la encargada de llevar el agua a los hogares de los consumidores. Incluso puede haber casos en los que coexistan ambos casos, dominando una entidad pública con ayuda de una empresa privada o viceversa.

1.2 Objetivo del trabajo

Con este trabajo se busca ofrecer una visión general sobre como gestiona cada país de la Unión Europea el suministro y tratamiento del agua, así como recopilar una serie de factores que influyen el buen uso del agua como son el consumo medio diario por habitante, la tarifa actual por m³ de cada país...

Se quiere intentar comparar todos los factores obtenidos para cada uno de los países con la finalidad de ver si hay alguna forma de obtener cuál de los países posee actualmente la gestión más apta.

Utilizando el software de programación Lingo y la metodología EMS se aplicará el Análisis por Envoltura de Datos (DEA) con la finalidad de buscar, en función de unos factores que se utilizarán como entradas o salidas del problema, los países más eficientes de la Unión Europea en cuanto al suministro y saneamiento de sus aguas.

Al estar frente a un proyecto de investigación, el trabajo tendrá dos grandes bloques, uno teórico y uno más práctico.

La parte teórica se encuentra al inicio del trabajo y está comprendida por tres capítulos. En primer lugar, en el primer capítulo de este bloque, se expondrá la teoría sobre el Análisis por Envoltura de Datos. Para poder realizar a lo largo del trabajo este estudio es necesario previamente conocer algunos conceptos básicos, así como los modelos más utilizados para esta metodología para poder seleccionar más adelante cuál de ellos es el que más se ajusta a el problema.

A continuación, en este bloque también entrará el capítulo sobre el ciclo del agua donde se expondrán las fases del ciclo del agua y, como el proyecto trata sobre el abastecimiento del agua, se explicarán las fases del agua que se consume en los hogares para conocer mejor como llega a los consumidores y a dónde va. En este capítulo también se expondrán los diferentes tipos de gestión que existen en la actualidad.

Por último, en este bloque entra el capítulo sobre la gestión del agua en los países de la Unión Europea. Este es el capítulo donde se va a necesitar más investigación puesto que cada país es distinto y cada uno posee recursos hídricos distintos. Se intentará buscar para cada país el consumo medio por habitante, las tarifas, los tipos de gestión que se utilizan... Para cada país se seleccionarán el tipo de gestión más utilizada y se buscará la empresa con mayor importancia para poder más adelante elaborar el estudio de eficiencia sobre estos datos.

Una vez conocido todo sobre la metodología, el ciclo del agua y como es la gestión en cada país, se podrá empezar con el bloque práctico. En primer lugar, se harán una serie de comparaciones de una serie de factores respecto a cada país en el capítulo de comparación por países. Entre estos factores a comparar estarán de nuevo las tarifas de agua, el consumo medio por habitante, el gasto mensual para una familia...

Una vez comparados los datos obtenidos se podrá pasar al siguiente capítulo donde, en función de los datos que se crean convenientes de los apartados anteriores se aplicaran dos modelos donde se podrá implementar el Análisis por Envoltura de Datos.

En el primer DEA se utilizarán únicamente una entrada y una salida y se resolverá mediante el software de programación Lingo para los modelos CCR-INPUT y BCC-INPUT. El segundo DEA será de varias entradas para una única salida donde en este caso utilizando la metodología EMS y Excel se resolverá, para los mismos modelos anteriores, la eficiencia del problema.

Por último, con el conjunto de todos los DMUs (países) que hayan surgido eficientes en alguno de los modelos estudiados previamente se volverá a realizar un último DEA para obtener de forma definitiva mediante el modelo aditivo los países más eficientes en la actualidad.

En último lugar, se procederá a realizar una conclusión en cuanto a los DMUs que surjan eficientes del último Análisis por Envoltura de Datos donde se verá si existe algún tipo de comparación entre los países que han llegado hasta este último DEA.

2 ANÁLISIS POR ENVOLTURA DE DATOS

Antes de comenzar con el estudio del abastecimiento del agua en los distintos países de la Unión Europea es conveniente conocer la metodología DEA, que será lo que posteriormente se utilizará para el caso práctico con la finalidad de estudiar la eficiencia del suministro y tratamiento del agua.

2.1 Introducción metodología DEA

Este capítulo va a servir para explicar la metodología que se va a implementar en el caso de estudio. La metodología DEA (Data Envelopment Analysis) estudia la eficiencia de varias unidades productivas (DMUs).

2.2 Conceptos básicos

Es interesante definir algunos conceptos básicos que servirán para la aplicación de la metodología:

- **Productividad:** es la relación entre la producción obtenida y el recurso que se ha consumido.

$$Productividad = \frac{Producción\ obtenida}{Recurso\ consumido} = \frac{Salida}{Entrada}$$

- **DMUs, Decision Making Unit:** son todas aquellas (organizaciones, empresas, procesos productivos, países...) que generan salidas a través de entradas. Es importante que tanto las entradas como las salidas se midan en unidades similares para que se puedan comparar entre sí.



Rara vez va a haber únicamente una entrada y una salida. En estos casos, en primer lugar, se determinarán los recursos y productos que son necesarios para la obtención del objetivo y, a continuación, se medirá cuantitativamente cada entrada para conocer el grado de utilización de esta. Es importante hacer este paso elaborando bien un estudio para que la elección del recurso sea la correcta para el objetivo que se esté buscando.

Se podría escribir la fórmula de la productividad de la siguiente forma:

$$Productividad = \frac{\text{suma ponderada salidas}}{\text{suma ponderada entradas}}$$

Si se denota como x_{ij} a la cantidad de entrada o recurso 'i' consumido por la unidad 'j' y y_{kj} como la cantidad de salida o resultado 'k' que genera la unidad 'j', se tienen las siguientes expresiones:

$$\text{Entrada virtual } j = \sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Salida virtual } j = \sum_{k=1}^p v_{kj} y_{kj}$$

Donde, 'm' es el número de entradas seleccionadas, 'p' el número de salidas y 'u_{ij}' y 'v_{kj}' son los pesos correspondientes a cada entrada y salida.

Con esto, la fórmula de la productividad se redefiniría como:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} = \frac{\sum_{k=1}^p v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}}$$

- **Eficiencia relativa:** estudiar cómo funciona una unidad productiva respecto al resto teniendo en cuenta las mismas entradas y salidas.

$$\text{Eficiencia } j = \frac{\text{Productividad } j}{\text{Productividad } o} \leq 1$$

Donde, 'j' es la unidad que se quiere estudiar y 'o' la unidad que se toma como referencia.

En función de la unidad de referencia pueden definirse tres tipos de eficiencia:

- Eficiencia global: cuando se toma como unidad de referencia la de mayor productividad de todas las posibles.
- Eficiencia técnica: cuando se toma como unidad de referencia la de mayor productividad, pero teniendo en cuenta las que tengan el mismo tamaño
- Eficiencia de escala: relación entre la eficiencia global y la técnica.

$$\text{Eficiencia de escala } j = \frac{\text{Eficiencia global } j}{\text{Eficiencia técnica } j}$$

Como se puede observar en la definición de la expresión de la eficiencia relativa, siempre tiene que ser menor o igual a la unidad. En caso de ser menor que la unidad diríamos que estamos ante una unidad productiva ineficiente, y que debe existir alguna unidad productiva con mayor eficiencia.

Una DMU cuyo valor de eficiencia sea la unidad se dirá que es eficiente, esto significaría que la eficiencia global y la técnica son iguales. Se denotaría como MPSS (Most Productive Scale Size).

Sea cual sea el tipo de eficiencia que se utilice, como la productividad de la DMU que se usa como referencia es 1, ya que es eficiente, se podría simplificar la expresión de la eficiencia como:

$$Eficiencia\ j = \frac{\sum_{k=1}^p v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}}$$

2.3 Conceptos previos

La metodología DEA surgió en 1978, por lo que desde entonces hay muchos modelos distintos y diferentes aplicaciones de la metodología. Se van a explicar los modelos más significativos hasta la actualidad.

Antes de empezar a ver los distintos modelos DEA, es necesario conocer varios conceptos que se van a explicar a continuación.

2.3.1 Retornos de escala constante (CRS)

Retorno de escala constante quiere decir que cualquier unidad productiva, sin importar el tamaño, puede llegar a la productividad de las DMUs eficientes. Por tanto, la eficiencia que se calcula es la eficiencia global ya que todas van a tener como referencia a las de mayor productividad.

Las DMUs pertenecientes a este tipo de retorno son las que pertenecen al siguiente conjunto:

$$T_{CRS} = \{(\vec{x}, \vec{y}) : \exists \vec{\lambda} \geq 0, \vec{\lambda} X \leq \vec{x}; \vec{\lambda} Y \geq \vec{y}\}$$

Donde, x e y son las matrices de entrada y salida que poseen tantas filas como DMUs. Para X existen tantas columnas como entradas se hayan seleccionado en nuestro problema y para Y igual, tantas columnas como salidas. $\vec{\lambda}$ es un vector con tantas componentes como DMUs posea el problema.

La representación del conjunto para el caso de una entrada y una salida es:

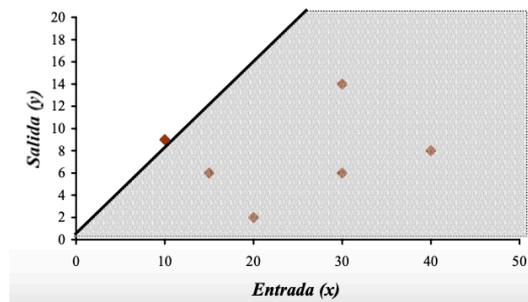


Ilustración 1. Representación gráfica CRS

Donde, la línea es la frontera eficiente y la zona sombreada es el conjunto TCRS, los puntos rojos son los DMUs. (Véase Ilustración 1)

2.3.2 Retornos de escala variable (VRS)

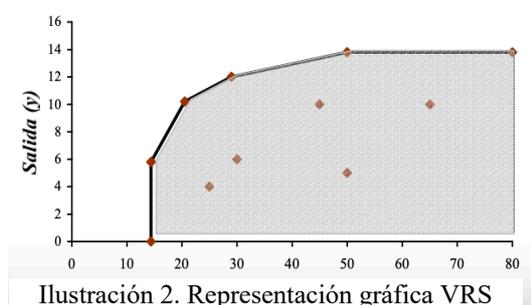
Este caso supone que hay unidades productivas que, al tener un tamaño diferente, no pueden alcanzar la capacidad productiva de las más grandes.

Las DMUs pertenecientes a este tipo de retorno son las que pertenecen al siguiente conjunto:

$$T_{VRS} = \{(\vec{x}, \vec{y}): \exists \vec{\lambda} \geq 0, \vec{\lambda} X \leq \vec{x}; \vec{\lambda} Y \geq \vec{y} : \vec{\lambda} \vec{e}^T = 1\}$$

La principal diferencia con el caso anterior es que la suma de las componentes del vector $\vec{\lambda}$ debe de ser la unidad y la eficiencia utilizada será la técnica.

La representación del conjunto para el caso de una entrada y una salida es la mostrada en la figura siguiente:



Al igual que para el caso anterior, la zona sombreada representa el TVRS y los puntos las DMUs del problema. (Véase Ilustración 1)

2.3.3 Orientación de entrada (Input Orientation)

Se refiere al modelo en el que una unidad alcanza la productividad de la unidad de referencia a costa de reducir la cantidad de recursos que consume.

2.3.4 Orientación de salida (Output Orientation)

Se refiere al modelo en el que una unidad consigue la productividad de la unidad con la que se compara aumentando la cantidad de salidas que produce.

2.4 Modelos DEA

Como se ha dicho al comienzo del capítulo hay muchos modelos de DEA desde que surgió la metodología en 1978. Se van a explicar los más interesantes de cara al estudio a realizar.

En primer lugar, se van a ver los modelos con retorno de escala constante y a continuación los de retorno de escala variables.

2.4.1 Casos retorno de escala constante

Como ya se ha comentado, para estos casos se toma como unidad de referencia la DMU de mayor productividad entre todas las seleccionadas.

Se presentan a continuación los tres posibles modelos que se pueden encontrar: el modelo RATIO, el modelo CCR-INPUT y el modelo CCR-OUTPUT.

2.4.1.1 Modelo RATIO

Hay que tener en cuenta que al calcular la eficiencia de cada unidad se tiene la libertad de elegir los pesos que convierten las salidas en entradas agregadas como valores adimensionales.

Esto quiere decir que cada unidad va a comparar su productividad con el resto de las unidades utilizando en cada comparación los pesos con los que su eficiencia sea la mejor, es decir, que se van a elegir los valores de forma que se optimice la eficiencia de cada unidad productiva.

Este modelo consiste en la resolución de tantos problemas como unidades productivas tenga el problema para lograr la eficiencia.

$$MAX \left[h_J = \frac{\sum_{k=1}^s v_{kJ} y_{kJ}}{\sum_{i=1}^m u_{iJ} x_{iJ}} \right]$$

s.a:

$$\begin{aligned} \frac{\sum_{k=1}^s v_{kJ} y_{kJ}}{\sum_{i=1}^m u_{iJ} x_{iJ}} &\leq 1 & J = 1, 2, \dots, n \\ v_{kJ} &\geq \varepsilon & k = 1, 2, \dots, s \\ u_{iJ} &\geq \varepsilon & i = 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

Donde, ε es un número real estrictamente positivo e implica que ningún peso puede ser nulo. A la variable que se está estudiando se la nombra como 'J'.

Si se observa el modelo se ve que la función objetivo consiste en elegir los pesos que hacen máxima la eficiencia h_J de la DMU que se está estudiando.

Hay que tener en cuenta las restricciones. Existe una restricción para cada unidad productiva que obliga a que ninguna DMU posea una eficiencia mayor que 1. Esta es una limitación que tienen los pesos cuando cada unidad toma el valor máximo posible, es decir, cuando se intenta imponer unos pesos cuya eficiencia sea alta, se debe garantizar que no haya ninguna DMU cuya eficiencia sea inadmisibles.

Una vez resueltos los n problemas planteados, se obtiene un subconjunto 'K' que contiene las DMU cuya eficiencia sea igual a la unidad cumpliendo las restricciones vistas anteriormente:

$$\frac{\sum_{k=1}^p v_{kr}^* y_{kr}}{\sum_{i=1}^m u_{ir}^* x_{ir}} = 1 \quad r \in K$$

Las DMUs que no cumplan esta restricción serán consideradas ineficientes. El valor de su ineficiencia podría obtenerse como la diferencia entre la unidad y su eficiencia: $1 - h_j$

2.4.1.2 Modelo CCR-INPUT

Para obtener este nuevo modelo se transforma el modelo RATIO en un problema lineal equivalente.

Se sustituyen los cocientes del modelo por expresiones lineales teniendo en cuenta que maximizar un cociente equivale a hacer máximo su numerador si se mantiene constante su denominador

El modelo quedaría de la siguiente forma:

$$MAX \sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj} - \sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij} &\leq 0 & j = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij} &= 1 \\ v_{kj} &\geq \varepsilon & k = 1, 2, \dots, s \\ u_{ij} &\geq \varepsilon & i = 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

A este modelo se le conoce como la forma multiplicadora. Se consigue un problema lineal con $n + 1$ restricciones y $s + m$ cotas. Las n primeras restricciones se refieren a lo estudiado en el modelo RATIO (todas las DMUs posean eficiencia menor o igual a 1). Y la otra restricción se refiere a que se reduce el número de soluciones alternativas de los pesos.

En cambio, es más frecuente utilizar las variables del dual, de la forma siguiente, que se conoce como forma envolvente:

$$MIN \theta_j - \varepsilon \left[\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right]$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j &= \theta_j x_{ij} - h_i^- & i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j &= y_{kj} + h_k^+ & k = 1, 2, \dots, s \\ \lambda_j, h_i^-, h_k^+ &\geq 0 \\ \theta_j &\text{ libre} \end{aligned}$$

Para este modelo se tienen n variables λ_j que vienen de las restricciones del primal, θ_j que se corresponde a la restricción restante y las holguras h_i^- y h_k^+ que se refieren a las cotas existentes.

Para resolver este modelo hay dos fases:

- **1ª FASE:**

$$\begin{aligned}
 & \text{MIN } \theta_j \\
 \text{s.a:} & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta_j x_{ij} - h_i^- & i = 1, 2, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} + h_k^+ & k = 1, 2, \dots, s \\
 & y_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0 \\
 & \theta_j \text{ libre}
 \end{aligned}$$

- **2ª FASE:**

$$\begin{aligned}
 & \text{MIN } - \left[\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right] \\
 \text{s.a:} & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta_j^* x_{ij} - h_i^- & i = 1, 2, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} + h_k^+ & k = 1, 2, \dots, s \\
 & y_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0 \\
 & \theta_j \text{ libre}
 \end{aligned}$$

El valor de la función objetivo tanto en el primal como en el dual es la misma para el óptimo por lo que:

$$h_j^* = \theta_j^* - \varepsilon \left[\sum_{i=1}^m h_i^{-*} + \sum_{k=1}^s h_k^{+*} \right] = \sum_{k=1}^s v_{kj}^* y_{kj}$$

La representación gráfica para el caso de una entrada y una salida sería la mostrada en la Ilustración 3:

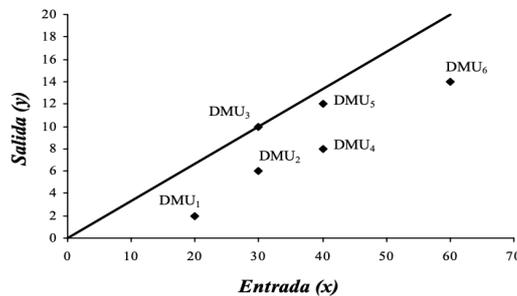


Ilustración 3. Representación gráfica CCR-INPUT

Para este ejemplo se ve que la DMU₃ sería la de mayor eficiencia. La línea que va desde el origen hasta la DMU₃ son todos los posibles puntos que tendrían la misma eficiencia. Esta línea se denomina frontera eficiente.

2.4.1.3 Modelo CCR-OUTPUT

En este modelo se linealiza la función objetivo del modelo ratio minimizando el denominador manteniendo el numerador constante:

$$MIN \sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^s v_{kj} y_{rj} - \sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij} &\leq 0 & j = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj} &= 1 \\ v_{kj} &\geq \varepsilon & k = 1, 2, \dots, s \\ u_{ij} &\geq \varepsilon & i = 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

Donde la función objetivo representa la inversa de la eficiencia relativa de J y será siempre mayor o igual a 1. Por esta razón es un problema de retornos de escala constante.

El estudio de este modelo se hace de forma análoga a la vista anteriormente para el caso CCR-INPUT, pero de nuevo es necesario estudiar la forma dual:

$$MAX \gamma_J + \varepsilon \left[\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right]$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j &= x_{iJ} - h_i^- & i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j &= \gamma_J y_{kJ} + h_k^+ & k = 1, 2, \dots, s \\ \lambda_j, h_i^-, h_k^+ &\geq 0 \\ \gamma_J &\text{ libre} \end{aligned}$$

Si se vuelve a observar el modelo de una entrada y una salida la representación gráfica sería:

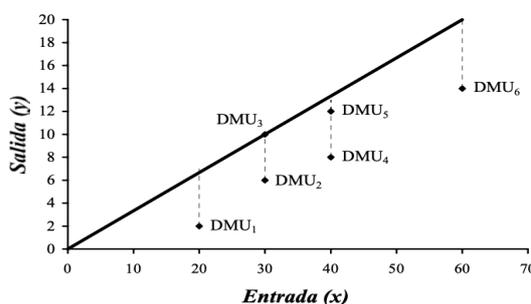


Ilustración 4. Representación gráfica CCR-OUTPUT

2.4.2 Casos retorno de escala variable

Como ya se ha comentado, en este caso hay unidades productivas que, al tener un tamaño diferente, no pueden alcanzar la capacidad productiva de las más grandes. Se van a ver los dos posibles modelos que se pueden encontrar: el modelo BBC-INPUT y el BCC-OUTPUT.

2.4.2.1 Modelo BCC-INPUT

Se toma como referencia el modelo RATIO linealizado. Es necesario introducir en el modelo restricción o variable que compare cada DMU con aquellas de su mismo tamaño, y no con todas las que participan en el problema.

Tomando la forma envolvente del modelo CCR-INPUT y la modificándose de la siguiente forma:

$$\text{MIN } \theta_j - \varepsilon \left[\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right]$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j &= \theta_j x_{ij} - h_i^- & i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j &= y_{kj} + h_k^+ & k = 1, 2, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j, h_i^-, h_k^+ &\geq 0 \\ \theta_j &\text{ libre} \end{aligned}$$

La restricción que se refiere a lo explicado anteriormente es la tercera. Se van a obtener más DMUs eficientes que en el modelo CCR y, por tanto, la frontera eficiente estará formada por más unidades. La representación gráfica para el caso de una entrada y una salida sería la mostrada a continuación (ver Ilustración 5)

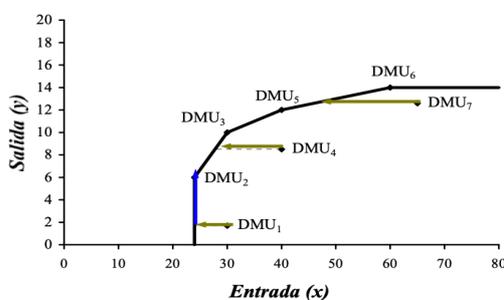


Ilustración 5. Representación gráfica BCC-INPUT

Se sabe que las unidades eficientes son las que coinciden con la frontera, en este caso serán DMU₂, DMU₃, DMU₅ y DMU₆. Es importante conocer el significado de peer group, este concepto se refiere a las unidades eficientes de las que la proyección es una combinación lineal. Por ejemplo, de la DMU₄, su peer group son las DMU₂ y DMU₃.

2.4.2.2 Modelo BBC-OUTPUT

Tomando la orientación de salida se obtiene un problema análogo al anterior:

$$MAX \gamma_j + \varepsilon \left[\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right]$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j &= x_{ij} - h_i^- & i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j &= \gamma_j y_{kj} + h_k^+ & k = 1, 2, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\ \gamma_j &\text{ libre} \end{aligned}$$

Se vuelve a representar gráficamente el ejemplo anterior para una entrada y una salida:

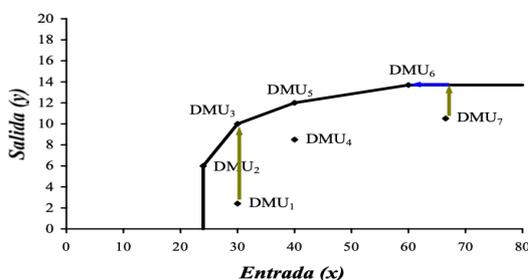


Ilustración 6. Representación gráfica BBC-OUTPUT

Se obtiene como frontera eficiente una vez más las DMU₂, DMU₃, DMU₅ y DMU₆. Las proyecciones de las DMU₄ y DMU₅ se obtienen amplificando las salidas de forma radial y, en el caso de la DMU₇, de forma rectangular.

2.4.3 Comparación entre modelos CCR y BBC

Una vez que se conoce cómo se obtiene cada uno de los modelos es conveniente analizar de forma conjunta las soluciones obtenidas para ambos modelos para observar las diferencias existentes entre ellas.

De momento la única diferencia de la que hay certeza es de las consideraciones de los retornos de escala. Si representamos en una misma gráfica para el caso de una entrada y una salida ambos modelos para la orientación de entrada, tal y como se ve en la figura siguiente (ver Ilustración 7)

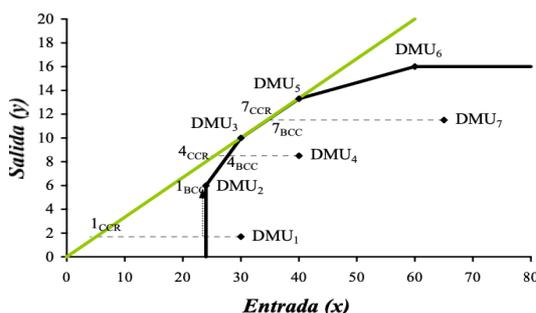


Ilustración 7. Representación gráfica comparación modelos CCR y BCC

Observando la gráfica se ve que ambas soluciones coinciden para las DMU₃ y DMU₅. Para el resto de las unidades productivas la eficiencia para el modelo BBC (usando la eficiencia técnica), siempre es superior a la calculada con el modelo BCC (eficiencia global). Para el caso de una entrada y una salida con orientación de salida será similar.

2.4.4 Otros modelos DEA

Además de los modelos estudiados anteriormente existen muchos más que no están orientados concretamente a los retornos de escala constante y variable.

A continuación, se van a estudiar algunos de estos modelos que son: modelo aditivo, modelo multiplicador, modelos con restricciones en los pesos, modelos basados en la supereficiencia, modelos con salidas y entradas no discretionales y modelos fdh.

2.4.4.1 Modelo Aditivo

Es un modelo que utiliza retornos de escala variables. A diferencia del modelo BCC (proyección radial), este modelo va a resolver problemas mediante la proyección rectangular de las DMUs. Es decir, este modelo solo va a utilizar la fase dos de las que se realizaban en los modelos anteriormente. Este modelo no distingue orientación de entrada y salida debido a que en este caso siempre se maximizan las holguras.

Si del modelo se elimina la variable que implica la reducción/ampliación de las entradas/salidas en el caso BCC el modelo queda de la siguiente forma:

$$MAX \sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^-$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij}\lambda_j &= x_{ij} - h_i^- & i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n y_{kj}\lambda_j &= y_{kj} + h_k^+ & k = 1, 2, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j, h_i^-, h_k^+ &\geq 0 \end{aligned}$$

Las DMUs eficientes del caso BBC y el aditivo no varían, es decir coinciden las variables eficientes para ambos modelos, pero en las ineficientes no ocurre lo mismo, pueden ser distintas. (ver Ilustración 8)

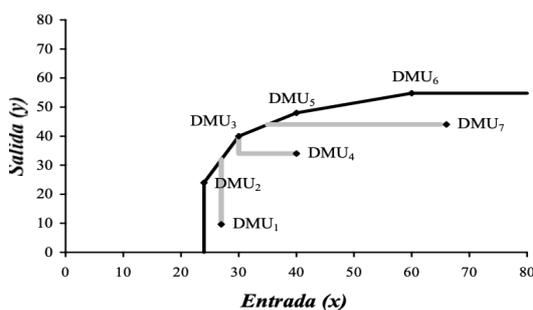


Ilustración 8. Representación gráfica modelo Aditivo

Este modelo también puede tener el dual de la siguiente forma:

$$MAX \sum_{k=1}^s v_{kJ} y_{rJ} - \sum_{i=1}^m u_{iJ} x_{ij} + \xi_J$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^s v_{kJ} y_{rJ} - \sum_{i=1}^m u_{iJ} x_{ij} + \xi_J &\leq 0 & j = 1, 2, \dots, n \\ v_{kJ} &\geq 1 & k = 1, 2, \dots, s \\ u_{iJ} &\geq 1 & i = 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

2.4.4.2 Modelo Multiplicador

Este es el primer modelo que no utiliza una suma ponderada de entradas y salidas, este modelo es el modelo multiplicador combinatorio. Esto quiere decir que tanto la entrada como la salida van a estar formadas por multiplicandos en lugar de sumandos como los anteriores modelos.

Se emplean logaritmos para obtener una combinación lineal. Este modelo es el siguiente:

$$MAX \sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^-$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \log(x_{ij}) \lambda_j &= \log(x_{ij}) - h_i^- & i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \log(y_{kj}) \lambda_j &= \log(y_{kj}) + h_k^+ & k = 1, 2, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j, h_i^-, h_k^+ &\geq 0 \end{aligned}$$

La forma dual es la siguiente:

$$MAX \sum_{k=1}^s v_{kJ} \log(y_{kJ}) - \sum_{i=1}^m u_{iJ} \log(x_{ij}) + \xi_j$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^s v_{kJ} \log(y_{kJ}) - \sum_{i=1}^m u_{iJ} \log(x_{ij}) + \xi_j &\leq 0 & j = 1, 2, \dots, n \\ v_{kJ} &\geq 1 & k = 1, 2, \dots, s \\ u_{iJ} &\geq 1 & i = 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

2.4.4.3 Modelos con restricciones en los pesos

En algunos casos puede ser acertado acotar el valor de uno o varios pesos asignados a las salidas o entradas. Esto se resuelve restringiendo los valores de los pesos para delimitar un rango de valores aceptables para una unidad.

Existen numerosos ejemplos de acotaciones sobre los pesos. Se van a exponer dos de ellos:

- Limitaciones absolutas sobre los pesos: restricciones que pueden ser aplicadas a cada una de las unidades del problema.

$$\alpha_k \leq v_{kj} \leq \beta_k$$

$$\delta_i \leq u_{ij} \leq \gamma_i$$

- Limitaciones relativas sobre los pesos: se limita la proporción de los pesos.

$$\alpha_k \leq \frac{v_{kj}y_{kj}}{\sum_{k'=1}^s v_{k'j}y_{k'j}} \leq \beta_k$$

$$\delta_i \leq \frac{u_{ij}x_{ij}}{\sum_{i'=1}^m u_{i'j}x_{i'j}} \leq \gamma_k$$

Una vez conocida algunas de las limitaciones se puede ver el modelo de la siguiente forma:

$$MIN \beta - \alpha$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^s v_{kj}y_{rj} - \sum_{i=1}^m u_{ij}x_{ij} &\leq 0 \\ \sum_{k=1}^s v_{kj}y_{rj} - \sum_{i=1}^m u_{ij}x_{ij} &= 0 \\ \sum_{i=1}^m u_{ij}x_{ij} &= 1 \\ \alpha &\leq v_{kj} \leq \beta \\ \delta &\leq u_{ij} \leq \beta \end{aligned}$$

2.4.4.4 Modelos basados en la Supereficiencia

Se trata de modelos donde se comparan unidades eficientes. Se utiliza el modelo CCR-INPUT y se modifica de la siguiente forma:

$$MAX \sum_{k=1}^s v_{kj}y_{kj}$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m u_{ij}x_{ij} &= 1 \\ \sum_{k=1}^s v_{kj}y_{kj} - \sum_{i=1}^m u_{ij}x_{ij} &\leq 0 \\ v_{kj} &\geq \varepsilon \\ u_{ij} &\geq \varepsilon \end{aligned}$$

Si comparamos con el CCR-INPUT original se observa que se ha eliminado la restricción

$$\sum_{k=1}^s v_{kj}y_{kj} - \sum_{i=1}^m u_{ij}x_{ij} \leq 0$$

Con esto se permite que las unidades eficientes puedan tener eficiencias superiores. Para el caso de las DMUs ineficientes no varían las restricciones respecto al otro modelo, es decir, coinciden las ineficiencias en ambos modelos.

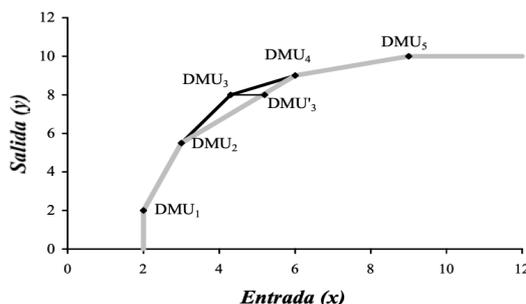


Ilustración 9. Representación gráfica modelos basados Superficiencia

Este modelo también se podrá estudiar de la misma manera para el caso BCC-OUTPUT omitiendo la restricción análoga a la de este modelo.

2.4.4.5 Modelos con salidas y entradas discretionales

Una entrada es no discrecional si la unidad no tiene capacidad de variar su cantidad en el problema. Este modelo implementa este tipo de entradas y salidas en los demás modelos. Primero hay que dividir el conjunto de entradas y salidas en otros dos subconjuntos:

$$I = I_D \cup I_{ND}$$

$$O = O_D \cup O_{ND}$$

donde, D es el conjunto discrecional, donde se pueden variar las entradas y salidas y ND es el conjunto no discrecional, donde no pueden variar las entradas y salidas.

Utilizando estos subconjuntos en el modelo CCR-INPUT el modelo queda de la siguiente forma:

$$MIN \theta_j - \varepsilon \left[\sum_{k \in O_D} h_k^+ + \sum_{i \in I_D} h_i^- \right]$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij}\lambda_j &= \theta_j x_{ij} - h_i^- \\ \sum_{j=1}^n y_{kj}\lambda_j &= y_{kj} + h_k^+ \\ \lambda_j, h_i^-, h_k^+ &\geq 0 \\ \theta_j &\text{ libre} \end{aligned} \quad k= 1, 2, \dots, s$$

2.4.4.6 Modelo FDH

Son modelos donde las unidades que pueden ser analizadas corresponden a los elementos del siguiente conjunto:

$$T_{FDH} = \{(\vec{x}, \vec{y}): \exists \vec{\lambda} \geq 0, \vec{\lambda} X \leq \vec{x}; \vec{\lambda} Y \geq \vec{y}; \vec{\lambda} \mathbf{e}^T = 1; \lambda_j \in \{0,1\}\}$$

Para el caso de orientación de salida el modelado será el siguiente:

$$MAX \gamma_j$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j &= x_{ij} - h_i^- && i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j &= \gamma_j y_{kj} + h_k^+ && k = 1, 2, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j &\in \{0,1\} \\ h_i^-, h_k^+ &\geq 0 \\ \gamma_j & \text{ libre} \end{aligned}$$

La representación para una entrada y una salida es la mostrada a continuación (ver Ilustración 10)

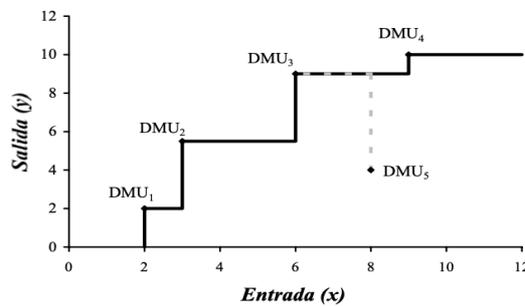


Ilustración 10. Representación gráfica modelo FDH

3 CICLO DEL AGUA

Antes de estudiar cómo se obtiene el agua de cada país es necesario exponer en qué consiste el ciclo del agua.

Los estados de la materia en los que se puede encontrar el agua son sólido, líquido y gaseoso. El agua en su fase líquida se encuentra en los mares u océanos, en la fase sólida en los glaciares y gaseosa en forma de vapor de agua.

3.1 Fases del ciclo del agua

El agua va pasando por una serie de procesos en los que va cambiando de estado en un ciclo que se repite de forma continua. Esto quiere decir que no empieza en ningún punto concreto, sino que es un proceso continuo. Sin embargo, para su estudio se suele considerar que el primer fenómeno que interviene en el ciclo del agua es la evaporación.

El ciclo del agua consta de 5 fases:

- Evaporación
- Condensación
- Precipitación
- Infiltración
- Escorrentía



Ilustración 11. Ilustración ciclo del agua

3.1.1 Evaporación

La evaporación es el paso del estado líquido al estado gaseoso. Esto se produce debido a la luz solar y al calentamiento de la Tierra. Tiene lugar cuando el sol calienta los ríos, mares... En el caso de los seres vivos este proceso también se lleva a cabo mediante la sudoración, en el caso de animales y humanos, y mediante la transpiración en las plantas. La transpiración transforma el agua de las plantas en vapor de agua.

Una parte del vapor de agua puede quedar suspendido en el aire, esto es lo que es conocido como humedad.

Este vapor de agua obtenido mediante la evaporación sube hacia la atmósfera dando lugar a la siguiente fase del ciclo del agua, la condensación.

3.1.2 Condensación

La condensación es el paso del estado gaseoso al líquido. Esto se produce debido a que el vapor de agua se desplaza por la acción del viento en todas las direcciones enfriándose y de esta forma debido a las bajas temperaturas recuperar su estado líquido convirtiéndose en gotas y acumulándose en las nubes y en niebla.

Dentro de esta fase también puede ocurrir la solidificación, este proceso ocurre cuando en las nubes hay bajas temperaturas. Este proceso es lo que da lugar a la nieve o el granizo, por lo que este proceso sería el paso del agua líquida a sólida.

Una vez que el agua es líquida es transportada por el viento produciendo la siguiente fase, la precipitación.

3.1.3 Precipitación

La precipitación ocurre cuando el agua de la atmósfera vuelve a la superficie terrestre en forma de lluvia, es decir, cuando el agua contenida en las nubes es abundante y rompe su equilibrio dando lugar a las precipitaciones.

En lugares con temperaturas bastante bajas el agua en lugar de en forma líquida pasa a ser en forma sólida precipitándose en forma de nieve o granizo.

Dentro de esta fase también puede ocurrir la fusión cuando haya deshielo, donde el agua volverá a su estado líquido.

3.1.4 Infiltración

Una vez que el agua de la precipitación alcanza el suelo penetra en la tierra y se transforma en agua subterránea. Esta agua tiene dos vías, una primera parte del agua se queda en la superficie y es aprovechada por los seres vivos y las plantas para sobrevivir y otra se filtra por los poros de la tierra hasta que llega a la capa freática en la que se almacena el agua.

3.1.5 Escorrentía

La escorrentía es el desplazamiento del agua a través de la superficie debido a accidentes en el terreno para volver a los ríos, mares... A partir de este punto volvería a comenzar todo el proceso estudiado.

3.2 Fases agua que se consume

El agua que sale por nuestros grifos tiene tres fases:

- Abastecimiento
- Saneamiento
- Reutilización

3.2.1 Abastecimiento

El abastecimiento es la fase desde que se capta el agua hasta que llega a las viviendas. El agua de los mares, ríos... es potabilizada en plantas potabilizadoras de forma que cumpla una serie de condiciones y reglamentos sanitarios para su consumo. Una vez que el agua esta potabilizada se almacena en depósitos para ser transportada mediante tuberías a los hogares.

3.2.2 Saneamiento

Es el proceso mediante el cual el agua que ya ha sido utilizada vuelva a la naturaleza. Estas aguas residuales proceden de las alcantarillas y son tratadas en las depuradoras de forma que pueda ser vertida a ríos y mares. Parte de esa agua puede ser reutilizada. Antes de volver a ser utilizadas para el abastecimiento deben de pasar unos controles que verifiquen que esa agua ha sido tratada de forma correcta y que su uso no sea un riesgo tanto para el medioambiente como para la sociedad.

3.2.3 Reutilización

La reutilización ocurre cuando parte del agua que ha sido saneada vuelve a poder aprovecharse. Esta vez no se utiliza para los hogares como el agua que había sido potabilizada, sino que es destinada a industrias, jardines, agricultura..., pero no para el consumo humano.

3.3 Gestión del agua

Para que el agua llegue a los hogares de los consumidores es necesario un sistema de planificación y gestión de la misma de forma que se garantice el suministro a toda la población y con la calidad adecuada. Este es un tema que afecta directamente a la economía de un país que intenta en la medida de lo posible utilizar la gestión del agua del modo que más le beneficie. Esto quiere decir que cada país, región o incluso en algunos casos municipios selecciona un tipo de gestión para realizar el suministro y saneamiento de sus aguas.

Aunque los países tengan total libertad en la elección de su modo de gestión, deben de seguir la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, conocida como Directiva Marco Europea del Agua (DMA) que intenta unificar las labores de gestión del agua en los países de la Unión Europea, apostar por la innovación tecnológica y establecer una serie de objetivos medioambientales.

3.3.1 Tipos de gestión

Existe un continuo debate sobre si es mejor utilizar una gestión pública o privada del agua, y es que no existen evidencias sólidas que indiquen de forma unánime que tipo de gestión es mejor. Cada municipio, país o región puede llegar a tener el mejor sistema de gestión del agua independientemente del tipo de gestión que tenga implementado. Más adelante se analizará si influye el tipo de gestión a la hora de estudiar la eficiencia en el suministro y saneamiento del agua.

Se van a ver qué diferencia hay entre una gestión y la otra y las variantes existentes. Los tipos de gestión del agua que existen en la actualidad son los siguientes:

3.3.1.1 Gestión pública directa

Los servicios municipales se encargan de todo el ciclo del agua desde su llegada al depósito municipal hasta el alcantarillado y el posterior proceso de evacuación del agua hacia las redes de alcantarillado. Tiene un costo bastante elevado debido a que se necesita una gran inversión en mantenimiento e infraestructuras. Era la más utilizada hasta no hace mucho, pero debido precisamente a los altos costes está dejando de ser el tipo de gestión de varios países.

3.3.1.2 Gestión pública delegada

Los municipios siguen siendo la autoridad organizadora pero su gestión es externa. Este caso surge recientemente precisamente debido a los altos costes en infraestructuras y mantenimiento que se estaban dando en municipios con gestión totalmente pública. Esto ha conllevado que los gobiernos decidan delegar esta responsabilidad en empresas o compañías privadas. Se convoca un concurso público mediante el cual la empresa se hará cargo durante el tiempo que se determine de llevar a cabo la gestión del agua del municipio.

3.3.1.3 Gestión mixta

Una entidad pública (normalmente un ayuntamiento) y una empresa privada se unen para gestionar el recurso de forma conjunta. Es un caso bastante similar al anterior, pero difiere en que la gestión se basa en que la entidad pública suele poseer un porcentaje algo mayor en la gestión respecto a la empresa, normalmente de un 51% y la compañía el porcentaje restante, por lo que tendrán que tratar de gestionar de la mejor manera posible teniendo en cuenta los intereses que más benefician a ambos sectores.

3.3.1.4 Gestión privada directa

Únicamente una empresa de carácter privada es la encargada de toda la gestión del agua. Es la menos utilizada ya que no beneficia a los gobiernos que suelen ser los que toman las decisiones respecto a este tema y no suelen querer delegar toda la responsabilidad en una empresa sin intervenir en un mínimo en la gestión. Se suele decir que al ser una empresa privada la encargada no se vela mucho por los derechos humanos. No suele utilizarse mucho este tipo de gestión.

3.3.1.5 Gestión privada delegada

La gestión del agua es en gran parte externa, pero en este caso sí que toma lugar en ella el gobierno. No suele ser muy utilizada, pero está mejor vista que la gestión privada directa.

3.4 Osmosis

Como a lo largo del trabajo se nombrará varias veces este concepto es conveniente tener una idea de que significa.

La osmosis es un método mediante el cual se desaliniza el agua. La osmosis inversa, que es la que aparecerá en el proyecto, es un tipo de tratamiento fisicoquímico que intenta imitar a la naturaleza de forma que se eliminan las impurezas del agua al pasar por unas membranas.

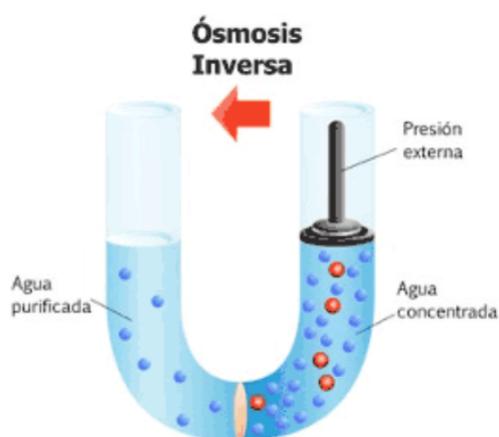


Ilustración 12. Diagrama osmosis inversa

4 GESTIÓN DEL AGUA EN LOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA

Una vez que se conoce cómo llega el agua hasta el consumidor final y qué tipos de gestión del agua existen en la actualidad, en este capítulo se va a realizar una investigación sobre cómo se gestiona el agua en cada uno de los países de la Unión Europea, qué empresas son las más conocidas y algún dato de interés adicional para el caso práctico.

4.1 Alemania

La población de Alemania es de 83.155.031 de habitantes con una reserva de agua anual de 188 mil millones de m³ de agua, donde solo se utilizan el 13,5 %. Posee una superficie de 357.376km² de los cuales el 2,42 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 6,6 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 7,37 m
- Consumo medio residencial 126 l/hab/día
- Precio promedio 1,91 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 99% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 1.863,1 m³/ año

Alemania posee el mayor porcentaje de aguas residuales tratadas dentro de la Unión Europea. Hay 6065 empresas en las que la gestión del agua se divide de la siguiente forma:

- Gestión pública directa, menos de 50 empresas, 0,82% de las empresas.
- **Gestión pública delegada**, 3880 empresas, el 64%. Actualmente, la mayor empresa de abastecimiento y tratamiento de aguas del país es Berliner Wasserbetriebe (BWB) que suministra agua potable al menos a 3,5 millones de habitantes. <https://www.bwb.de/de/index.php>
- Gestión privada delegada, 2120 empresas, el 35% restante.
- En tratamiento de aguas residuales la mayoría son servicios municipales públicos que tratan el agua en el 96% de los hogares.

RWE/Innogy SE es el segundo mayor proveedor de agua en Alemania. Su filial RWW GmbH posee y opera 9 plantas de tratamiento de agua, 13 grandes depósitos de suministro de agua y más de 3.000 km de tuberías. Alrededor de 1 millón de habitantes en un área de 850 km² son abastecidos con agua potable.

La asociación alemana para el agua, aguas residuales y residuos es la Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft (DWA), es una asociación política y económicamente independiente que busca la gestión sostenible del agua y promueve su investigación.

4.2 Austria

La población de Austria es de 8.935.112 habitantes con una reserva de agua anual de 84 mil millones de m³ de agua donde solo se utiliza el 3%. Posee una superficie de 83.871 km² de los cuales el 1,3 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 9,02 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 11,28m
- Consumo medio residencial 129 l/hab/día
- Precio promedio 3,67 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 99% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 8.739 m³/ año

Se encuentra entre los países que más agua tienen de Europa ya que por ella pasa uno de los ríos más caudalosos, el Danubio, que desplaza 500.000 m³/s. Viena utiliza el río como principal red de abastecimiento. El 95% del agua es depurada y devuelta al río.

El 90% de la población recibe agua a través de las 5.500 empresas de suministros y el resto (suelen ser áreas rurales) de pozos. Estas empresas se gestionan de la siguiente forma:

- **Gestión pública directa**, un ejemplo es en la ciudad de Viena donde la empresa Viena Water suministra agua a más de 5600 clientes. <https://www.viennava.gov/home>
- Gestión pública delegada.
- Gestión pública directa en el tratamiento de aguas residuales para lo que existen 1.900 plantas de tratamiento de agua. Una de las empresas es HIPI.

La asociación que gestiona el agua en Austria es la Asociación Austriaca de Gestión de Aguas y Residuos (Öwaw) que busca el desarrollo sostenible.

4.3 Bélgica

La población de Bélgica es de 11.550.039 de habitantes con una superficie de 30.228 km² de los cuales el 6,2 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 9,53 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 4,96 m
- Consumo medio residencial 95 l/hab/día
- Precio promedio 4,53€/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 99% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 1.594 m³/ año

La gestión del agua se divide por regiones:

- Flandes: **Gestión pública delegada** en toda la región. WATERGROEP es la empresa regional de agua que proporciona servicios de agua y alcantarillado a 2,6 millones de clientes en 170 municipios.
- Valonia: **Gestión pública delegada** y algunas (pocas) gestión privada delegada en el tratamiento de las aguas. SWDE es el proveedor de servicios de agua más importante con alrededor de 960.000 conexiones y 2,4 millones de clientes en 200 municipios.
- Bruselas: **Gestión pública delegada** dirigido por Vivaqua y gestión privada delegada en el tratamiento de agua llevado a cabo por Aquiris una empresa filiar de la compañía francesa Veolia. <https://www.vivaqua.be/fr/> <https://www.aquiris.be/en>

La federación que representa los servicios de agua potable y saneamiento del agua en Bélgica es Belgaqua que está formada por 3 asociaciones regionales, una por cada región: SWW (Flandes), Aquawal (Valonia) y Aquabru (Bruselas).

4.4 Bulgaria

La población de Bulgaria es de 6.951.482 habitantes de los cuales el 99,4% está conectado a la red pública de agua, pero en cambio debido al envejecimiento de las infraestructuras el 12% de la población no está conectado al sistema de saneamiento de aguas. Posee una superficie de 110.879 km² de los cuales el 0,3 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 9,96 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 2,19 m
- Consumo medio residencial 99 l/hab/día
- Precio promedio 1,07 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 86% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 3.021m³/ año

En cuanto al tipo de gestión del agua del país, se utilizan:

- Gestión pública directa
- Gestión pública delegada, donde el principal operador es Bulgarian Water & Sewerage Holding creado por el gobierno.
- **Gestión privada delegada** en la capital, Sofia. La empresa es Sofiyska Voda es el proveedor de agua y alcantarillado de la capital que ofrece agua potable a 1,4 millones de personas. El 77,1% de la empresa pertenece a la empresa francesa Veolia. <https://www.sofiyskavoda.bg/>

UWWSORB es la Unión de Operadores de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado de la República de Bulgaria.

4.5 Chipre

La población de Chipre es de 956.800 habitantes con una superficie de 9.251 km²

- Longitud de la red de agua potable per cápita 5,93 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 4,63 m
- Consumo medio residencial 140 l/hab/día
- Precio promedio 1,82 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 99 % de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 655,9 m³/ año

Es un país con abundantes sequías y a veces resulta complicado poder satisfacer las necesidades de toda la población por lo que, para no depender de importaciones de otros países como Grecia, el 70% del agua de Chipre se obtiene de la desalinización del agua del mar por osmosis inversa y el resto de forma natural.

Actualmente existen 5 instalaciones desalinizadoras. La más importante pertenece a la empresa Caramondani.

Otra forma de mejorar el uso del agua se está implementando en algunos hogares por medio de la empresa Hydranos Ltd que, mediante el sistema Cyprobell permite tratar las aguas residuales generadas en las casas hasta en un 45%.

El tipo de gestión del agua que se utiliza en este país es **gestión pública directa**.

El Departamento de Desarrollo de Agua de Chipre está encargado de todo el suministro de agua de la isla. http://www.cyprus.gov.cy/moa/wdd/WDD.nsf/index_en/index_en?OpenDocument

4.6 Croacia

La población de Croacia es de 4.105.000 habitantes de los cuales el 86% de la población tiene acceso a la red de suministro de aguas y el apenas el 44% a la red de tratamiento de aguas residuales. Posee una superficie de 54.594 km² de los cuales el 0,2 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 7,8m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 14 m
- Consumo medio residencial 150 l/hab/día
- Precio promedio 1,98 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 96,6 % de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 25.383 m³/ año

Apenas se depura el 27% del agua residual. La gestión del agua es de dos tipos:

- **Gestión pública directa**, alrededor de 150 empresas que se encargan de garantizar la accesibilidad a toda la población posible y la sostenibilidad. Destaca la empresa Hrvatske Vode que es la entidad legal que gestiona el agua en la capital Zagreb. <https://www.voda.hr/>
- Gestión privada delegada en el tratamiento de aguas residuales en Zagreb.

HGVİK (Hrvatska grupacija vodovoda i kanalizacije) es la asociación de agua y aguas residuales de Croacia.

4.7 Dinamarca

La población de Dinamarca es de 5.837.213 habitantes de los cuales el 89% tiene acceso a la red de suministro de aguas y el apenas el 11% a la red de tratamiento de aguas. Posee una superficie de 43.094 km² de los cuales el 1,6 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 10,2 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 12,4 m
- Consumo medio residencial 105 l/hab/día
- Precio promedio 9,32 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 99 % de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 1.043 m³/ año.

La gestión del agua es:

- Gestión privada el 25% de la población, suele ser más barata que el caso público (2.100 empresas proveedoras de agua)
- **Gestión pública delegada** el 75%, 140 responsables de los servicios de agua en la que destaca y 110 empresas de tratamiento de aguas residuales entre las que se encuentra Biofos, empresa más grande de Dinamarca y trata las aguas residuales de 1,2 millones de habitantes en el área metropolitana de Copenhague. <https://biofos.dk/>

Otra empresa importante del país es VandCenter Syd es una de las compañías de agua más grandes de Dinamarca.

La Asociación Danesa de Agua y Aguas Residuales (DANVA) es una organización financiada por empresas de servicios públicos y su principal función es velar por los intereses de los proveedores daneses.

4.8 Eslovaquia

La población de Eslovaquia es de 5.464.060 habitantes de los cuales el 60% tiene acceso a la red de suministro de aguas. El 97,5% del agua se sanea. Posee una superficie de 49.035 km² de los cuales el 1,9 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 5,6 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 2,64 m
- Consumo medio residencial 79 l/hab/día
- Precio promedio 2,5 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 97,5 % de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 112,20 m³/ año

Eslovaquia es el país de la Unión Europea con menor consumo de agua. La gestión puede ser:

- **Gestión pública delegada**, el 85% de las empresas. Entre ellas destaca la empresa estatal Slovak Water Management Company (SVP) administradora de cursos de agua y cuencas fluviales en Eslovaquia. <https://www.svp.sk/sk/uvodna-stranka/>
- Gestión privada delegada (15%)

La asociación de empresas del agua es AVS (Asociácia Vodárenských Spoločností).

4.9 Eslovenia

La población de Eslovenia es de 2.100.126 habitantes de los cuales el 95% tiene acceso a la red de suministro de aguas. Posee una superficie de 20.273 km² de los cuales el 0,6 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 15,45 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 4,28m
- Consumo medio residencial 103,97 l/hab/día
- Precio promedio 2,26 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 98,1% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 15.338 m³/ año.

Eslovenia es un país rodeado de montañas y bosques rico en agua. Es el primer país europeo que ha conseguido que el agua potable se convierta en derecho fundamental para todos sus ciudadanos, es decir que no es comercializada por decreto de la constitución del país. Por tanto, el suministro de agua potable y la recogida y el tratamiento de aguas residuales urbanas son servicios públicos municipales obligatorios, por lo que el responsable de estas entidades son los municipios. Los tipos de gestión del agua son:

- Gestión pública delegada
- Gestión pública directa por parte de los municipios
- **Gestión privada delegada** contrato limitado en el tiempo en forma de concesión es el caso de Maribor donde la gestión corre a cargo de Aqua Systems donde uno de sus socios es Suez Internacional. <https://aquasystems.si/sl-si/>

GZS-ZKG (Gospodarska zbornica Slovenije – Zbornica komunalnega gospodarstva) es la cámara de comercio e industria de Eslovenia.

4.10 España

La población de España es de 47.450.795 habitantes de los cuales el 98% de la población tiene acceso a la red de suministro de aguas y el 93% a la red de tratamiento de aguas residuales. Posee una superficie de 505.944 km² de los cuales el 1,04 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 5,29 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 4,03 m
- Consumo medio residencial 132 l/hab/día
- Precio promedio 1,88 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 99 % de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 2.388 m³/ año

Además de realizar tratamiento de aguas, en España se lleva a cabo la desalinización del agua, con al menos 500 plantas repartidas por la región. La mayor planta de Europa se encuentra en España, concretamente en Barcelona donde cada 200.000 m³ de agua salada se convierten en potable y se suministran a 4,5 millones de personas.

España tiene una de las tarifas de agua más bajas de Europa pese a contar con pocos recursos hídricos. La gestión puede ser de tres tipos:

- Gestión pública directa, el 10% de las empresas, en las principales ciudades españolas excepto Barcelona y Valencia. La mayor empresa pública es Canal Isabel II que da servicio a más de 6 millones de personas en Madrid.
- **Gestión pública delegada**, el 57% de las empresas entre las que destaca la empresa sevillana Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla (EMASESA) cuyo capital es 100% público. <https://www.emasesa.com/>
- Gestión privada delegada (33%) entre las que destaca Aguas de Barcelona (AgBar).

El tratamiento de aguas residuales es llevado por instituciones públicas en la supervisión y por instituciones privadas en lo relacionado con el mantenimiento.

La Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento es AEAS.

4.11 Estonia

La población de Estonia es de 1.319.133 habitantes con una superficie de 45.228 km² de los cuales el 4,45 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 5,07 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 5,13 m
- Consumo medio residencial 88 l/hab/día
- Precio promedio 3,30 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 99 % de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 9.680 m³/ año

En Estonia, se recoge agua principalmente de la aldea de Pandivere, del acuífero Devónico y el horizonte Siluriano-Ordovícico. Estonia dispone de 12 mil millones de m³ de agua. Existen solo 2 tipos de gestión, que son:

- Gestión pública delegada, la organización Viimsi Vesi Ltd es la única organización pública del norte del país encargada del suministro y tratamiento de agua de toda la población de Viimsi.
- **Gestión privada** en la capital, Tallin, donde la principal empresa es Tallina Vesi que ofrece sus servicios a más de 460.000 habitantes (es la empresa más grande del país). <https://tallinnavesi.ee/>

EVEL (Eesti Vee-ettevõtete Liit) es la Asociación Estonia de Obras de Agua.

4.12 Finlandia

La población de Finlandia es de 5.549.184 habitantes con una superficie de 338.145 km² de los cuales el 9,4 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 19,5 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 9,2 m
- Consumo medio residencial 119 l/hab/día
- Precio promedio 5,91 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 99 % de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 19.918 m³/ año

Finlandia es el país que cuenta con la mayor calidad de agua potable del mundo. El 60% del agua consumida procede de los acuíferos y el 40% de lagos. La gestión del agua se realiza de la siguiente manera:

- **Gestión pública directa** la más utilizada el 70% de las empresas.
- Gestión pública delegada el 30%.

Un ejemplo es HSY que es la autoridad regional que brinda servicios de gestión de agua y aguas residuales en el Área Metropolitana de Helsinki, siendo propiedad de las cuatro ciudades a las que suministra agua. 1,2 millones de habitantes de la región se benefician de los servicios. <https://www.hsy.fi/en/>

FIWA es la Asociación Finlandesa de Servicios de Agua.

4.13 Francia

La población de Francia es de 67.407.241 habitantes con una superficie de 675.417 km² de los cuales el 0,26 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 15 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 6 m
- Consumo medio residencial 170 l/hab/día
- Precio promedio 4,03 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 98,6 % de la población
- recursos hídricos totales renovables per cápita 3.247 m³/ año

La gestión del agua puede ser:

- **Gestión pública directa**, donde destaca la empresa Suez Eau France que suministra agua al 19% de la población de Francia y descontamina las aguas del 18% de la población. <https://www.suez.fr/fr-fr>
- Gestión pública delegada, una de las empresas más conocidas es Veolia Water que además de gestionar las aguas de Francia está presente en otros 76 países.

FP2E (Fédération Professionnelle des Entreprises de l'Eau) es la federación profesional de las compañías de agua.

4.14 Grecia

La población de Grecia es de 10.607.051 habitantes con una superficie de 131.957 km². Posee una reserva de agua anual de 58 mil millones de m³ de agua de los cuales solo se utiliza el 12%.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 6,61 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 4,46 m
- Consumo medio residencial 150 l/hab/día
- Precio promedio 1,23 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 99 % de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 6.501 m³/ año

Se han producido muchas sequías a lo largo de la historia en Grecia. En las islas griegas son escasos los recursos hídricos por lo que se suele recurrir a buques cisterna para el abastecimiento del agua. En cada municipio hay como máximo una empresa encargada del suministro y tratamiento del agua. Su gestión puede ser:

- **Gestión pública delegada** (poblaciones más de 10.000 habitantes), en Atenas y Tesalónica, cuentan con el estado como principal accionista, estas empresas son la Compañía de Agua y Alcantarillado de Atenas (EYDAP SA), que suministra agua potable a 4 millones de habitantes y, la Compañía de Agua y Alcantarillado de Thessaloniki (EYATH SA) que suministra a 1 millón de habitantes. <https://www.eydap.gr/>
- Gestión pública directa (poblaciones menos de 10.000 habitantes), entorno a 230 servicios públicos distintos llamados DEYA.

La Unión Helénica de Empresas Municipales de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (EDEYA) representa a 155 de estas empresas.

4.15 Hungría

La población de Hungría es de 9.769.526 habitantes con una superficie de 90.028 km² de los cuales el 0,74 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 7 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 5,59 m
- Consumo medio residencial 95 l/hab/día
- Precio promedio 2,15 €/m³
- Suministro de agua 99 % de la población
- Saneamiento básico 98 % de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 10.713 m³/ año

La Comisión europea recientemente ha llevado a Hungría al Tribunal de Justicia por incumplir los requisitos de la directiva sobre tratamiento de aguas. En concreto, la directiva exige que todas las ciudades, municipios... recojan y traten adecuadamente las aguas de forma que contaminen lo mínimo posible. 22 zonas del país no cumplen este requisito.

El único tipo de gestión que se aplica en este país es **gestión pública directa**, con Fővárosi Vízművek como empresa líder en el sector, que suministra agua potable a más de 2 millones de habitantes de Budapest y alrededores. <https://www.vizmuvek.hu/hu/tarsasagunk/tarsasagunk>

La Asociación Nacional Profesional de Empresas de Agua y Alcantarillado es MAVIZ que consta de más de 150 miembros entre proveedores de servicios públicos de agua, industria del agua, empresas comerciales y de servicios e instituciones educativas.

4.16 Irlanda

La población de Irlanda es de 4.857.000 habitantes con una superficie de 70.273 km² de los cuales el 2 % es agua. El nivel de recursos de agua es bastante alto, pero recientemente debido a fugas se ha desperdiciado bastante cantidad de agua (800 millones de litros en 2015).

- Longitud de la red de agua potable per cápita 10,6 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 19,1m
- Consumo medio residencial 130 l/hab/día
- Precio promedio 2,44 €/m³
- Suministro de agua 97,9 % de la población
- Saneamiento básico 91,3% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 10.791 m³/ año

La gestión en este país es de una única forma, **gestión pública delegada**, donde destaca la empresa Irish Water encargada de los servicios de agua potable y alcantarillado del país. <https://www.water.ie/>

La LGMA es la agencia estatal que brinda servicios profesionales a las 31 autoridades locales.

4.17 Italia

La población de Italia es de 602.575.566 habitantes con una superficie de 301.340 km² de los cuales el 2,4 % es agua. Posee una reserva de agua anual de 58 mil millones de m³ de agua, donde se utiliza el 18 % para consumo de agua potable.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 6 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 5 m
- Consumo medio residencial 220 l/hab/día
- Precio promedio 2 €/m³
- Suministro de agua 99% de la población
- Saneamiento básico 99% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 3.155 m³/ año

Un tercio del agua destinada a suministro no se acaba suministrando debido a fugas. En este país se dan dos tipos de gestiones:

- Gestión pública delegada (36% asociaciones público-privadas y 5% asociaciones). Una de las asociaciones es Italgas acqua sirve a 283 municipios en el área de Nápoles en la región de Campania
- **Gestión pública directa** (59 %). La empresa más reconocida del sector es ACEA, que suministra agua y trata las aguas de más de 8 millones de habitantes. <https://www.gruppo.acea.it/>

4.18 Letonia

La población de Letonia es de 1.912.789 habitantes con una superficie de 64.589 300 km² de los cuales el 1,5% es agua.

- Precio promedio 1,55 €/m³
- Suministro de agua 98% de la población
- Saneamiento básico 93,9% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 8.746 m³/ año

En Letonia, el suministro de agua puede ser central y local. El gobierno central es responsable de la protección y el desarrollo de los recursos hídricos y la gestión nacional de los recursos hídricos. El gobierno local es el encargado de la supervisión y gestión del uso del agua y el tratamiento de aguas residuales. Cada gobierno local contrata a una empresa para que se encargue del suministro de agua, lo que significa que es una **gestión pública delegada**. Por ejemplo, Rigas ūdens suministra agua a los habitantes de Riga. <https://www.rigasudens.lv/>

La empresa de tratamiento de aguas residuales de Riga más importante es Ekostandarts Tehnologijas.

4.19 Lituania

La población de Lituania es de 2.853.001 habitantes, con una superficie de 65.300 km² de los cuales el 4,01% es agua. Posee una reserva de agua anual de 24,4 mil millones de m³ de agua, donde solo se utilizan el 5 %.

- Consumo medio residencial 175 l/hab/día (solo el 12 % de los recursos)
- Precio promedio 1,55 €/m³
- Suministro de agua 98% de la población
- Saneamiento básico 93,9% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 8.746 m³/ año

Este país posee uno de los mayores suministros de agua potable de Europa. La calidad del agua en el país es muy alta por el hecho de que el agua potable proviene de capas profundas que están protegidas de la contaminación. Es uno de los pocos países europeos donde se utiliza el agua subterránea para el suministro de agua.

Los Municipios organizan y coordinan los servicios de abastecimiento de agua y depuración de aguas residuales, o que significa que el tipo de gestión utilizado en el país es la **gestión pública directa**. Vilniaus vandenys es la compañía de suministro de agua más grande de Lituania, operando en la ciudad de Vilna y alrededores. Presta servicios de suministro y tratamiento de aguas a al menos 265.000 habitantes. <https://www.vv.lt/en/about-us/>

LVTA (Association of Lithuanian Water Suppliers) es la Asociación de Proveedores de Agua lituana, proporciona asesoría a las autoridades a cargo de la gestión del agua en la regulación estatal del suministro de agua y la gestión de las aguas residuales.

4.20 Luxemburgo

La población de Luxemburgo es de 626.108 habitantes, con una superficie de 2.586 km² de los cuales un 96,5% tiene acceso al agua potable.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 7 mm
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 8 m
- Consumo medio residencial 137 l/hab/día
- Precio promedio 5,75 €/m³
- Suministro de agua 99% de la población
- Saneamiento básico 97,6% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 5.792 m³/ año

El embalse de sch-sur-Sûre suministra agua al 80% de la población. El tipo de gestión que se da en este país es la **gestión pública directa** donde los municipios en general cuentan con servicios de agua potable y alcantarillado integrados en su administración. Como principal proveedor de agua está Sustainwater. <https://sustain-water.com/fr/>

ALUSEAU (Association Luxembourgeoise des Services D'Eau) es la Asociación de Servicios de Agua de Luxemburgo.

4.21 Malta

La población de Malta es de 475.700 habitantes, con una superficie de 316 km².

- Longitud de la red de agua potable per cápita 5,6 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 3,83 m
- Consumo medio residencial 77,11 l/hab/día
- Precio promedio 3,11 €/m³
- Suministro de agua 99% de la población
- Saneamiento básico 99% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 115 m³/ año

Debido a que Malta no tiene aguas superficiales como ríos, lagos..., el 60% del agua potable procede del mar lo que provoca que tengan que utilizar el proceso de osmosis inversa para desalinizarla y potabilizarla. No se suele utilizar el agua de grifo en este país, se suele usar agua embotellada. Malta apenas cuenta con unos recursos hídricos de 0,5 millones de m³ al año. Malta es uno de los 10 países con mayor escasez de agua del mundo.

La gestión del agua en Malta es **pública delegada**. La empresa encargada del proceso de osmosis, suministro y tratamiento de las aguas es Water Services Corporation (WSC) <https://www.wsc.com.mt/>

4.22 Países Bajos

La población de los Países Bajos es de 10.720.000 habitantes con una superficie de 41.543 km² de los cuales el 18,41 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 7,06 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 9,12 m
- Consumo medio residencial 127 l/hab/día
- Precio promedio 5,47€/m³
- Suministro de agua 99% de la población
- Saneamiento básico 97,7% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 5.334 m³/ año

El 60% del agua potable holandesa proviene de aguas subterráneas y el 40% de aguas superficiales. El agua llega al 100% de los hogares. El consumo de agua es uno de los más bajos de Europa. En 2004 se aprobó una ley que prohíbe el suministro del agua al sector privado, por lo que el único medio de gestión utilizado en Holanda es la **gestión pública delegada**, donde los municipios son responsables de la gestión del sistema de alcantarillado mientras que las juntas de agua gubernamentales regionales se ocupan del tratamiento de aguas.

Apenas existen 10 empresas de agua, las representa la Asociación de Empresas de Agua Holandesas (Vewin). La mayor empresa de agua potable es Vitens que suministra agua potable a 5,8 millones de clientes. <https://www.vewin.nl/Paginas/Default.aspx>, <https://www.vitens.nl/>

4.23 Polonia

La población de Polonia es de 38.208.000 habitantes con una superficie de 312.696 km² de los cuales el 2,6 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 7,99 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 5,4 m
- Consumo medio residencial 99 l/hab/día
- Precio promedio 2,75 €/m³
- Suministro de agua 99% de la población
- Saneamiento básico 99% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 1.595 m³/ año

El 100% de la población tiene acceso a la red de suministro de agua, pero un 90% de la población considera que es mejor beber agua embotellada debido al alto contenido de cal que posee el agua de grifo. El tipo de gestión utilizado es:

- **Gestión pública delegada**, donde destaca mpwik Varsovia (Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji) que proporciona agua en Varsovia. (<https://www.mpwik.com.pl/>)
- Gestión pública directa, con la empresa mpwik Rzeszów en la ciudad de Rzeszów.

La cámara de comercio Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie (IGWP) es la única organización del gobierno en el sector del agua y el alcantarillado. Están asociadas más de 500 empresas del mercado de agua y saneamiento.

4.24 Portugal

La población de Portugal es de 10.295.909 habitantes con una superficie de 92.090 km² de los cuales solo el 0,5 % es agua.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 11,3 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 7,2 m
- Consumo medio residencial 204 l/hab/día
- Precio promedio 1,82 €/m³
- Suministro de agua 99% de la población
- Saneamiento básico 99% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 7.547 m³/ año

El 93% de la población tiene acceso a agua potable y el 76% al alcantarillado. La calidad del agua del país no es muy buena debido a que no cumple todos los parámetros establecidos por la Unión Europea. Existen 3 formas de gestionar el agua en Portugal:

- **Gestión pública directa**, la más utilizada, 2,5 millones de personas afectadas por esta gestión. Puede ser a su vez gestión municipal o por grupos de municipios como es el caso de la mayor empresa del país, Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL). Este tipo de gestión suministra agua al 33 % de los hogares y lleva el saneamiento del 39 %. (<https://www.epal.pt/EPAL>)
- Gestión privada delegada, puede tener estar en el ámbito municipal o autonómico. Existe sobre todo en municipios medianos. La empresa de más conocida es Indaqua, que suministra agua a 1,5 millones de personas. Este modelo de gestión llega al 15% de los consumidores.
- Gestión pública delegada, también puede encontrarse en el ámbito municipal o autonómico. Se implementan los sistemas multimunicipales, sistemas de servicios regionales de propiedad conjunta de la empresa estatal portuguesa ADP (Águas de Portugal) y varios municipios. Cubre el 12% de los hogares portugueses. (<https://www.adp.pt/pt/>)

La entidad reguladora de los servicios de agua y residuos de Portugal es ERSAR y la asociación portuguesa de distribución y depuración de aguas portuguesas es la APDA.

4.25 República Checa

La República Checa cuenta con una superficie total de 78.886 km² de los cuales solo el 2 % es agua, y una población de 10.697.858 habitantes. El 93% de la población tiene acceso a la red de suministro de agua potable y el 76% a la red de alcantarillado.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 7,41 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 4,59 m
- Consumo medio residencial 89,2 l/hab/día
- Precio promedio 3,42 €/m³
- Suministro de agua 99% de la población
- Saneamiento básico 99% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 1.233 m³/ año

Existe cierta preocupación con el tema del agua debido a las sequías de los últimos años que han reducido considerablemente la cantidad de agua disponible.

Tiene formas muy diversas de gestionar el agua:

- **Gestión privada delegada**, el 59% de las empresas, es la más utilizada, en esta gestión existen dos formas:
 - Directamente, mediante contratos entre municipios y entidades privadas.
 - Indirectamente, a través de asociaciones que alquilan a entidades privadas o empresas públicas que alquilan el bien al sector privado.
 La empresa Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s. (SmVak) es la tercera empresa del país suministrando agua a los municipios de Ostrava, Hlučín, Studénka y Přerov, alrededor de 730.000 habitantes, y llevando el saneamiento en 80 municipios. Esta empresa es uno de los mayores socios de la ya mencionada Aqualia, empresa española de gestión de aguas. (<https://smvak.cz/home>)
- Gestión pública delegada, el 25%, la empresa Královéhradecká Provozní miembro del grupo Veolia es el operador del suministro de agua y alcantarillado de municipios y ciudades ubicadas en los antiguos distritos de Kladno, Mělník, partes de Praga Este y Oeste, partes de los distritos de Rakovník y Mladá Boleslav.
- Gestión privada directa, el 9%.
- Gestión pública directa, el 7%.

Existe una asociación (Svazek vodovodu a kanalizaci mest a obci, Boskovice) de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado de Pueblos y Municipios se centra en asegurar el suministro de agua y el tratamiento de aguas residuales de los municipios asociados. Actualmente 76 municipios pertenecen a la asociación. Gestiona 725.238 km de tuberías de agua y 276.492 km de alcantarillas.

4.26 Rumanía

Rumania cuenta con 238.391 km² de superficie y una población de 19.317.984 habitantes. El 98% de la población tiene acceso a la red de suministro de agua potable.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 4,3 m
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 1,96 m
- Consumo medio residencial 119 l/hab/día
- Precio promedio 1,42 €/m³
- Suministro de agua 99% de la población
- Saneamiento básico 87,1% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 10.869 m³/ año

Existen 3 tipos de gestión del agua en Rumania:

- Gestión pública delegada, donde existen 43 operadores regionales en la actualidad y donde una de las empresas más destacadas es la española Aqualia.
- **Gestión privada delegada**, existen dos grandes empresas locales de agua en Bucarest y Ploiesti. Apa Nova București es la empresa de Bucarest y Apa nova Ploiesti la de Ploiesti, ambas son miembros de la compañía francesa Veolia. (<https://www.apanovabucuresti.ro/>)
- Gestión pública directa, donde más de 900 pequeños sistemas locales son gestionados por servicios de los municipios. La empresa pública regional más grande de Rumania es Raja Constanta que suministra y trata el agua de más de 3 millones de personas.

4.27 Suecia

Suecia es uno de los países más extensos de Europa con una superficie total de 450.295 km² de los cuales el 8,66 % es agua, pero en cambio, es un país relativamente pequeño en cuanto a población, 10.343.403 habitantes.

- Longitud de la red de agua potable per cápita 9,2 m.
- Longitud de la red de aguas residuales per cápita 8,9 m
- Consumo medio residencial 140 l/hab/día
- Precio promedio 4,44 €/m³
- Suministro de agua 99% de la población
- Saneamiento básico 99% de la población
- Recursos hídricos totales renovables per cápita 17.449 m³/ año

Suecia es un país muy rico en recursos hídricos, el 50% de la producción de agua potable es agua superficial y el otro 50% agua subterránea. La gestión del agua es de dos tipos:

- **Gestión pública directa:** donde la empresa más destacada es Water and Sewage Southes (VA SYD) que presta servicios de suministro de agua y de tratamiento de aguas residuales en la región de Skåne. (<https://www.vasyd.se/>)
- Gestión pública delegada: donde destaca VA-Ingenjörerna, empresa líder en tratamiento de aguas y lodos y desde 1990.

5 COMPARACIÓN POR PAÍSES

Una vez que se dispone de toda la información sobre cómo se realiza el suministro y tratamiento del agua en cada país, se va a ver qué relación hay entre ellos, quiénes tienen los precios más competitivos, comparar lo que se obtiene en cada uno... para posteriormente ver qué datos serán de ayuda para calcular el país cuya gestión del agua sea más eficiente.

5.1 Tipos de gestión

Se presentan a continuación los datos recopilados en el capítulo anterior sobre el tipo de gestión. La gráfica muestra la información del tipo de gestión en cada país (ver Ilustración 12)

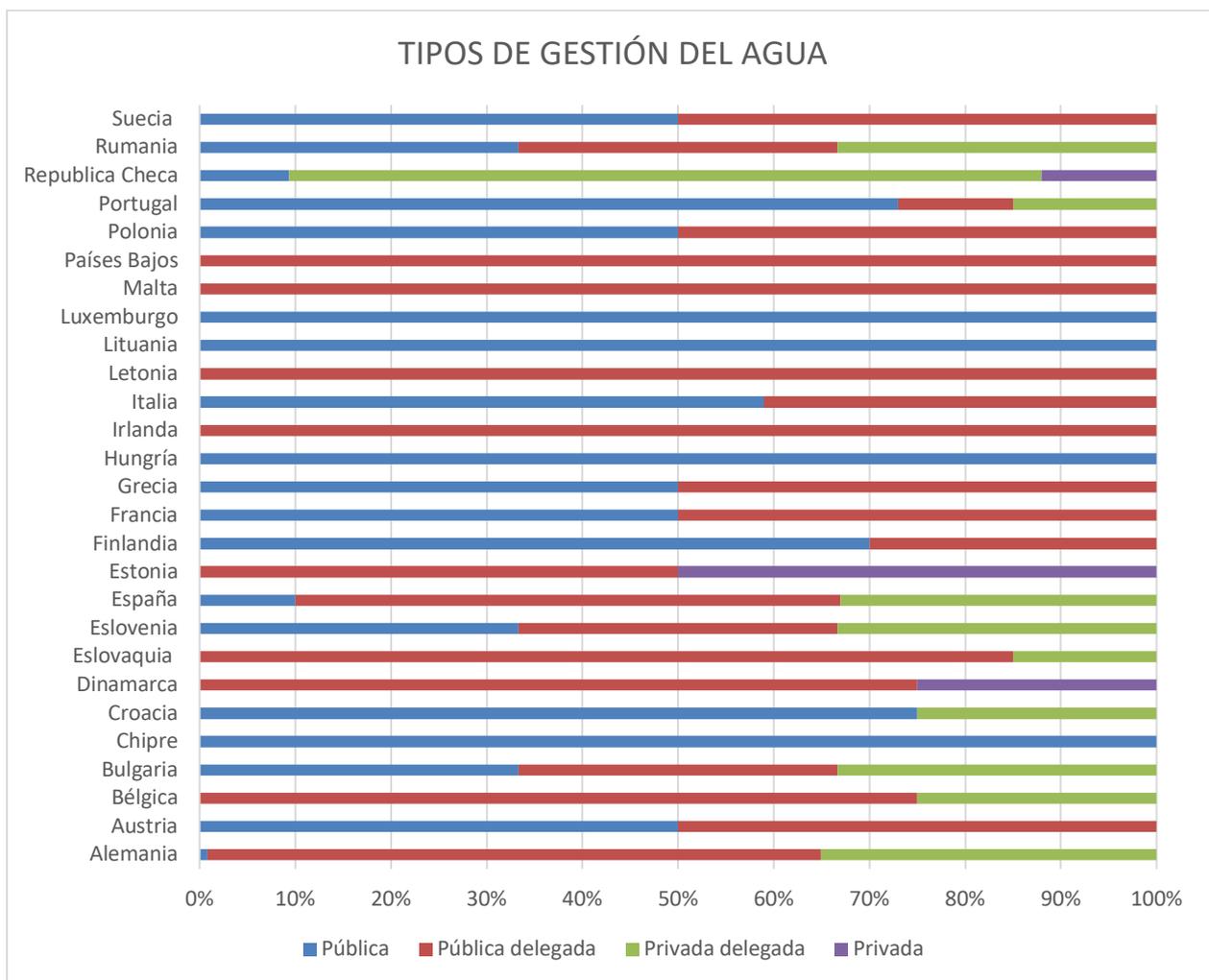


Ilustración 13. Gráfica por países según tipo de gestión

Se han tomado los datos sobre los tipos de gestión vistos en el capítulo 4. Se han representado todos los tipos de gestión que hay en cada uno de los países en un rango del 0 al 100%.

La gestión más utilizada es la gestión pública seguida de la gestión pública delegada. Apenas 3 países poseen gestión privada en el suministro de agua (República Checa, Estonia y Dinamarca).

Para simplificar los cálculos que se harán en los siguientes capítulos para buscar el país cuyo suministro y tratamiento de aguas sea el más eficiente, se ha seleccionado para cada país un tipo de gestión. Para seleccionar cuál de las posibilidades elegir, se ha cogido la que exista en mayor porcentaje y, en los casos con empate en varios tipos de gestión, se ha cogido el tipo de gestión que se da en la capital del país, puesto que se podrán encontrar datos más interesantes.

Se ha elaborado una tabla con el tipo de gestión seleccionado en cada país y su empresa más conocida:

PAÍS	TIPO GESTIÓN	EMPRESA
Alemania	Pública delegada	Berliner Wasserbetriebe (BWB)
Austria	Pública	Viena Water
Bélgica	Pública delegada	Vivaqua
Bulgaria	Privada delegada	Sofiyska Voda
Chipre	Pública	Departamento de Desarrollo de Agua de Chipre
Croacia	Pública	Hrvatske Vode
Dinamarca	Pública delegada	Biofos
Eslovaquia	Pública delegada	Slovak Water Management Company (SVP)
Eslovenia	Privada delegada	Aqua Systems
España	Pública delegada	Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla (EMASESA)
Estonia	Privada	Tallina Vesi
Finlandia	Pública	HSY
Francia	Pública	Suez Eau France
Grecia	Pública delegada	Compañía de Agua y Alcantarillado de Atenas (EYDAP SA)
Hungría	Pública	Fővárosi Vízművek
Irlanda	Pública delegada	Irish Water
Italia	Pública	ACEA
Letonia	Pública delegada	Rigas ūdens
Lituania	Pública	Vilniaus vandenys
Luxemburgo	Pública	Sustainwater
Malta	Pública delegada	Water Services Corporation (WSC)
Países Bajos	Pública delegada	Vitens
Polonia	Pública delegada	mpwik Varsovia (Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji)
Portugal	Pública	Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL)
Republica Checa	Privada delegada	Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s. (SmVak)
Rumania	Privada delegada	Apa Nova București
Suecia	Pública	Water and Sewage Southes (VA SYD)

Ilustración 14. Tabla tipo de gestión por países

5.2 Tarifas de agua

Se ha buscado el precio que tiene el agua para cada una de las empresas anteriores, para ello mediante la web de cada una de las empresas se ha buscado el apartado que incluya la tarifa de agua por m³ consumido. De la mayoría ha sido fácil encontrar tanto su tarifa de suministro de agua como la de tratamiento de aguas, de otras directamente se decía cuál es la tarifa total del agua. Como se sabe que la tarifa de agua consta de la suma de la tarifa de suministro de agua más la tarifa de saneamiento, se ha puesto directamente su costo total. En otros casos, en los que no venía información de la propia empresa en relación con las tarifas, se ha tomado el dato que se tenía de precio medio sacado del documento “The Governance of Water Services in Europe”.

La tabla que recoge las distintas tarifas es la siguiente:

PAÍS	TARIFA SUMINISTRO AGUA (€/m ³)	TARIFA SANEAMIENTO (€/m ³)	TARIFA TOTAL (€/m ³)
Alemania	1,69	2,16	3,85
Austria	1,55	2,46	4,01
Bélgica	1,88	1,98	3,86
Bulgaria	1,54	0,37	1,91
Chipre	1,49	3,48	1,82
Croacia	1,49	0,49	1,98
Dinamarca	2,70	3,25	9,02
Eslovaquia			2,50
Eslovenia			2,26
España	1,61	0,99	2,6
Estonia	0,61	0,91	1,52
Finlandia	0,60	0,4	1
Francia			3,36
Grecia			1,23
Hungría	1,06	1,56	2,62
Irlanda	1,87	2,44	4,31
Italia			2
Letonia	1,02	0,91	1,93
Lituania	1,32	0,61	1,93
Luxemburgo			5,5
Malta			2,18
Países Bajos			5,47
Polonia	0,82	1,26	2,08
Portugal			1,82
Republica Checa	1,46	1,32	2,78
Rumania	0,91	0,48	1,39
Suecia			4,44

Ilustración 15. Tabla tarifas

Si se analiza la tarifa total en los distintos países:

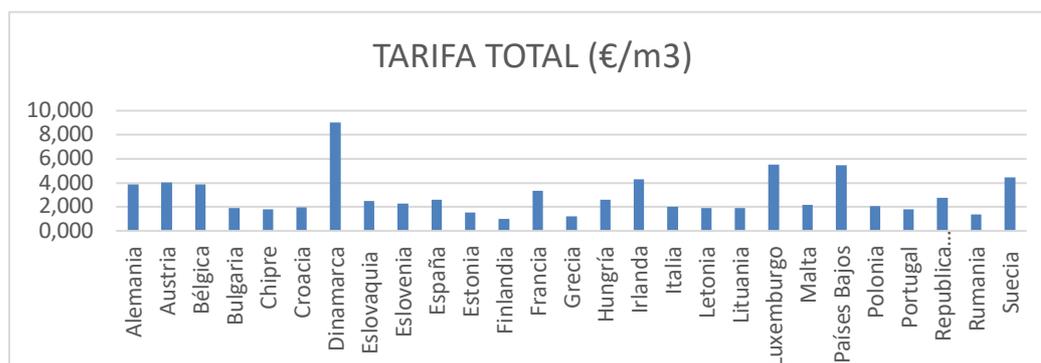


Ilustración 16. Gráfica tarifa total

Observando la gráfica se ve que Dinamarca tiene una tarifa demasiado elevada (9,02 €/m³) comparada con el resto de los países. Esta diferencia se debe a que se están comparando países cuyo salario medio es muy dispar. Por ello, es conveniente hacer el estudio en función del sueldo medio de cada país, para lo que se ha tomado como referencia el sueldo medio de España (2,236€) y su tarifa (2,6 €/m³). Tras la realización de estos cálculos la tabla anterior quedaría:

PAÍS	SUELDO MEDIO	TARIFA TOTAL (€/m ³)	TARIFA TOTAL ACTUALIZADA (€/m ³)
Alemania	4380	3,85	1,96
Austria	4205	4,01	2,13
Bélgica	4354	3,86	1,98
Bulgaria	747	1,91	5,71
Chipre	1916	1,82	2,12
Croacia	1188	1,98	3,73
Dinamarca	5128	9,02	3,93
Eslovaquia	1173	2,50	4,77
Eslovenia	1874	2,26	2,70
España	2236	2,60	2,60
Estonia	1527	1,52	2,23
Finlandia	3993	1	0,56
Francia	3331	3,36	2,26
Grecia	1569	1,23	1,75
Hungría	1255	2,62	4,66
Irlanda	4220	4,31	2,28
Italia	2836	2	1,58
Letonia	1273	1,93	3,39
Lituania	1559	1,93	2,77
Luxemburgo	5605	5,50	2,19
Malta	1996	2,18	2,44
Países Bajos	4612	5,47	2,65
Polonia	1170	2,08	3,98
Portugal	1717	1,82	2,37
Republica Checa	1415	2,78	4,39
Rumania	1057	1,39	2,94
Suecia	3966	4,44	2,50

Ilustración 17. Tabla tarifas actualizada

Para obtener esta operación lo que se ha hecho ha sido recopilar los sueldos medios de los países y una vez obtenidos multiplicar el sueldo medio de España (2.236 €) por la tarifa de agua del país que se quiere estudiar entre el sueldo medio de ese país:

PAÍS	SUELDO MEDIO	TARIFA TOTAL (€/m ³)	TARIFA TOTAL ACTUALIZADA (€/m ³)
Alemania	4.380	3,849	$=2236 * G2 / F2$
Austria	4.205	4,007	2,131

Ilustración 18. Cálculo tarifa actualizada

Si se analizan los resultados obtenidos la gráfica siguiente muestra las distintas tarifas:

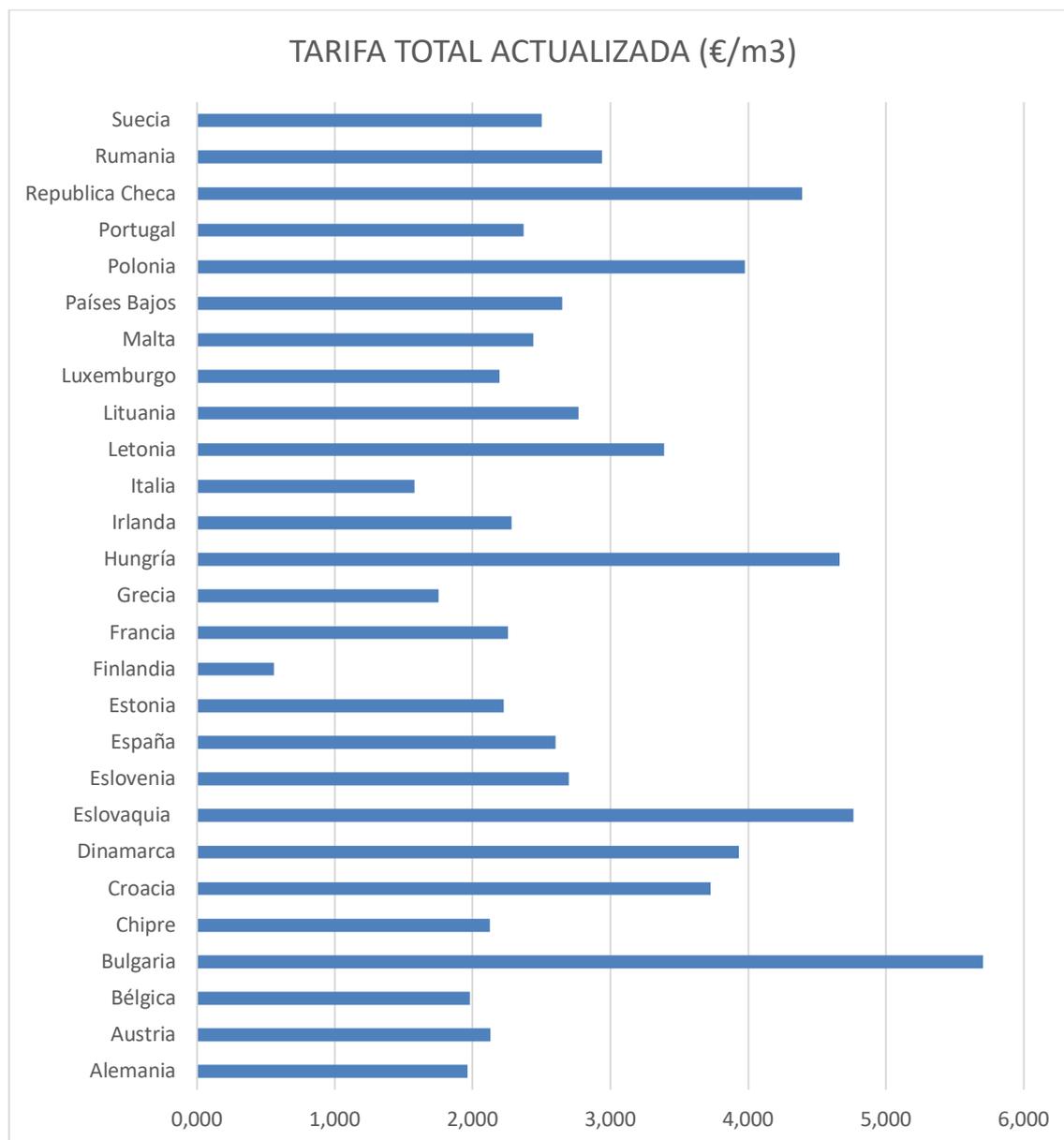


Ilustración 19. Gráfica tarifas actualizadas

Para esta nueva situación el país con mayor tarifa de agua es Bulgaria con una tarifa de 5,705 € respecto a los 1,906 € iniciales y que el que menos paga por m³ de agua es Finlandia, con una tarifa de apenas 0,56 €/m³.

5.3 Gasto mensual

Una vez obtenidas las tarifas de agua como se tienen los datos de consumo medio de cada país por habitante y día, se ha podido calcular el gasto medio de una familia en un mes. Para que este cálculo sea lo más realista posible se ha tenido en cuenta el IVA que cada país destina al suministro de agua.

Se ha considerado que en un hogar hay de media 4 habitantes por lo que se ha realizado el cálculo del gasto medio mensual para un hogar en el que viven 4 habitantes. Este cálculo se hace teniendo en cuenta los precios reales de los países, es decir, con la primera tabla de tarifas obtenida.

Incluyendo todo lo explicado la tabla sería de la siguiente forma:

PAÍS	TARIFA TOTAL (€/m3)	IVA	CONSUMO MEDIO DIARIO POR HABITANTE (m3/día)	GASTO MENSUAL FAMILIA (€)
Alemania	3,85	0,07	0,13	58,24
Austria	4,01	0,13	0,13	62,11
Bélgica	3,86	0,12	0,10	44,06
Bulgaria	1,91	0,09	0,10	22,66
Chipre	1,82	0,09	0,14	30,60
Croacia	1,98	0,13	0,15	35,69
Dinamarca	9,02	0,25	0,11	113,94
Eslovaquia	2,50	0,10	0,08	23,72
Eslovenia	2,26	0,10	0,10	28,22
España	2,60	0,10	0,13	41,23
Estonia	1,52	0,09	0,09	16,07
Finlandia	1	0,14	0,12	14,30
Francia	3,36	0,1	0,17	68,61
Grecia	1,23	0,13	0,10	14,04
Hungría	2,62	0,18	0,10	29,90
Irlanda	4,31	0,14	0,13	67,33
Italia	2	0,10	0,22	52,85
Letonia	1,93	0,12	0,20	45,68
Lituania	1,93	0,09	0,18	40,57
Luxemburgo	5,50	0,14	0,14	90,55
Malta	2,18	0,07	0,08	20,78
Países Bajos	5,47	0,09	0,13	83,44
Polonia	2,08	0,08	0,10	24,73
Portugal	1,82	0,13	0,20	44,61
Republica Checa	2,78	0,15	0,09	29,80
Rumania	1,39	0,09	0,12	19,87
Suecia	4,44	0,12	0,14	74,68

Ilustración 20. Tabla cálculo gasto mensual por familia

Para el cálculo del gasto mensual de una familia lo que se ha hecho ha sido sumarle a la tarifa de cada país su porcentaje de IVA correspondiente y multiplicar ese resultado por el consumo medio diario y al ser por habitante, multiplicarlo por los 4 habitantes que se toman como referencia en un hogar y por los 30 días que tiene un mes. La fórmula sería la siguiente:

$$\text{GASTO MENSUAL FAMILIA} = (\text{TARIFA TOTAL} + (\text{TARIFA TOTAL} \times \frac{\text{IVA}}{100})) \times (\text{CONSUMO MEDIO DIARIO POR HABITANTE} \times 30 \times 4)$$

PAÍS	TARIFA TOTAL (€/m3)	IVA	CONSUMO MEDIO DIARIO POR HABITANTE (m3/día)	GASTO MENSUAL FAMILIA (€)
Alemania	3,85	0,07	0,13	=(D2+(E2*D2/100))*(F2*30*4)

Ilustración 21. Tabla y fórmula cálculo gasto mensual por familia

Si se analizan los precios, el orden sería el siguiente:

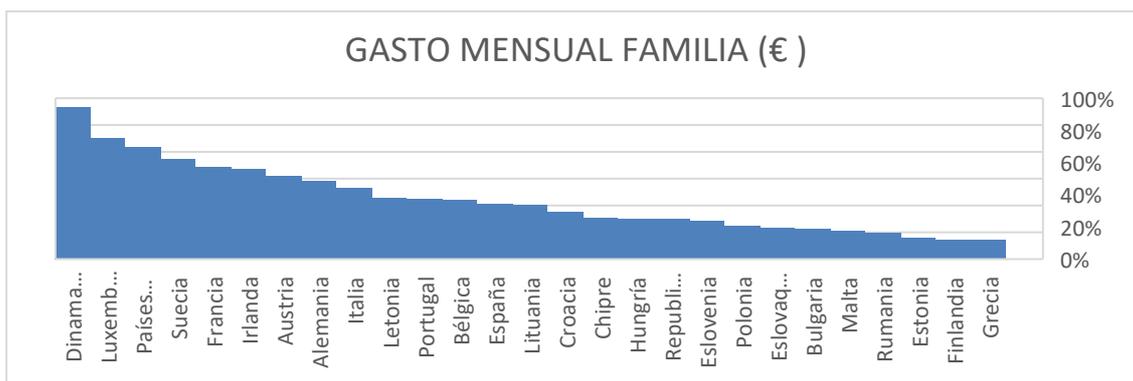


Ilustración 22. Gráfico por países de gasto mensual por familia

Se ve que los países donde más se gasta mensualmente en el suministro y saneamiento del agua es en Dinamarca y en Luxemburgo con un gasto de 113,94 y 90,55 € respectivamente. Estos precios tan elevados si se analizan sabiendo lo que se cobra en España (2.236 €), país que se toma como referencia, es un gasto bastante elevado, pero en función de sus sueldos medios llega a ser normal ese coste tan alto ya que en esos países el nivel de vida es distinto a España y se gana al mes bastante más dinero que en España siendo su sueldo medio de 5.128 y 5.605 €.

También se podría analizar si existe relación entre el consumo medio de un país por habitante y día con la tarifa.

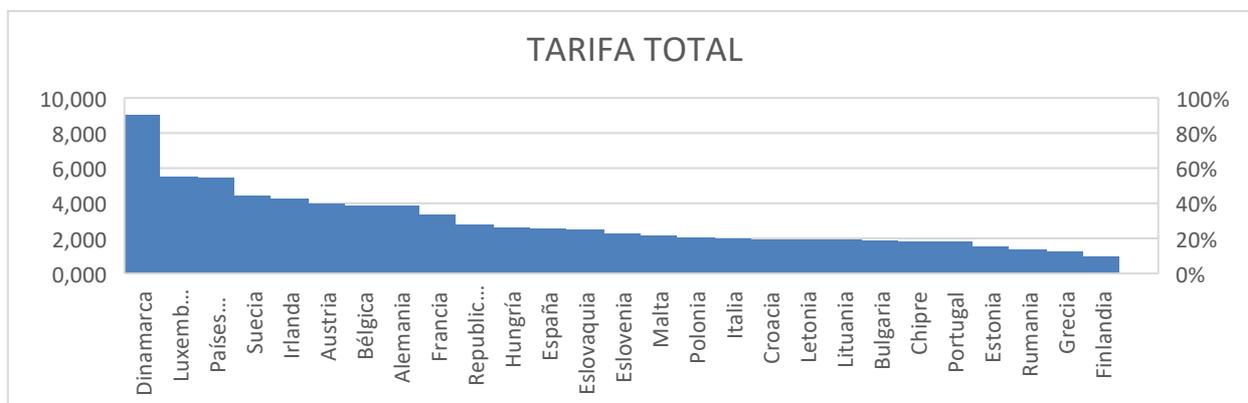


Ilustración 23. Gráfica tarifa total ordenada por países

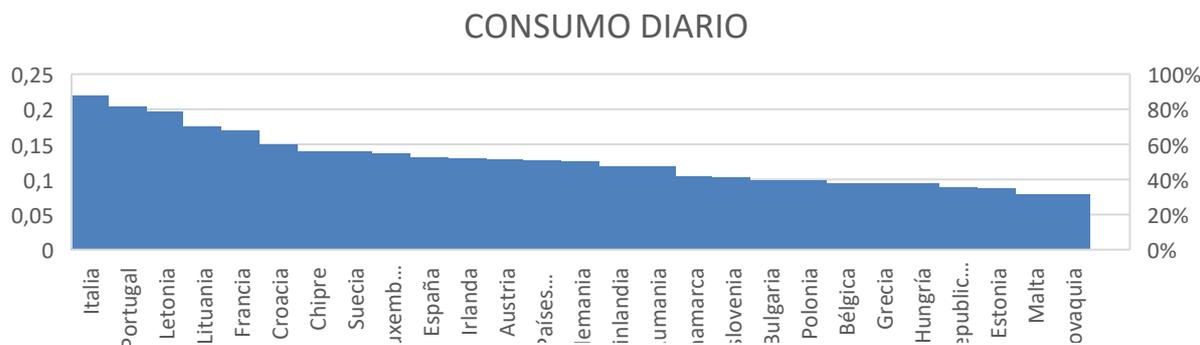


Ilustración 24. Gráfica consumo diario ordenado por países

Se observa que no existe relación alguna entre la tarifa de un país con lo que se consume diariamente. Dinamarca y Luxemburgo son los países con mayor tarifa y se ve claramente que no está ligado a que sean los que menos agua consumen.

5.4 Consumo diario

El consumo medio diario por habitante en un día es un dato recogido en el capítulo 4 que se muestra recopilado en la siguiente tabla:

PAÍS	CONSUMO MEDIO DIARIO POR HABITANTE (m³/día)
Alemania	0,13
Austria	0,13
Bélgica	0,10
Bulgaria	0,10
Chipre	0,14
Croacia	0,15
Dinamarca	0,11
Eslovaquia	0,08
Eslovenia	0,10
España	0,13
Estonia	0,09
Finlandia	0,12
Francia	0,17
Grecia	0,10
Hungría	0,10
Irlanda	0,13
Italia	0,22
Letonia	0,20
Lituania	0,18
Luxemburgo	0,14
Malta	0,08
Países Bajos	0,13
Polonia	0,10
Portugal	0,20
Republica Checa	0,09
Rumania	0,12
Suecia	0,14

Ilustración 25. Tabla consumo diario por habitante

Si se compara lo que se consume en los distintos países:



Ilustración 26. Gráfica consumo diario por habitante

Se observa que el país que más consume en un día es Italia con un consumo medio diario por habitante de $0,22 \text{ m}^3/\text{día}$. Y el que menos es Malta con un consumo de $0,08 \text{ m}^3/\text{día}$.

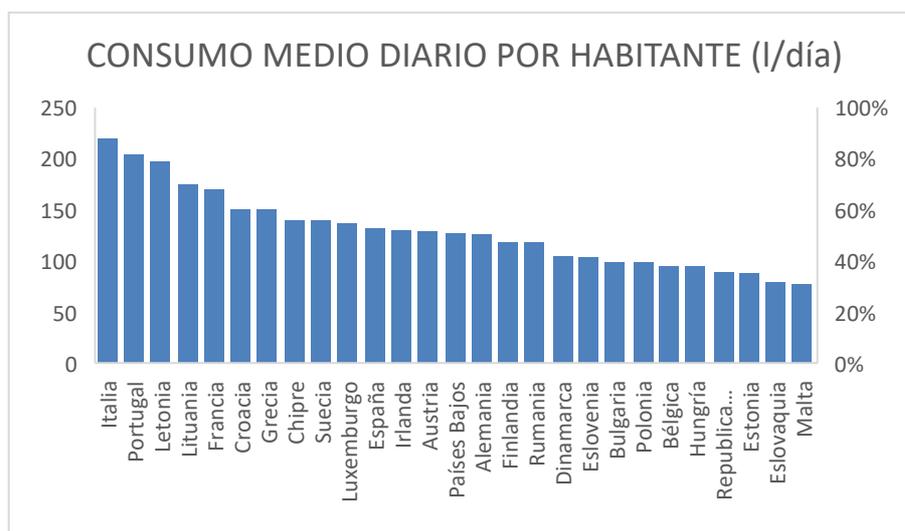


Ilustración 27. Gráfica ordenada consumo diario por habitante

Al ordenar los datos de consumo medio por habitante de mayor a menor (ver Ilustración 26) se ve que los países que más consumen al día son Italia, Portugal y Letonia y, por el contrario, Estonia, Eslovaquia y Malta son los que menos agua consumen diariamente.

Se conocía que Eslovaquia era de los países de Europa que menos consumía y que Malta sufre escasez de agua por lo que no es sorprendente que al compararlo ambas estén en la cola en cuanto a consumo diario de agua. Respecto a los que más consumen no se tenían datos significativos que hicieran pensar que iban a ser esos los países que más consumen de Europa.

5.5 Recopilación datos

Al buscar la información para el capítulo 4 se consiguieron datos de interés para analizar a la hora de comparar todos los países.

Se ha elaborado una tabla incluyendo todos estos datos para poder evaluar cómo es la diferencia entre los grandes capitales y los países con menores recursos en los distintos aspectos encontrados.

Se han recopilado todos los datos en relación con el agua en los distintos países de la Unión Europea en las siguientes tablas (ver Ilustraciones 26 y 27)

PAÍS	SUPERFICIE (Km2)	POBLACIÓN	LONGITUD RED AGUA POTABLE (m/hab)	LONGITUD RED AGUAS RESIDUALES (m/hab)
Alemania	357.376	83.155.031	6,60	7,37
Austria	83.871	8.935.112	9,02	11,28
Bélgica	30.228	11.550.039	9,53	4,96
Bulgaria	110.879	6.951.482	9,96	2,19
Chipre	9.251	956.800	5,93	4,63
Croacia	56.594	4.105.000	7,80	14
Dinamarca	43.094	5.837.213	10,2	12,40
Eslovaquia	49.035	5.464.060	5,60	2,64
Eslovenia	20.273	2.100.126	15,45	4,28
España	505.944	47.450.795	5,29	4,03
Estonia	45.228	1.319.133	5,07	5,13
Finlandia	338.145	5.549.184	19,50	9,20
Francia	675.417	67.407.241	15	6
Grecia	131.957	10.607.051	6,61	4,46
Hungría	90.028	9.769.526	7	5,59
Irlanda	70.273	4.857.000	10,60	19,10
Italia	301.340	60.257.566	6	5
Letonia	64.589	1.912.789		
Lituania	65.300	2.853.001		
Luxemburgo	2.586	626.108	7	8
Malta	316	475.700	5,60	3,83
Países Bajos	41.543	17.302.116	7,06	9,12
Polonia	312.696	38.208.000	7,99	5,40
Portugal	92.090	10.295.909	11,30	7,20
República Checa	78.886	10.697.858	7,41	4,59
Rumania	238.391	19.317.984	4,30	1,96
Suecia	450.295	10.343.403	9,20	8,90

Ilustración 28. Tabla recopilación datos 1

PAÍS	PORCENTAJE AGUA SUMINISTRADA	PORCENTAJE AGUA SANEADA	RECURSOS HÍDRICOS TOTALES RENOVABLES (m3/año)	RESERVA ANUAL DE AGUA (millones de m3)
Alemania	99%	99%	1863	188.000
Austria	99%	99%	9.739	84.000
Bélgica	99%	99%	1594	18.300
Bulgaria	99%	86%	3.021	20.400
Chipre	99%	99%	656	600
Croacia	99%	96,6%	25.383	95.000
Dinamarca	99%	99%	1.043	3.700
Eslovaquia	99%	97,5%	112	50.100
Eslovenia	99%	98,1%	15.338	31.700
España	99%	99%	2.388	109.800
Estonia	99%	99%	9.680	12.000
Finlandia	99%	99%	19.918	109.800
Francia	99%	98,6%	3.247	209.000
Grecia	99%	99%	6.501	58.000
Hungría	99%	98%	10.713	104.000
Irlanda	97,9%	91,3%	10.791	51.200
Italia	99%	99%	3.155	179.300
Letonia	99%	92,4%		34.500
Lituania	98%	93,9%	8.746	24.400
Luxemburgo	99%	97,6%	5.792	3.500
Malta	99%	99%	115	100
Países Bajos	99%	97,7%	5.334	91.000
Polonia	99%	99%	1.595	60.000
Portugal	99%	99%		77.400
República Checa	99%	99%	1.233	13.200
Rumania	99%	75,6%	10.869	211.600
Suecia	99%	99%	17.449	173.000

Ilustración 29. Tabla recopilación de datos 2

5.6 Reserva anual

Por último, se va a comparar la reserva de agua de la que dispone cada país.

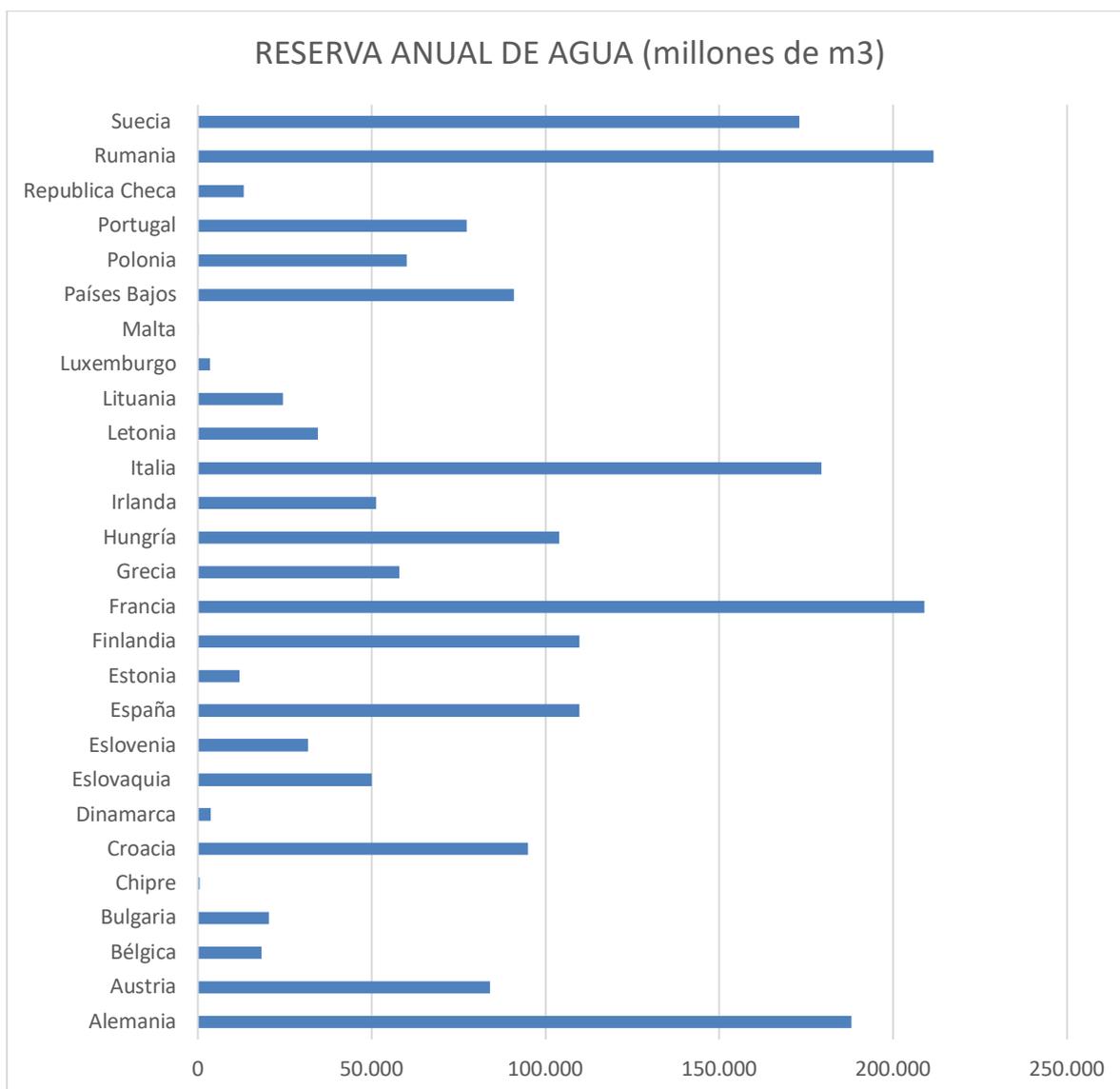


Ilustración 30. Gráfica reserva anual de agua

El país que cuenta con mayor reserva de agua es Rumania con 211.600 millones de m³ muy seguido de Francia con 209.000. Lo lógico sería que la reserva anual tenga relación con el consumo diario por habitante puesto que en teoría cada país consumirá en función de lo que posee.

Por ello se va a comparar la reserva anual de agua con el consumo diario por habitante para ver si se cumple lo que parecería lógico. Para ello, se va a ordenar de menor a mayor la reserva anual de agua para ver cómo sería el consumo diario por habitante:

PAÍS	CONSUMO MEDIO DIARIO POR HABITANTE (m3/día)	RESERVA ANUAL DE AGUA (millones de m3)
Malta	0,08	100
Chipre	0,14	600
Luxemburgo	0,14	3.500
Dinamarca	0,11	3.700
Estonia	0,09	12.000
Republica Checa	0,09	13.200
Bélgica	0,10	18.300
Bulgaria	0,10	20.400
Lituania	0,18	24.400
Eslovenia	0,10	31.700
Letonia	0,20	34.500
Eslovaquia	0,08	50.100
Irlanda	0,13	51.200
Grecia	0,10	58.000
Polonia	0,10	60.000
Portugal	0,20	77.400
Austria	0,13	84.000
Países Bajos	0,13	91.000
Croacia	0,15	95.000
Hungría	0,10	104.000
España	0,13	109.800
Finlandia	0,12	109.800
Suecia	0,14	173.000
Italia	0,22	179.300
Alemania	0,13	188.000
Francia	0,17	209.000
Rumania	0,12	211.600

Ilustración 31. Tabla ordenada reserva anual de agua

Se observa que se cumple justo lo que se pensaba que era lo lógico, aquellos países que poseen mayor reserva de agua son los que más agua consumen diariamente, y, por el contrario, aquellos que menos reserva tienen utilizan en menor cantidad el agua.

6 APLICACIÓN DEA

Se van a realizar varios DEA sobre los datos que se tienen de suministro y tratamiento del agua en los países de la Unión Europea. En primer lugar, como se ha visto al explicar los diferentes tipos de modelos DEA para el caso de una sola entrada y una salida puede ser interesante analizarlo para nuestro caso concreto.

6.1 Modelado caso una entrada y una salida

Para este primer modelado se va a utilizar como entrada la tarifa total de agua en euros por m³ y como salida el gasto mensual familiar en agua en euros.

La siguiente tabla muestra estos datos:

PAÍS	TARIFA TOTAL (€/m ³)	GASTO MENSUAL FAMILIA (€)
Alemania	3,85	58,24
Austria	4,01	62,11
Bélgica	3,86	44,06
Bulgaria	1,91	22,66
Chipre	1,82	30,60
Croacia	1,98	35,69
Dinamarca	9,02	113,94
Eslovaquia	2,50	23,72
Eslovenia	2,26	28,22
España	2,60	41,23
Estonia	1,52	16,07
Finlandia	1	14,30
Francia	3,36	68,61
Grecia	1,23	14,04
Hungría	2,62	29,90
Irlanda	4,31	67,33
Italia	2	52,85
Letonia	1,93	45,68
Lituania	1,93	40,57
Luxemburgo	5,50	90,55
Malta	2,18	20,78
Países Bajos	5,47	83,44
Polonia	2,08	24,73
Portugal	1,82	44,61
Republica Checa	2,78	29,80
Rumania	1,39	19,87
Suecia	4,44	74,68

Ilustración 32. Tabla entrada y salida modelo DEA 1

6.1.1 Modelo CCR-INPUT caso práctico 1

Se aplicará el modelo de escala constante con orientación de salida. Si se aplica el modelo CCR-INPUT con los datos del problema queda de la siguiente forma:

$$\text{MIN } \theta_j - \varepsilon [h_{TT}^- + h_{GMF}^+]$$

s.a:

$$\sum_{j=1}^{27} x_{TT,j} \lambda_j = \theta_j x_{TT,J} - h_{TT}^-$$

$$\sum_{j=1}^{27} y_{GMF,j} \lambda_j = y_{GMF,J} + h_{GMF}^+$$

$$\lambda_j, h_{TT}^-, h_{GMF}^+ \geq 0$$

$$\theta_j \text{ libre}$$

Para resolver el modelo se ha utilizado el lenguaje de programación Lingo. El código utilizado para obtener los resultados de la eficiencia puede verse en el Anexo A del documento.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para cada DMU:

CCR-INPUT	DMU	PAÍS	EFICIENCIA CCR-INPUT
	1	Alemania	0,78
	2	Austria	0,75
	3	Bélgica	0,52
	4	Bulgaria	0,52
	5	Chipre	1
	6	Croacia	1
	7	Dinamarca	0,55
	8	Eslovaquia	0,40
	9	Eslovenia	0,88
	10	España	0,77
	11	Estonia	0,66
	12	Finlandia	1
	13	Francia	0,89
	14	Grecia	0,81
	15	Hungría	0,76
	16	Irlanda	0,70
	17	Italia	1
	18	Letonia	1
	19	Lituania	1
	20	Luxemburgo	0,73
	21	Malta	0,46
	22	Países Bajos	0,73
	23	Polonia	0,48
	24	Portugal	1
	25	República Checa	0,72
	26	Rumania	0,72
	27	Suecia	0,68

Ilustración 33. Tabla resultados eficiencia DEA CCR-INPUT LINGO

Los subrayados en amarillo son las DMU eficientes que se han obtenido para este modelo. Estas unidades productivas eficientes para el caso de CCR-INPUT se corresponden a los países:

- Chipre
- Croacia
- Finlandia
- Italia
- Letonia
- Lituania
- Portugal

6.1.2 Modelo BCC-INPUT caso práctico 1

A continuación, se va a realizar para la misma entrada y salida que el caso anterior el modelo de retorno de escala variable BCC con orientación de entrada.

Si se aplica el modelo BCC-INPUT con los datos del problema queda de la siguiente forma:

$$MIN \theta_j - \varepsilon [h_{TT}^- + h_{GMF}^+]$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^{27} x_{TT,j} \lambda_j &= \theta_j x_{TT,J} - h_{TT}^- \\ \sum_{j=1}^{27} y_{GMF,j} \lambda_j &= y_{GMF,J} + h_{GMF}^+ \\ \sum_{j=1}^{27} \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j, h_i^-, h_k^+ &\geq 0 \\ \theta_j &\text{ libre} \end{aligned}$$

En el Anexo B del documento se encuentra el modelo programado en Lingo. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para cada DMU:

BCC-INPUT	DMU	PAÍS	EFICIENCIA BCC-INPUT
	1	Alemania	0,78
	2	Austria	0,75
	3	Bélgica	0,52
	4	Bulgaria	1
	5	Chipre	1
	6	Croacia	1
	7	Dinamarca	.-.
	8	Eslovaquia	0,80
	9	Eslovenia	0,88
	10	España	0,77
	11	Estonia	1
	12	Finlandia	1
	13	Francia	1
	14	Grecia	1
	15	Hungría	0,76
	16	Irlanda	0,93
	17	Italia	1
	18	Letonia	1
	19	Lituania	1
	20	Luxemburgo	1
	21	Malta	0,92
	22	Países Bajos	0,91
	23	Polonia	0,96
	24	Portugal	1
	25	Republica Checa	0,72
	26	Rumania	1
	27	Suecia	0,90

Ilustración 34. Tabla resultados eficiencia DEA BCC-INPUT LINGO

Los subrayados en amarillo vuelven a ser las DMU eficientes que se han obtenido para este modelo. Estas unidades productivas eficientes para el caso de CCR-INPUT se corresponden a los países:

- Bulgaria
- Chipre
- Croacia
- Estonia
- Finlandia
- Francia
- Grecia
- Italia
- Letonia
- Lituania
- Luxemburgo
- Portugal
- Rumania

6.1.3 Comparación DEA una entrada y una salida

Una vez que se han resuelto los modelos DEA seleccionados para el caso de una entrada y una salida se va a ver qué tienen en común ambos y cuál de ellos es mejor.

La siguiente gráfica de líneas incluye los resultados de ambos modelos para observar las diferencias:

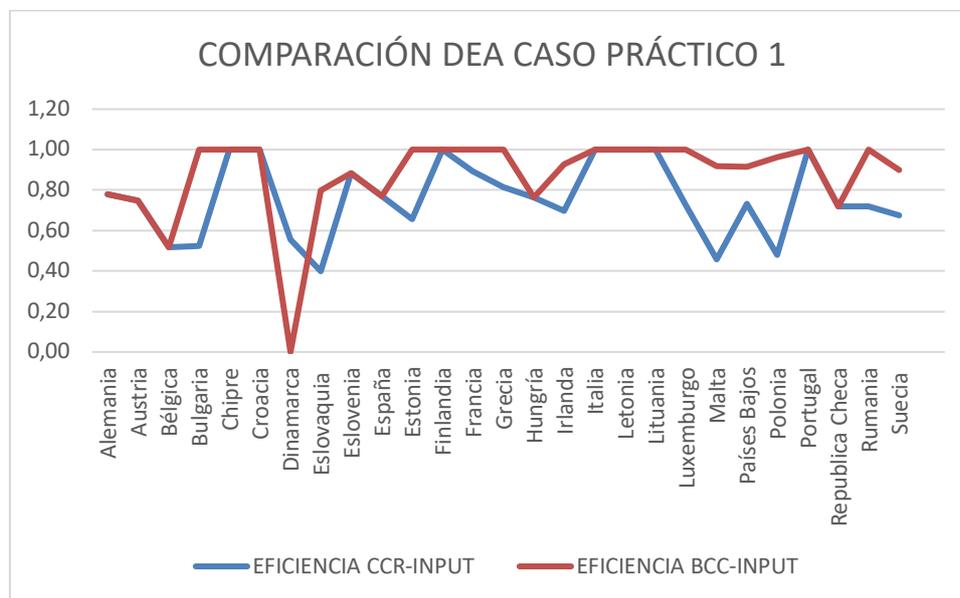


Ilustración 35. Gráfico comparación DEA caso práctico 1

Observando la gráfica se ve que hay tramos en los que ambos modelos coinciden, es decir, que son eficientes las DMUs para varios modelos al ser su eficiencia 1. En el modelo BBC-INPUT se observa que hay unas cuantas DMUs más que son eficiente que en el otro caso.

Las DMUs coinciden para ambos casos son:

- DMU₅, Chipre
- DMU₆, Croacia
- DMU₁₂, Finlandia
- DMU₁₇, Italia
- DMU₁₈, Letonia
- DMU₁₉, Lituania
- DMU₂₄, Portugal

De todas las DMU las que interesan son las eficientes por lo en la siguiente tabla se muestran cuáles de las DMUs son eficientes para ambos modelos:

DMU	PAÍS	EFICIENCIA CCR-INPUT	EFICIENCIA BCC-INPUT
1	Alemania	0,78	0,78
2	Austria	0,75	0,75
3	Bélgica	0,52	0,52
4	Bulgaria	0,52	1
5	Chipre	1	1
6	Croacia	1	1
7	Dinamarca	0,55	-
8	Eslovaquia	0,40	0,80
9	Eslovenia	0,88	0,88
10	España	0,77	0,77
11	Estonia	0,66	1
12	Finlandia	1	1
13	Francia	0,89	1
14	Grecia	0,81	1
15	Hungría	0,76	0,76
16	Irlanda	0,70	0,93
17	Italia	1	1
18	Letonia	1	1
19	Lituania	1	1
20	Luxemburgo	0,73	1
21	Malta	0,46	0,92
22	Países Bajos	0,73	0,91
23	Polonia	0,48	0,96
24	Portugal	1	1
25	Republica Checa	0,72	0,72
26	Rumania	0,72	1
27	Suecia	0,68	0,90

Ilustración 36. Tabla eficiencias DEA caso práctico 1

En la tabla se ve que como se había comentado previamente en el capítulo de la teoría sobre los diferentes modelos DEA, el caso del modelo BBC-INPUT tiene más DMUs eficientes que el CCR-INPUT debido a la restricción adicional que se imponían para que el sumatorio de las landas que intervienen en el problema fueran 1.

Conociendo esto queda que los países cuya gestión del agua respecto a su suministro y tratamiento teniendo en cuenta la tarifa y el gasto mensual más eficientes van a ser aquellos que son eficientes para ambos modelos analizados. De modo que la tabla anterior se puede reducir de la siguiente forma para ver cuáles son estos países:

DMU	PAÍS	EFICIENCIA CCR-INPUT	EFICIENCIA BCC-INPUT
5	Chipre	1	1
6	Croacia	1	1
12	Finlandia	1	1
17	Italia	1	1
18	Letonia	1	1
19	Lituania	1	1
24	Portugal	1	1

Ilustración 37. Tabla países que coinciden

Por tanto, tras realizar un primer estudio de los países de la Unión Europea los países cuya gestión es más eficiente son:

- Chipre
- Croacia
- Finlandia
- Italia
- Letonia
- Lituania
- Portugal

Mas adelante se compararán si introduciendo más entradas y salidas coincide que estos países sean los más eficientes.

6.2 Modelo caso varias entradas y una salida

A continuación, se va a estudiar un caso más complejo donde se van a seleccionar varias entradas y una salida. Para la elección de las entradas y salidas a estudiar en este análisis por envoltura de datos se han tomado los datos que pueden tener algo de relación por lo estudiado en el anterior capítulo. Se considera que son los más apropiados para el estudio de la eficiencia en el suministro y tratamiento del agua en los países de la Unión Europea.

Se van a recoger todos los datos que se considera que son los más apropiados para el estudio de la eficiencia en la gestión y el suministro y tratamiento del agua en los países de la Unión Europea.

Estos datos se han recogido en la siguiente tabla dispuestos de forma que se dividen en entradas y salidas:

	TARIFA TOTAL {I}	GASTO MENSUAL FAMILIA {I}	RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	POBLACIÓN {O}
Alemania	3,85	58,24	188.000	83.155.031
Austria	4,01	62,11	84.000	8.935.112
Bélgica	3,86	44,06	18.300	11.550.039
Bulgaria	1,91	22,66	20.400	6.951.482
Chipre	1,82	30,60	600	956.800
Croacia	1,98	35,69	95.000	4.105.000
Dinamarca	9,02	113,94	3.700	5.837.213
Eslovaquia	2,50	23,72	50.100	5.464.060
Eslovenia	2,26	28,22	31.700	2.100.126
España	2,60	41,23	109.800	47.450.795
Estonia	1,52	16,07	12.000	1.319.133
Finlandia	1	14,30	109.800	5.549.184
Francia	3,36	68,61	209.000	67.407.241
Grecia	1,23	14,04	58.000	10.607.051
Hungría	2,62	29,90	104.000	9.769.526
Irlanda	4,31	67,33	51.200	4.857.000
Italia	2	52,85	179.300	60.257.566
Letonia	1,93	45,68	34.500	1.912.789
Lituania	1,93	40,57	24.400	2.853.001
Luxemburgo	5,50	90,55	3.500	626.108
Malta	2,18	20,78	100	475.700
Países Bajos	5,47	83,44	91.000	17.302.116
Polonia	2,08	24,73	60.000	38.208.000
Portugal	1,82	44,61	77.400	10.295.909
Republica Checa	2,78	29,80	13.200	10.697.858
Rumania	1,39	19,87	211.600	19.317.984
Suecia	4,44	74,68	173.000	10.343.403

Ilustración 38. Tabla entradas y salidas DEA

Aquellas columnas que indican {I} se refieren a que son entradas del sistema y {O}, la salida.

Como se ha visto en la teoría es conveniente conocer las matrices que intervienen en el problema tanto la matriz de entrada como la de salida. En nuestro caso la matriz de entrada está formada por tres columnas y la de salida solo por una.

Las matrices de nuestro problema serán las siguientes:

- **Entradas:** tarifa total, gasto mensual por familia y reserva anual de agua. La matriz X sería:

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} 3,85 & 58,24 & 188000 \\ 4,01 & 62,11 & 84000 \\ 3,86 & 44,06 & 18300 \\ 1,91 & 22,66 & 20400 \\ 1,82 & 30,60 & 600 \\ 1,98 & 35,69 & 95000 \\ 9,02 & 113,94 & 3700 \\ 2,50 & 23,72 & 50100 \\ 2,26 & 28,22 & 31700 \\ 2,60 & 41,23 & 109800 \\ 1,52 & 16,07 & 12000 \\ 1 & 14,30 & 109800 \\ 3,36 & 68,61 & 209000 \\ 1,23 & 14,04 & 58000 \\ 2,62 & 29,90 & 104000 \\ 4,31 & 67,33 & 51200 \\ 2 & 52,85 & 179300 \\ 1,93 & 45,68 & 34500 \\ 1,93 & 40,57 & 24400 \\ 5,50 & 90,55 & 3500 \\ 2,18 & 20,78 & 100 \\ 5,47 & 83,44 & 91000 \\ 2,08 & 24,73 & 60000 \\ 1,82 & 44,61 & 77400 \\ 2,78 & 29,80 & 13200 \\ 1,39 & 19,87 & 211600 \\ 4,44 & 74,68 & 173000 \end{bmatrix}$$

- **Salida:** población. La matriz Y sería:

$$Y = \begin{bmatrix} 83.155.031 \\ 8.935.112 \\ 11.550.039 \\ 6.951.482 \\ 956.800 \\ 4.105.000 \\ 5.837.213 \\ 5.464.060 \\ 2.100.126 \\ 47.450.795 \\ 1.319.133 \\ 5.549.184 \\ 67.407.241 \\ 1.067.051 \\ 9.769.526 \\ 4.857.000 \\ 60.257.566 \\ 1.912.789 \\ 2.853.001 \\ 626.108 \\ 475.700 \\ 17.302.116 \\ 38.208.000 \\ 10.295.909 \\ 10.697.858 \\ 19.317.984 \\ 1.0343.403 \end{bmatrix}$$

Para este problema se va a utilizar la metodología EMS para resolver el caso mediante varias orientaciones y, a continuación, se calculará en Excel para cada modelo el MED que confirmará que las DMUs eficientes para la metodología EMS son las correctas.

Se va a volver a aplicar los modelos CCR-INPUT y BCC-INPUT para luego poder analizar las diferencias respecto al caso de una entrada y una salida.

6.2.1 Modelo CCR-INPUT caso práctico 2

Se aplicará el modelo de escala constante con orientación de entrada. Si se modela introduciendo los datos del problema el modelo a estudiar es el siguiente:

$$\text{MIN } \theta_j - \varepsilon [h_{TT}^- + h_{GMF}^- + h_{RAA}^- + h_P^+]$$

s.a:

$$\sum_{j=1}^{27} x_{TT,j} \lambda_j = \theta_j x_{TT,J} - h_{TT}^-$$

$$\sum_{j=1}^{27} x_{GMF,j} \lambda_j = \theta_j x_{GMF,J} - h_{GMF}^-$$

$$\sum_{j=1}^{27} x_{RAA,j} \lambda_j = \theta_j x_{RAA,J} - h_{RAA}^-$$

$$\sum_{j=1}^{27} y_{P,j} \lambda_j = y_{P,J} + h_P^+$$

$$\lambda_j, h_{TT}^-, h_{GMF}^-, h_{RAA}^-, h_P^+ \geq 0$$

θ_j libre

En este caso al ser más complejo, como se ha dicho anteriormente, se utilizarán el programa EMS y Excel.

Este modelo en el programa EMS se corresponde con el modelo CRS-RAD-IN (modelo del entorno constante radial con orientación de entrada, como ya se sabe del capítulo de la teoría). Introduciendo los datos en el programa se obtienen los siguientes resultados:

	DMU	Score	TARIFA TOTAL {I}{V}	GASTO MENSUAL FAMILIA {I}{V}	RESERVA ANUAL DE AGUA {I}{V}	POBLACIÓN {O}{V}	Benchmarks	{S} TARIFA TOTAL {I}	{S} GASTO MENSUAL FAMILIA {I}	{S} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{S} POBLACIÓN {O}
1	Alemania	100,00%	0,42	0,58	0,00	1,00		2			
2	Austria	16,37%	0,07	0,00	0,93	1,00	23 (0,21) 25 (0,08)	0,00	2,62	0,00	0,00
3	Bélgica	77,87%	0,09	0,00	0,91	1,00	7 (0,00) 25 (1,08)	0,00	2,08	0,00	0,00
4	Bulgaria	49,04%	0,13	0,00	0,87	1,00	23 (0,11) 25 (0,25)	0,00	0,82	0,00	0,00
5	Chipre	95,18%	0,30	0,00	0,70	1,00	7 (0,15) 21 (0,18)	0,00	8,43	0,00	0,00
6	Croacia	9,39%	0,58	0,00	0,42	1,00	17 (0,03) 23 (0,06)	0,00	0,29	0,00	0,00
7	Dinamarca	100,00%	0,12	0,29	0,59	1,00		3			
8	Eslovaquia	16,97%	0,00	0,07	0,93	1,00	23 (0,14) 25 (0,02)	0,08	0,00	0,00	0,00
9	Eslovenia	9,84%	0,10	0,00	0,90	1,00	23 (0,04) 25 (0,05)	0,00	0,29	0,00	0,00
10	España	87,08%	0,61	0,00	0,39	1,00	17 (0,25) 23 (0,85)	0,00	1,74	0,00	0,00
11	Estonia	15,18%	0,00	0,17	0,83	1,00	23 (0,02) 25 (0,07)	0,01	0,00	0,00	0,02
12	Finlandia	26,71%	0,31	0,69	0,00	1,00	1 (0,05) 23 (0,03)	0,00	0,00	17650,58	0,00
13	Francia	80,83%	0,52	0,00	0,48	1,00	17 (0,74) 23 (0,59)	0,00	1,51	0,00	0,00
14	Grecia	48,90%	0,00	1,00	0,00	1,00	23 (0,28)	0,02	0,00	11704,18	0,00
15	Hungría	21,15%	0,00	1,00	0,00	1,00	23 (0,26)	0,02	0,00	6653,41	0,00
16	Irlanda	13,84%	0,12	0,00	0,88	1,00	23 (0,08) 25 (0,15)	0,00	2,72	0,00	0,00
17	Italia	100,00%	1,00	0,00	0,00	1,00		5			
18	Letonia	8,43%	0,08	0,00	0,92	1,00	23 (0,04) 25 (0,03)	0,00	2,00	0,00	0,00
19	Lituania	17,18%	0,11	0,00	0,89	1,00	23 (0,05) 25 (0,08)	0,00	3,29	0,00	0,00
20	Luxemburgo	13,98%	0,42	0,00	0,58	1,00	7 (0,08) 25 (0,01)	0,00	3,02	0,00	0,00
21	Malta	100,00%	0,00	0,00	1,00	1,00		1			
22	Países	28,72%	0,09	0,00	0,91	1,00	23 (0,37) 25 (0,29)	0,00	6,22	0,00	0,00
23	Polonia	100,00%	0,00	0,17	0,83	1,00		18			
24	Portugal	26,92%	0,61	0,00	0,39	1,00	17 (0,06) 23 (0,18)	0,00	4,58	0,00	0,00
25	República	100,00%	0,00	0,10	0,90	1,00		11			
26	Rumania	66,92%	0,31	0,69	0,00	1,00	1 (0,18) 23 (0,12)	0,00	0,00	100975,27	0,01
27	Suecia	11,46%	0,63	0,00	0,37	1,00	17 (0,04) 23 (0,20)	0,00	1,28	0,01	0,13

Ilustración 39. Resultados EMS CCR-INPUT

Los países marcados en azul serían las DMUs eficientes para este modelo ya que poseen un score del 100%, que quiere decir que son eficientes.

Se va a comprobar que al introducir el modelo en una plantilla creada en la asignatura de Métodos de optimización con el programa Excel estos resultados obtenidos coincidan con los que de la plantilla.

El Excel principalmente lo que hace es calcular mediante la siguiente fórmula el MED.

$$MED_J = 1 - \frac{1}{m+s} \cdot \left(\sum_{i=1}^m \frac{x_{iJ} - \hat{x}_i}{x_{iJ}} + \sum_{k=1}^s \frac{\hat{y}_k - y_{kJ}}{\hat{y}_k} \right)$$

Los resultados obtenidos son los siguientes, en el Anexo C se puede ver mejor la tabla y la plantilla utilizada:

	DMU	Score	Benchmarks	(S) TARIFA TOTAL (I)	(S) GASTO MENSUAL FAMILIA (I)	(S) RESERVA ANUAL DE AGUA (I)	(S) POBLACIÓN (O)	(T) TARIFA TOTAL (I)	(T) GASTO MENSUAL FAMILIA	(T) RESERVA ANUAL DE AGUA (I)	(T) POBLACIÓN (O)	(M) TARIFA TOTAL (I)	(M) GASTO MENSUAL FAMILIA	(M) RESERVA ANUAL DE AGUA (I)	(M) POBLACIÓN (O)	MED
1	Alemania	100%	2					3,85	58,24	188000	83155031	0	0	0	0	1
2	Austria	16,37%	23 (0,21) 25 (0,08)	0	2,62	0	0	0,66	7,55	13750,8	8935112	0,84	0,88	0,84	0	0,36
3	Bélgica	77,87%	7 (0,00) 25 (1,08)	0	2,08	0	0	3,01	32,23	14250,21	11550039	0,22	0,27	0,22	0	0,82
4	Bulgaria	49,04%	23 (0,11) 25 (0,25)	0	0,82	0	0	0,93	10,29	10004,16	6951482	0,51	0,55	0,51	0	0,61
5	Chipre	95%	7 (0,15) 21 (0,18)	0	8,43	0	0	1,73	20,70	571	956800	0,05	0,32	0,05	0	0,89
6	Croacia	9,39%	17 (0,03) 23 (0,06)	0	0,29	0	0	0,19	3,06	8920,5	4105000	0,91	0,91	0,91	0	0,32
7	Dinamarca	100%	3					9,02	113,94	3700	5837213	0	0	0	0	1
8	Eslovaquia	16,97%	23 (0,14) 25 (0,02)	0,08	0	0	0	0,34	4,03	8501,97	5464060	0,86	0,83	0,83	0	0,37
9	Eslovenia	9,84%	23 (0,04) 25 (0,05)	0	0,29	0	0	0,22	2,49	3119,28	2100126	0,90	0,91	0,90	0	0,32
10	España	87,08%	17 (0,25) 23 (0,85)	0	1,74	0	0	2,26	34,16	95613,84	47450795	0,13	0,17	0,13	0	0,89
11	Estonia	15%	23 (0,02) 25 (0,07)	0,01	0	0	0,02	0,22	2,44	1822	1319133	0,85	0,85	0,85	0	0,36
12	Finlandia	26,71%	1 (0,05) 23 (0,03)	0	0	17650,58	0	0	3,82	11677	5549184	0,73	0,73	0,89	0	0,41
13	Francia	80,83%	17 (0,74) 23 (0,59)	0	1,51	0	0	2,72	53,95	168934,7	67407241	0,19	0,21	0,19	0	0,85
14	Grecia	49%	23 (0,28)	0,02	0	11704,18	0	0,58	6,87	16657,82	10607051	0,53	0,51	0,71	0	0,56
15	Hungría	21,15%	23 (0,26)	0,02	0	6653,41	0	0,53	6,32	15342,59	9769526	0,80	0,79	0,85	0	0,39
16	Irlanda	13,84%	23 (0,08) 25 (0,15)	0	2,72	0	0	0,60	6,60	7086,08	4857000	0,86	0,90	0,86	0	0,34
17	Italia	100%	5					2	52,85	179300	60257566	0	0	0	0	1
18	Letonia	8,43%	23 (0,04) 25 (0,03)	0	2	0	0	0,16	1,85	2908,4	1912789	0,92	0,96	0,92	0	0,30
19	Lituania	17,18%	23 (0,05) 25 (0,08)	0	3,29	0	0	0,33	3,68	4191,92	2853001	0,83	0,91	0,83	0	0,36
20	Luxemburgo	13,98%	7 (0,08) 25 (0,01)	0	3,02	0	0	0,77	9,64	489,3	626108	0,86	0,89	0,86	0	0,35
21	Malta	100%	1					2,18	20,78	100	475700	0	0	0	0	1
22	Países Bajos	28,72%	23 (0,37) 25 (0,29)	0	6,22	0	0	1,571	17,74	26135,2	17302116	0,71	0,79	0,71	0	0,45
23	Polonia	100%	18					2,08	24,73	60000	38208000	0	0	0	0	1
24	Portugal	26,92%	17 (0,06) 23 (0,18)	0	4,58	0	0	0,49	7,43	20836,08	10295909	0,73	0,83	0,73	0	0,43
25	República Checa	100%	11					2,78	29,80	13200	10697858	0	0	0	0	1
26	Rumania	67%	1 (0,18) 23 (0,12)	0	0	100975,27	0,01	0,93	13,30	40627	19317984	0,33	0,33	0,81	0	0,63
27	Suecia	11,46%	17 (0,04) 23 (0,20)	0	1,28	0,01	0,13	0,51	7,28	19825,8	10343403	0,89	0,90	0,89	0	0,33

Ilustración 40. Resultados Excel CCR-INPUT

Se corresponde lo que se tenía calculado del programa EMS con el resultado para Excel puesto que todos los DMUs que eran eficientes tienen un MED = 1.

Como ya se conoce del capítulo sobre la teoría de la metodología DEA, el MED sirve para medir la distancia de una DMU J a un target eficiente (\hat{x} , \hat{y}) que la domine.

Como era de esperar coinciden las DMUs eficientes con los dos programas utilizados. De modo que los países cuyo abastecimiento del agua son más eficientes según este modelo son:

- Alemania
- Dinamarca
- Italia
- Malta
- Polonia
- República Checa

6.2.2 Modelo BCC-INPUT caso práctico 2

A continuación, se va a realizar para las misma entradas y salida que el caso anterior el modelo de retorno de escala variable BCC con orientación de entrada.

Si se aplica el modelo BCC-INPUT al problema queda de la siguiente forma:

$$\text{MIN } \theta_j - \varepsilon [h_{TT}^- + h_{GMF}^- + h_{RAA}^- + h_P^+]$$

s.a:

$$\sum_{j=1}^{27} x_{TT,j} \lambda_j = \theta_j x_{TT,J} - h_{TT}^-$$

$$\sum_{j=1}^{27} x_{GMF,j} \lambda_j = \theta_j x_{GMF,J} - h_{GMF}^-$$

$$\sum_{j=1}^{27} x_{RAA,j} \lambda_j = \theta_j x_{RAA,J} - h_{RAA}^-$$

$$\sum_{j=1}^{27} y_{P,j} \lambda_j = y_{P,J} + h_P^+$$

$$\lambda_j, h_{TT}^-, h_{GMF}^-, h_{RAA}^-, h_P^+ \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^{27} \lambda_j = 1$$

$$\theta_j \text{ libre}$$

Este modelo en el programa EMS se corresponde con el modelo VRS-RAD-IN (modelo del entorno variable radial con orientación de entrada, como ya se conoce del capítulo de teoría).

Introduciendo los datos en el programa se obtienen los siguientes resultados para el modelo:

	DMU	Score	TARIFA TOTAL {I}\{V}	GASTO MENSUAL FAMILIA {I}\{V}	RESERVA ANUAL DE AGUA {I}\{V}	POBLACIÓN {O}\{V}	Benchmarks	{S} TARIFA TOTAL {I}	{S} GASTO MENSUAL FAMILIA {I}	{S} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{S} POBLACIÓN {O}
1	Alemania	100,00%	0,03	0,49	0,48	1,00	2				
2	Austria	37,72%	0,79	0,00	0,21	1,00	11 (0,58) 14 (0,29) 23 (0,13)	0,00	6,78	0,00	0,25
3	Bélgica	79,70%	0,04	0,00	0,96	1,00	7 (0,05) 23 (0,04) 25 (0,91)	0,00	1,14	0,00	0,00
4	Bulgaria	86,66%	0,77	0,00	0,23	1,00	5 (0,15) 11 (0,69) 23 (0,15)	0,00	0,04	0,00	0,00
5	Chipre	100,00%	0,94	0,00	0,06	1,00	3				
6	Croacia	61,93%	0,82	0,00	0,18	1,00	12 (0,02) 14 (0,98)	0,00	8,06	0,00	6420337,39
7	Dinamarca	100,00%	0,00	0,00	1,00	1,00	1				
8	Eslovaquia	64,12%	0,00	0,79	0,21	1,00	11 (0,56) 14 (0,43) 23 (0,00)	0,21	0,00	0,00	0,03
9	Eslovenia	64,87%	0,92	0,00	0,08	1,00	11 (0,81) 14 (0,19)	0,00	2,62	0,00	947999,63
10	España	87,62%	0,59	0,00	0,41	1,00	1 (0,12) 17 (0,17) 23 (0,71)	0,00	2,46	0,00	0,00
11	Estonia	100,00%	0,65	0,24	0,11	1,00	12				
12	Finlandia	100,00%	1,00	0,00	0,00	1,00	1				
13	Francia	82,01%	0,49	0,00	0,51	1,00	1 (0,40) 17 (0,50) 23 (0,10)	0,00	3,93	0,00	0,01
14	Grecia	100,00%	0,00	0,89	0,11	1,00	10				
15	Hungría	49,26%	0,66	0,00	0,34	1,00	11 (0,15) 14 (0,83) 23 (0,02)	0,00	0,18	0,00	0,22
16	Irlanda	35,98%	0,87	0,00	0,13	1,00	11 (0,86) 14 (0,05) 23 (0,08)	0,00	7,55	0,00	0,00
17	Italia	100,00%	1,00	0,00	0,00	1,00	2				
18	Letonia	74,30%	0,90	0,00	0,10	1,00	11 (0,70) 14 (0,30)	0,00	18,48	0,00	2159294,75
19	Lituania	76,83%	0,86	0,00	0,14	1,00	11 (0,85) 14 (0,14) 23 (0,01)	0,00	15,33	0,00	0,00
20	Luxemburgo	32,90%	0,63	0,34	0,03	1,00	5 (0,94) 11 (0,05) 21 (0,01)	0,00	0,00	0,00	343137,96
21	Malta	100,00%	0,00	0,00	1,00	1,00	1				
22	Países Bajos	33,44%	0,68	0,00	0,32	1,00	5 (0,22) 11 (0,35) 23 (0,44)	0,00	4,91	0,00	0,02
23	Polonia	100,00%	0,00	0,47	0,53	1,00	12				
24	Portugal	69,81%	0,65	0,00	0,35	1,00	11 (0,09) 14 (0,89) 23 (0,02)	0,00	16,73	0,00	0,01
25	Republica	100,00%	0,00	0,11	0,89	1,00	1				
26	Rumania	100,00%	0,64	0,36	0,00	1,00	0				
27	Suecia	29,51%	0,67	0,00	0,33	1,00	11 (0,15) 14 (0,81) 23 (0,04)	0,00	7,24	0,00	1,73

Ilustración 41. Resultados EMS BCC-INPUT

Los países marcados en azul serían las DMUs eficientes para este modelo ya que poseen un score del 100%,

Haciendo los cálculos en Excel se obtienen los siguientes resultados:

	DMU	Score	Benchmarks	{S} TARIFA TOTAL {I}	{S} GASTO MENSUAL FAMILIA {I}	{S} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{S} POBLACIÓN {O}	{T} TARIFA TOTAL {I}	{T} GASTO MENSUAL FAMILIA	{T} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{T} POBLACIÓN {O}	{M} TARIFA TOTAL {I}	{M} GASTO MENSUAL FAMILIA	{M} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{M} POBLACIÓN {O}	MED
1	Alemania	100,00%	2					3,85	58,24	188000	83155031	0	0	0	0	1
2	Austria	37,72%	11 (0,58) 14 (0,29) 23 (0,13)	0	6,78	0	0,25	1,51	16,65	31684,8	8935112,25	0,6	0,7	0,6	0	0,5
3	Bélgica	79,70%	7 (0,05) 23 (0,04) 25 (0,91)	0	1,14	0	0	3,08	33,97	14585,1	11550039	0,2	0,2	0,2	0	0,8
4	Bulgaria	86,66%	5 (0,15) 11 (0,69) 23 (0,15)	0	0,04	0	0	1,65	19,60	17678,64	6951482	0,1	0,1	0,1	0	0,9
5	Chipre	100,00%	3					1,82	30,60	600	956800	0	0	0	0	1
6	Croacia	61,93%	12 (0,02) 14 (0,98)	0	8,06	0	6420337,39	1,23	14,04	58833,5	10525337,39	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5
7	Dinamarca	100,00%	1					9,02	113,94	3700	5837213	0	0	0	0	1
8	Eslovaquia	64,12%	11 (0,56) 14 (0,43) 23 (0,00)	0,21	0	0	0,03	1,39	15,21	32124,12	5464060,03	0,4	0,4	0,4	0	0,7
9	Eslovenia	64,87%	11 (0,81) 14 (0,19)	0	2,62	0	947999,63	1,47	15,69	20563,79	3048125,63	0,4	0,4	0,4	0,3	0,6
10	España	87,62%	1 (0,12) 17 (0,17) 23 (0,71)	0	2,46	0	0	2,28	33,66	96206,76	47450795	0,1	0,2	0,1	0	0,9
11	Estonia	100,00%	12					1,52	16,07	12000	1319133	0	0	0	0	1
12	Finlandia	100,00%	1					1,00	14,30	109800	5549184	0	0	0	0	1
13	Francia	82,01%	1 (0,40) 17 (0,50) 23 (0,10)	0	3,93	0	0,01	2,76	52,34	171400,9	67407241,01	0,2	0,2	0,2	0	0,9
14	Grecia	100,00%	10					1,23	14,04	58000	10607051	0	0	0	0	1
15	Hungría	49,26%	11 (0,15) 14 (0,83) 23 (0,02)	0	0,18	0	0,22	1,29	14,55	51230,4	9769526,22	0,5	0,5	0,5	0	0,6
16	Irlanda	35,98%	11 (0,86) 14 (0,05) 23 (0,08)	0	7,55	0	0	1,55	16,67	18421,76	4857000	0,6	0,8	0,6	0	0,5
17	Italia	100,00%	2					2,00	52,85	179300	60257566	0	0	0	0	1
18	Letonia	74,30%	11 (0,70) 14 (0,30)	0	18,48	0	2159294,75	1,43	15,46	25633,5	4072083,75	0,3	0,7	0,3	0,5	0,6
19	Lituania	76,83%	11 (0,85) 14 (0,14) 23 (0,01)	0	15,33	0	0	1,48	15,84	18746,52	2853001	0,2	0,6	0,2	0	0,7
20	Luxemburgo	32,90%	5 (0,94) 11 (0,05) 21 (0,01)	0	0	0	343137,96	1,81	29,79	1151,5	969245,96	0,7	0,7	0,7	0,4	0,4
21	Malta	100,00%	1					2,18	20,78	100	475700	0	0	0	0	1
22	Países Bajos	33,44%	5 (0,22) 11 (0,35) 23 (0,44)	0	4,91	0	0,02	1,83	22,99	30430,4	17302116,02	0,7	0,7	0,7	0	0,5
23	Polonia	100,00%	12					2,08	24,73	60000	38208000	0	0	0	0	1
24	Portugal	69,81%	11 (0,09) 14 (0,89) 23 (0,02)	0	16,73	0	0,01	1,27	14,41	54032,94	10295909,01	0,3	0,7	0,3	0	0,7
25	Republica Checa	100,00%	1					2,78	29,80	13200	10697858	0	0	0	0	1
26	Rumania	100,00%	0					1,39	19,87	211600	19317984	0	0	0	0	1
27	Suecia	29,51%	11 (0,15) 14 (0,81) 23 (0,04)	0	7,24	0	1,73	1,31	14,80	51052,3	10343404,73	0,7	0,8	0,7	0	0,4

Ilustración 42. Resultados Excel BCC-INPUT

Vuelve a coincidir con lo que se tenía calculado del programa EMS puesto que todos los DMUs que eran eficientes tienen un MED = 1.

De este modo los países cuyo abastecimiento de aguas es eficiente para este modelo son:

- Alemania
- Chipre
- Dinamarca
- Estonia
- Francia
- Grecia
- Italia
- Malta
- Polonia
- República Checa
- Rumania

6.2.3 Comparación MED

Por último, una vez vistos todos los modelos para las entradas y salidas propuestas se van a comparar para decidir cuál de las DMUs es la más eficiente:

	DMU	CRS-RAD-IN	MED
1	Alemania	1	1
2	Austria	0,36	0,51
3	Bélgica	0,82	0,84
4	Bulgaria	0,61	0,90
5	Chipre	0,89	1
6	Croacia	0,32	0,51
7	Dinamarca	1	1
8	Eslovaquia	0,37	0,71
9	Eslovenia	0,32	0,64
10	España	0,89	0,89
11	Estonia	0,36	1
12	Finlandia	0,41	1
13	Francia	0,85	0,85
14	Grecia	0,56	1
15	Hungría	0,39	0,62
16	Irlanda	0,34	0,49
17	Italia	1	1
18	Letonia	0,30	0,57
19	Lituania	0,36	0,73
20	Luxemburgo	0,35	0,41
21	Malta	1	1
22	Países Bajos	0,45	0,49
23	Polonia	1	1
24	Portugal	0,43	0,68
25	Republica Checa	1	1
26	Rumania	0,63	1
27	Suecia	0,33	0,45

Ilustración 43. Tabla comparación eficiencia caso práctico 2

De esta forma ya se puede saber cuáles son los países cuyo suministro y tratamiento de aguas de entre los países de la Unión Europea son los más eficientes respecto a las entradas y salidas seleccionadas:

- Alemania
- Dinamarca
- Italia
- Malta
- Polonia
- Republica Checa

6.3 Comparación casos prácticos

Una vez que se han hecho 2 análisis de eficiencia distintos, uno con una sola entrada y salida y otro con varias entradas y una salida se van a comparar los resultados obtenidos.

Para el primer caso práctico se obtuvo los siguientes países eficientes:

- Chipre
- Croacia
- Finlandia
- Italia
- Letonia
- Lituania
- Portugal

Y para el segundo caso práctico se obtuvo los siguientes:

- Alemania
- Dinamarca
- Italia
- Malta
- Polonia
- Republica Checa

Si se busca que el país posea el abastecimiento del agua eficiente en todos los modelos utilizados existe apenas un país eficiente para todos los casos analizados y es Italia. Pero al haber obtenido más países eficientes en cada uno de los estudios, se va a intentar analizar de nuevo la eficiencia únicamente para estos países.

6.4 Modelo con países eficientes

Como ha habido varios países que han sido eficientes en varios modelos de los utilizados se ha decidido volver a aplicar la metodología DEA, pero esta vez solo sobre los países expuestos en el apartado anterior, es decir, los países que coinciden para ambos modelos de cada caso práctico.

En este nuevo DEA habrá de nuevo 3 entradas y una salida. Esta vez las entradas seleccionadas han sido las mismas que para el caso práctico 2, tarifa total, gasto mensual por familia y reserva de agua anual y como salida la población.

La tabla que recoge estos datos es la siguiente:

	TARIFA TOTAL {I}	GASTO MENSUAL FAMILIA {I}	RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	POBLACIÓN {O}
Alemania	3,85	58,24	188.000	83.155.031
Chipre	1,82	30,60	600	956.800
Croacia	1,98	35,69	95.000	4.105.000
Dinamarca	9,02	113,94	3.700	5.837.213
Finlandia	1	14,30	109.800	5.549.184
Italia	2	52,85	179.300	60.257.566
Letonia	1,93	45,68	34.500	1.912.789
Lituania	1,93	40,57	24.400	2.853.001
Malta	2,18	20,78	100	475.700
Polonia	2,08	24,73	60.000	38.208.000
Portugal	1,82	44,61	77.400	10.295.909
Republica Checa	2,78	29,80	13.200	10.697.858

Ilustración 44. Tabla datos modelo reducido

Esta vez el modelo seleccionado para buscar las DMUs eficientes ha sido el modelo aditivo, VRS-ADD-NON en el caso del programa EMS (modelo del entorno variable aditivo no orientado, como ya se sabe del capítulo de teoría).

$$MAX [h_{TT}^- + h_{GMF}^- + h_{RAA}^- + h_P^+]$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^{27} x_{P,j} \lambda_j &= x_{P,J} - h_P^+ \\ \sum_{j=1}^{27} y_{TT,j} \lambda_j &= y_{TT,J} + h_{TT}^- \\ \sum_{j=1}^{27} y_{GMF,j} \lambda_j &= y_{GMF,J} + h_{GMF}^- \\ \sum_{j=1}^{27} y_{RAA,j} \lambda_j &= y_{RAA,J} + h_{RAA}^- \\ \sum_{j=1}^{27} \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j, h_P^+, h_{TT}^-, h_{GMF}^-, h_{RAA}^- &\geq 0 \end{aligned}$$

	DMU	Score	TARIFA TOTAL {I}{V}	GASTO MENSUAL FAMILIA {I}{V}	RESERVA ANUAL DE AGUA {I}{V}	POBLACIÓN {O}{V}	Benchmarks	{S} TARIFA TOTAL {I}	{S} GASTO MENSUAL FAMILIA {I}	{S} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{S} POBLACIÓN {O}
1	Alemania	0,00	35933,95	6293011,49	704863,23	92960121,29		0			
2	Chipre	0,00	77243,38	1803446,06	440313,68	1138727,75		2			
3	Croacia	10755,24	97817,29	35,69	1106435,22	4105000,00	5 (0,07) 6 (0,26) 10 (0,66)	0,00	4,33	0,00	37510750,77
4	Dinamarca	0,00	62792,20	201949,68	351299,26	8017990,96		0			
5	Finlandia	0,00	67792,81	4688256,69	3829281,86	12956947,09		3			
6	Italia	0,00	73270,09	6087791,60	101543,15	67943494,68		2			
7	Letonia	14210,01	99133,62	45,68	202729,53	1912789,00	2 (0,45) 5 (0,03) 10 (0,52)	0,00	18,59	0,00	18414191,38
8	Lituania	41216,83	23152,29	40,65	84744,80	2853001,01	2 (0,59) 10 (0,40) 12 (0,01)	0,00	12,31	0,00	13041204,06
9	Malta	0,00	70812,47	7258446,94	72357,01	558552,00		0			
10	Polonia	0,00	77564,03	5869835,08	767655,76	46275793,03		4			
11	Portugal	95049,58	97995,62	44,61	381453,58	10295909,00	5 (0,24) 6 (0,05) 10 (0,72)	0,00	21,04	0,00	21195028,54
12	Republica	0,00	32867,44	3889645,85	41088,73	15862433,08		1			

Ilustración 45. Resultados EMS países eficientes

Haciendo los cálculos en Excel se obtienen los siguientes resultados:

	DMU	Score	Benchmarks	(S) TARIFA TOTAL (€)	(S) GASTO MENSUAL FAMILIA (€)	(S) RESERVA ANUAL DE AGUA (€)	(S) POBLACIÓN (O)	(T) TARIFA TOTAL (€)	(T) GASTO MENSUAL FAMILIA	(T) RESERVA ANUAL DE AGUA (€)	(T) POBLACIÓN (O)	(M) TARIFA TOTAL (€)	(M) GASTO MENSUAL FAMILIA	(M) RESERVA ANUAL DE AGUA (€)	(M) POBLACIÓN (O)	MED
1	Alemania	0	0					3,85	58,24	188000	83155031	0	0	0	0	1
2	Chipre	0	2					2	30,60	600	956800	0	0	0	0	1
3	Croacia	37510755,24	5 (0,07) 6 (0,26) 10 (0,66)	0	4,33	0	37510750,77	1,98	31,36	65000	41616750,77	0	0,12	0	0,90	0,74
4	Dinamarca	0	0					3	113,94	3700	537213	0	0	0	0	1
4	Finlandia	0	3					1	14,30	109800	5549184	0	0	0	0	1
5	Italia	0	2					1	14,30	109800	5549184	0	0	0	0	1
6	Letonia	18414210,01	2 (0,45) 5 (0,03) 10 (0,52)	0	18,59	0	18414191,38	2	34,26	179300	78671757,38	0	0	0	0	1
7	Lituania	13041216,83	2 (0,59) 10 (0,40) 12 (0,01)	0	12,31	0	13041204,06	1,93	33,37	34500	14963993,06	0	0,27	0	0,87	0,71
8	Malta	0	0					2	41	24400	2933001	0	0	0	0	1
9	Polonia	0	4					2,18	21	100	475700	0	0	0	0	1
10	Portugal	21195049,58	5 (0,24) 6 (0,05) 10 (0,72)	0	21,04	0	21195028,54	2,08	4	60000	59403028,54	0	1	0	0,36	0,70
11	Republica Checa	0	1					1,82	45	77400	10295909	0	0	0	0	1

Ilustración 46. Resultados Excel países eficientes

De nuevo vuelve a coincidir lo que se tenía calculado del programa EMS puesto que todos los DMUs que eran eficientes tienen un MED = 1.

Los países que finalmente han resultado eficientes tras este último estudio son:

- Alemania
- Chipre
- Dinamarca
- Finlandia
- Letonia
- Malta
- Polonia
- República Checa

Resulta extraño este resultado ya que no aparece Italia que era el único país eficiente para todos los estudios anteriores y es debido a que este modelo no distingue orientación de entrada y salida ya que en este caso siempre se maximizan las holguras.

7 CONCLUSIONES

En el trabajo en primer lugar se explicó cómo se realiza un Análisis por Envoltura de Datos (DEA) para más adelante realizar un estudio de eficiencia. Se introdujo cómo se ejecuta todo el ciclo del agua y de qué forma llega el agua hasta los hogares de los consumidores. Una vez conocido toda la parte teórica se investigó sobre cómo es el agua en cada país de la Unión Europea y se realizaron distintas comparaciones para intentar encontrar alguna relación entre los distintos datos obtenidos para el último apartado que fue el DEA, donde se realizaron dos análisis distintos, uno con solo una entrada y una sola salida y otro con varias entradas y una única salida. Con los resultados de estos análisis se volvió a realizar un tercer y último DEA donde se obtuvieron los resultados finales.

Tras este breve resumen de lo realizado hasta ahora se va a proceder a realizar el último estudio sobre los resultados obtenidos al final del apartado anterior. Para intentar encontrar algo de relación entre estos países seleccionados.

Se exponen de nuevo la lista de estos países:

- Alemania
- Chipre
- Dinamarca
- Finlandia
- Letonia
- Malta
- Polonia
- República Checa

En primer lugar, se va a volver a leer la información que se obtuvo en el capítulo 4 sobre estos países para ver si poseen algo similar. Leyendo lo que se ha encontrado de estos países hay una cosa que llama la atención y es que en los dos únicos países en los que la mayoría de su agua se obtiene mediante osmosis inversa son Chipre y Malta, y ambos han sido determinados como eficientes, por lo que este factor influye en la eficiencia, aunque en un principio pareciera un dato irrelevante.

A continuación, se va a ver qué tipo de gestión predomina en estos países:

DMU	PAÍS	TIPO GESTIÓN
1	Alemania	Pública delegada
5	Chipre	Pública
7	Dinamarca	Pública delegada
12	Finlandia	Pública
18	Letonia	Pública delegada
21	Malta	Pública delegada
23	Polonia	Pública delegada
25	Republica Checa	Privada delegada

Ilustración 47. Tabla tipo gestión países eficientes

Coinciden en que todos los países a excepción de la República Checa que se han identificado como eficientes poseen una gestión pública, pero con la diferencia de que Chipre y Finlandia poseen una gestión pública directa, es decir que toda la gestión la lleva a cabo el gobierno, y en los otros 5 países la gestión es pública delegada, es decir que también la lleva el gobierno, pero con la participación de empresas privadas externas.

Los datos de este estudio sugieren que la gestión pública es más eficaz que la gestión privada del abastecimiento del agua. Esta ha sido una confirmación de la teoría que se estaba dando de que tras la implantación de la Directiva Marco de la Unión Europea cada vez son menos los países que apuestan por este tipo de gestión.

También se podría ver si tienen tarifas similares de agua. Se han utilizado las tarifas actualizadas en comparación con España para que posean los datos más realistas posibles:

DMU	PAÍS	TARIFA TOTAL (€/m ³)
1	Alemania	1,96
5	Chipre	2,12
7	Dinamarca	3,93
12	Finlandia	0,56
18	Letonia	3,39
21	Malta	2,44
23	Polonia	3,98
25	Republica Checa	4,39

Ilustración 48. Tabla tarifas países eficientes

No son nada parecidas como era de esperar ya que esto no depende de la gestión sino de lo impuesto por cada país y es más difícil imponer precios similares en todos los países ya que como se ha estudiado ocurren distintos movimientos y operaciones a la hora de conseguir el agua que llega a nuestras casas y se tienen sueldos bastante dispares que hacen que una población se pueda permitir pagar más o menos de agua.

Lo que sí que tiene algo de relación es que de nuevo los países que utilizan osmosis poseen datos similares, por lo que se puede decir que utilizar la osmosis no es más caro que otros mecanismos de obtención del agua y que de nuevo utilizar este mecanismo no impide que el suministro de esa agua sea eficiente.

Se podría también ver si influye el consumo diario en la eficiencia, aunque aparentemente parece que no tiene directamente nada que ver:

DMU	PAÍS	CONSUMO MEDIO DIARIO POR HABITANTE (m ³ /día)
1	Alemania	0,13
5	Chipre	0,14
7	Dinamarca	0,11
12	Finlandia	0,12
18	Letonia	0,20
21	Malta	0,08
23	Polonia	0,10
25	Republica Checa	0,09

Ilustración 49. Tabla consumo países eficientes

Efectivamente nada tiene que ver el consumo entre estos países para lograr ser eficientes. De hecho, se observa que entre estos países se encuentran uno de los países que más consumen por habitante y día, Letonia y uno de los que menos, Malta.

Es así que habiendo comparado todos los datos que se han ido obteniendo a lo largo del trabajo se ha concluido que estos ocho países (Alemania, Chipre, Dinamarca, Finlandia, Letonia, Malta, Polonia y República Checa) son los países más eficientes actualmente en la Unión Europea y coincide que todos poseen una gestión pública, aunque en el caso de algunos sea delegada y en otros directa, a excepción de la República Checa que utiliza la gestión privada delegada y que contra todo pronóstico el hecho de que se utilice la osmosis inversa es un punto a favor y los dos países que utilizan este mecanismo han resultado eficientes tras el estudio.

Se debe señalar que este estudio está hecho sobre los datos de estos últimos años (2019-2022) por lo que con sucesos que vayan ocurriendo a lo largo de los años, como pueden ser cambios de gobierno, cambio en los tipos de gestión, catástrofes naturales, acontecimientos históricos... cambiarían probablemente los resultados, ya que simplemente un cambio brusco en las tarifas o el en tipo de gestión podría ser de bastante influencia a la hora de buscar la eficiencia en el suministro y tratamiento del agua.

REFERENCIAS

(Villa Caro, n.d.)

(Ciclo Del Agua - Qué Es, Etapas y Características, n.d.) <https://concepto.de/ciclo-del-agua/>

(Qué Es El Ciclo Del Agua y Cuáles Son Sus Etapas - Significados, n.d.) <https://www.significados.com/ciclo-del-agua/>

(El Esquema Del Ciclo Del Agua: Las 5 Fases Principales - Peñaclara - Naturaleza Viva, n.d.) <https://penaclara.es/el-esquema-del-ciclo-del-agua-las-5-fases-principales/>

(¿Cuál Es El Ciclo Del Agua y Cómo Llega a Casa? - Fundación Aqueae, n.d.) <https://www.fundacionaqueae.org/ciclo-del-agua-llega-las-viviendas/#:~:text=El%20agua%20procedente%20de%20r%C3%ADos,mediante%20tuber%C3%ADas%20a%20los%20hogares.>

(Directiva Marco Del Agua, n.d.) <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/marco-del-agua/default.aspx>

(Modelos de Gestión Del Agua Urbana - Iambiente, n.d.) <https://iambiente.es/2018/07/primera-guia-sobre-economia-circular-la-bs-80012017/>

(Ósmosis Inversa: Qué Es, Para Qué Sirve y Su Proceso - Ferrovial, n.d.) <https://www.ferrovial.com/es/recursos/osmosis-inversa/#:~:text=Es%20un%20proceso%20mediante%20el, trav%C3%A9s%20de%20unas%20membranas%20semipermeables.>

(¿Qué Es y Cómo Funciona La Ósmosis Inversa? - Carbotecnia, n.d.) <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/osmosis-inversa/que-es-la-osmosis-inversa-purificador/>

(One Platform for Data Discovery, Management and Visualization, Regardless of Technical Expertise - Knoema.Com, n.d.) <https://knoema.es/>

(*The Governance of Water Services in Europe 2020 Edition*, n.d.)

(Estudio de Mercado. El Mercado Del Agua En Alemania 2021, n.d.) <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudios-informes/estudio-mercado-agua-alemania-2021-doc2021881025.html?idPais=DE>

(Berlin – Drive-By | Diehl Metering, n.d.) <https://www.diehl.com/metering/es/estudios-de-caso/berlin-drive-by/>

(Ficha Sector. El Sector Del Agua En Alemania 2020, n.d.) <https://www.icex.es/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/paises/navegacion-principal/el-mercado/estudios-informes/DOC2020863254.html?idPais=DE>

(Vienna Water - Municipal Department 31, n.d.) <https://www.wien.gv.at/english/environment/watersupply/>

(Austrian Water : Startseite , n.d.) <http://www.austrianwater.at/startseite/>

(Smart Austria (Capítulo Dos), n.d.) <https://www.energynews.es/smart-austria-capitulo-dos/>

(Tecnología Del Agua - Advantage Austria, n.d.) <https://www.yumpu.com/es/document/read/15754017/tecnologia-del-agua-advantage-austria>

(La Gestión Del Agua En Bélgica | IAgua, n.d.) <https://www.iagua.es/blogs/sibylle-soers/gestion-agua-belgica>

(Abastecimiento de Agua y Saneamiento En Bélgica Recursos Hídricos e Infraestructura, n.d.) https://hmgong.es/wiki/Water_supply_and_sanitation_in_Belgium

(Objectives, n.d.) <http://www.belgaqua.be/en/home/about-us/objectives.aspx>

(Съюз На ВиК Операторите в Република България, n.d.) <https://www.srvikbg.com/>

(Clave, n.d.) [https://www.icex.es/icex/GetContentGestor?dDocName=570864#:~:text=uso%20del%20agua%20C%2067%25%20agricultura,de%20aguas%20residuales%20\(2014\).&text=El%20suministro%20de%20aguas%20y,sector%20prioritario%20para%20el%20pa%C3%ADs.](https://www.icex.es/icex/GetContentGestor?dDocName=570864#:~:text=uso%20del%20agua%20C%2067%25%20agricultura,de%20aguas%20residuales%20(2014).&text=El%20suministro%20de%20aguas%20y,sector%20prioritario%20para%20el%20pa%C3%ADs.)

(Esfuerzos Para Un Agua Potable Más Respetuosa Con El Medio Ambiente En Chipre - Globaqua, n.d.) <https://www.globaqua.com/noticia/esfuerzos-para-un-agua-potable-mas-respetuosa-con-el-medio-ambiente-en-chipre/>

(El Agua Potable, Todo Un Desafío En Chipre | Euronews, n.d.) <https://es.euronews.com/my-europe/2012/12/14/el-agua-potable-todo-un-desafio-en-chipre>

(*La Escasez Crónica de Agua Espolea La Innovación En Chipre | Plan de Acción Sobre Ecoinnovación*, n.d.)

(*Estudio de Mercado. El Mercado Del Agua En Croacia 2021*, n.d.)

(*Abastecimiento de Agua y Saneamiento En Dinamarca Accesos y Fuentes y Uso Del Agua*, n.d.)

(*EKOSERVIS SLOVENSKO s.r.o., Čistenie Odpadových Vód*, n.d.)

(*ICEX España Exportación e Inversiones, E.P.E >> Marco Geográfico*, n.d.)

(Resultados Del “XVI Estudio Nacional de Suministro de Agua Potable y Saneamiento En España 2020” AEAS-AGA, n.d.) <https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/resultados-del-xvi-estudio-nacional-de-suministro--x4j27>

(La Gestión Del Agua En España - Fundación Aqualia, n.d.) <https://www.fundacionaqualia.org/gestion-del-agua-en-espana/>

(España: El Desafío de La Gestión Del Agua En El País Más Árido de Europa - En Foco, n.d.) <https://www.france24.com/es/20190917-en-foco-espana-gestion-agua-europa>

(Hechos y Cifras Sobre El Agua En Estonia | IAgua, n.d.) <https://www.iagua.es/2010/04/hechos-y-cifras-sobre-el-agua-en-estonia>

(Tallinna Vesi, n.d.) https://hmong.es/wiki/Tallinna_Vesi

(Ósmosis Inversa y Tratamiento de Agua En Estonia - Pure Aqua, Inc., n.d.)

(El Agua En Finlandia: Cantidad y Calidad - El Blog de Finlandia y Laponia, n.d.)

(Abastecimiento de Agua y Saneamiento En Grecia Recursos Hídricos y Responsabilidad Institucional, n.d.)

(El Incumplimiento de La Directiva de Tratamiento de Aguas Residuales Lleva a Hungría al Tribunal | IAgua, n.d.)

(Agua Irlandesa Contenido y Formación y Operación, n.d.) https://hmong.es/wiki/Irish_Water

(Abastecimiento de Agua y Saneamiento En La República de Irlanda Contenido y Recursos y Uso Del Agua [Editar], n.d.) https://hmong.es/wiki/Water_supply_and_sanitation_in_the_Republic_of_Ireland

(La Factura Del Agua En Irlanda - Españoles En Irlanda - Vivir En Irlanda - Trabajo En Irlanda - Alojamiento En Irlanda, n.d.)

(Abastecimiento de Agua y Saneamiento En Italia Contenido y Historia Moderna [Editar], n.d.) https://hmong.es/wiki/Water_supply_and_sanitation_in_Italy

(Suez Compra 8,4 Millones de Acciones de ACEA, Compañía Responsable de La Gestión Del Agua En Roma | IAgua, n.d.)

(Homepage | Acquedotto Pugliese, n.d.) <https://www.aqp.it/>

(Gas, Luz y Agua En Riga, Mudanza En Letonia - EasyExpat.Com, n.d.)

(Lituania - Infraestructura, n.d.)

(Ósmosis Inversa y Tratamiento de Malta - Pure Aqua, Inc., n.d.) <https://es.pureaqua.com/osmosis-inversa-y-tratamiento-de-malta/>

(Abastecimiento de Agua y Saneamiento En Los Países Bajos Calidad de Acceso Servicio y Recursos Hídricos y Uso Del Agua, n.d.) https://hmong.es/wiki/Water_supply_and_sanitation_in_the_Netherlands

(Polonia, n.d.) <https://www.icex.es/icex/GetDocumento?dDocName=DOC2021876478&urlNoAcceso=/icex/es/registro/iniciar-sesion/index.html?urlDestino=https://www.icex.es:443/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/estudios-de-mercados-y-otros-documentos-de-comercio-exterior/guia-negocios-polonia-doc2021876478.html&site=icexES>

(Abastecimiento de Agua y Saneamiento En Portugal - Water Supply and Sanitation in Portugal - No-Regime.Com, n.d.)

(*SmVak: Eficiencia Checa En La Gestión Del Agua* | *I Agua*, n.d.)

(*Revista - Beyond Water*, n.d.)

(En La Región de Skåne (Suecia), La Compañía Pública VA SYD Adopta Una Gestión Participativa y Horizontal Del Agua Para Resistir a Su Privatización | CISDP, n.d.)
<https://www.uclg-cisdp.org/es/actualidad/noticias/en-la-regi%C3%B3n-de-sk%C3%A5ne-suecia-la-compa%C3%B1a-p%C3%ADa-va-syd-adopta-una-gesti%C3%B3n>

(*El Ranking Del Agua En Europa. 3: Consumo, Pérdidas, Precios e Inversión* | *I Agua*, n.d.)

(¿Cómo Ha Logrado Dinamarca Un Consumo de Agua Responsable? | *I Agua*, n.d.)
<https://www.iagua.es/noticias/redaccion-iagua/como-ha-logrado-dinamarca-consumo-agua-responsable#:~:text=En%20primer%20lugar%2C%20los%20precios,agua%20de%20forma%20m%C3%A1s%20responsable.>

(Salario Medio 2021 | *Datosmacro.Com*, n.d.) <https://datosmacro.expansion.com/mercado-laboral/salario-medio>

A. Programación LINGO modelo CCR-INPUT

$$MIN \theta_j - \varepsilon [h_{TT}^- + h_{GMF}^+]$$

s.a:

$$\sum_{j=1}^{27} x_{TT,j} \lambda_j = \theta_j x_{TT,J} - h_{TT}^-$$

$$\sum_{j=1}^{27} y_{GMF,j} \lambda_j = y_{GMF,J} + h_{GMF}^+$$

$$\lambda_j, h_{TT}^-, h_{GMF}^+ \geq 0$$

θ_j libre

Utilizando el software de programación Lingo el modelo anterior se programa de la siguiente forma:

SETS:

DMUS:LAMBDA, X, Y;

ENDSETS

DATA:

X0=3.84;

Y0=58.24;

DMUS = 1..27;

X=

3.84

4.01

3.86

1.91

1.82

1.98

9.02

2.50

2.26

2.60

1.52

1

3.36

1.23

2.62

4.31

2

1.93

1.93

5.50

2.18

5.47

2.08

1.82

2.78

1.39

4.44;

Y=

58.24

62.11

44.06

22.66

30.60

35.69

113.94

23.72

28.22

41.23

16.10

14.30

68.61

14.04

29.90

67.33

52.85

45.68

40.57

90.55

20.78

83.44

24.73

44.61

29.80

19.87

74.68;

ENDDATA

@FREE(GAMMA);

@GIN(TX);

@GIN(TY);

MIN= GAMMA-0.000001*(HX+HY);

@SUM(DMUS(J):LAMBDA(J)*X(J))=TX;

@SUM(DMUS(J):LAMBDA(J)*Y(J))=TY;

TX=GAMMA*X0-HX;

TY=Y0+HY;

De este programa para cada DMU se cambiaría X_0 e Y_0 (subrayado en amarillo arriba para saber qué es lo que hay que ir cambiando) para calcular la eficiencia de cada uno de ellos. No se adjuntan puesto que solo cambian esas dos líneas y haría muy extenso el documento.

B. Programación LINGO modelo BCC-INPUT

$$\text{MIN } \theta_j - \varepsilon [h_{TT}^- + h_{GMF}^+]$$

s.a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^{27} x_{TT,j} \lambda_j &= \theta_j x_{TT,J} - h_{TT}^- \\ \sum_{j=1}^{27} y_{GMF,j} \lambda_j &= y_{GMF,J} + h_{GMF}^+ \\ \sum_{j=1}^{27} \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j, h_i^-, h_k^+ &\geq 0 \\ \theta_j &\text{ libre} \end{aligned}$$

Utilizando de nuevo el software de programación Lingo el modelo anterior se programa de la siguiente forma:

SETS:

DMUS:LAMBDA, X, Y;

ENDSETS

DATA:

X0=3.85;

Y0=58.24;

DMUS = 1..27;

X=

3.84

4.01

3.86

1.91

1.82

1.98

9.02

2.50

2.26

2.60

1.52

1

3.36

1.23

2.62

4.31

2

1.93

1.93

5.50

2.18

5.47

2.08

1.82

2.78

1.39

4.44;

Y=

58.34

62.11

44.06

22.66

30.60

35.69

113.94

23.72

28.22

41.23

16.10

14.30

68.61

14.04

29.90

67.33

52.85

45.68

40.57

90.55

20.78

83.44

24.73

44.61

29.80

19.87

74.68;

ENDDATA

@FREE(GAMMA);

@GIN(TX);

@GIN(TY);

MIN= GAMMA-0.000001*(HX+HY);

@SUM(DMUS(J):LAMBDA(J)*X(J))=TX;

@SUM(DMUS(J):LAMBDA(J)*Y(J))=TY;

@SUM(DMUS(J):LAMBDA(J))=1;

TX=GAMMA*X0-HX;

TY=Y0+H

De nuevo se ha ido cambiando X_0 e Y_0 para ir obteniendo la eficiencia para cada país según su entrada y su salida.

C. Resultados metodología EXCEL y EMS

C.1 CCR-INPUT

C.1.1 EMS

	DMU	Score	TARIFA TOTAL {V}	GASTO MENSUAL FAMILIA {V}	RESERVA ANUAL DE AGUA {V}	POBLACIÓN {V}	Benchmarks	{S} TARIFA TOTAL {I}	{S} GASTO MENSUAL FAMILIA {I}	{S} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{S} POBLACIÓN {O}
1	Alemania	100,00%	0,42	0,58	0,00	1,00	2				
2	Austria	16,37%	0,07	0,00	0,93	1,00	23 (0,21) 25 (0,08)	0,00	2,62	0,00	0,00
3	Bélgica	77,87%	0,09	0,00	0,91	1,00	7 (0,00) 25 (1,08)	0,00	2,08	0,00	0,00
4	Bulgaria	49,04%	0,13	0,00	0,87	1,00	23 (0,11) 25 (0,25)	0,00	0,82	0,00	0,00
5	Chipre	95,18%	0,30	0,00	0,70	1,00	7 (0,15) 21 (0,18)	0,00	8,43	0,00	0,00
6	Croacia	9,39%	0,58	0,00	0,42	1,00	17 (0,03) 23 (0,06)	0,00	0,29	0,00	0,00
7	Dinamarca	100,00%	0,12	0,29	0,59	1,00	3				
8	Eslovaquia	16,97%	0,00	0,07	0,93	1,00	23 (0,14) 25 (0,02)	0,08	0,00	0,00	0,00
9	Eslovenia	9,84%	0,10	0,00	0,90	1,00	23 (0,04) 25 (0,05)	0,00	0,29	0,00	0,00
10	España	87,08%	0,61	0,00	0,39	1,00	17 (0,25) 23 (0,85)	0,00	1,74	0,00	0,00
11	Estonia	15,18%	0,00	0,17	0,83	1,00	23 (0,02) 25 (0,07)	0,01	0,00	0,00	0,02
12	Finlandia	26,71%	0,31	0,69	0,00	1,00	1 (0,05) 23 (0,03)	0,00	0,00	17650,58	0,00
13	Francia	80,83%	0,52	0,00	0,48	1,00	17 (0,74) 23 (0,59)	0,00	1,51	0,00	0,00
14	Grecia	48,90%	0,00	1,00	0,00	1,00	23 (0,28)	0,02	0,00	11704,18	0,00
15	Hungría	21,15%	0,00	1,00	0,00	1,00	23 (0,26)	0,02	0,00	6653,41	0,00
16	Irlanda	13,84%	0,12	0,00	0,88	1,00	23 (0,08) 25 (0,15)	0,00	2,72	0,00	0,00
17	Italia	100,00%	1,00	0,00	0,00	1,00	5				
18	Letonia	8,43%	0,08	0,00	0,92	1,00	23 (0,04) 25 (0,03)	0,00	2,00	0,00	0,00
19	Lituania	17,18%	0,11	0,00	0,89	1,00	23 (0,05) 25 (0,08)	0,00	3,29	0,00	0,00
20	Luxemburgo	13,98%	0,42	0,00	0,58	1,00	7 (0,08) 25 (0,01)	0,00	3,02	0,00	0,00
21	Malta	100,00%	0,00	0,00	1,00	1,00	1				
22	Países	28,72%	0,09	0,00	0,91	1,00	23 (0,37) 25 (0,29)	0,00	6,22	0,00	0,00
23	Polonia	100,00%	0,00	0,17	0,83	1,00	18				
24	Portugal	26,92%	0,61	0,00	0,39	1,00	17 (0,06) 23 (0,18)	0,00	4,58	0,00	0,00
25	Republica	100,00%	0,00	0,10	0,90	1,00	11				
26	Rumania	66,92%	0,31	0,69	0,00	1,00	1 (0,18) 23 (0,12)	0,00	0,00	100975,27	0,01
27	Suecia	11,46%	0,63	0,00	0,37	1,00	17 (0,04) 23 (0,20)	0,00	1,28	0,01	0,13

C.1.2 EXCEL

	DMU	Score	Benchmarks	{S} TARIFA TOTAL {I}	{S} GASTO MENSUAL FAMILIA {I}	{S} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{S} POBLACIÓN {O}	{T} TARIFA TOTAL {I}	{T} GASTO MENSUAL FAMILIA	{T} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{T} POBLACIÓN {O}	{M} TARIFA TOTAL {I}	{M} GASTO MENSUAL FAMILIA	{M} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{M} POBLACIÓN {O}	MED
1	Alemania	100%	2					3,85	58,24	188000	83155031	0	0	0	0	1
2	Austria	16,37%	23 (0,21) 25 (0,08)	0	2,62	0	0	0,66	7,55	13750,8	8935112	0,84	0,88	0,84	0	0,36
3	Bélgica	77,87%	7 (0,00) 25 (1,08)	0	2,08	0	0	3,01	32,23	14250,21	11550039	0,22	0,27	0,22	0	0,82
4	Bulgaria	49,04%	23 (0,11) 25 (0,25)	0	0,82	0	0	0,93	10,29	10004,16	6951482	0,51	0,55	0,51	0	0,61
5	Chipre	95%	7 (0,15) 21 (0,18)	0	8,43	0	0	1,73	20,70	571	956800	0,05	0,32	0,05	0	0,89
6	Croacia	9,39%	17 (0,03) 23 (0,06)	0	0,29	0	0	0,19	3,06	8920,5	4105000	0,91	0,91	0,91	0	0,32
7	Dinamarca	100%	3					9,02	113,94	3700	5837213	0	0	0	0	1
8	Eslovaquia	16,97%	23 (0,14) 25 (0,02)	0,08	0	0	0	0,34	4,03	8501,97	5464060	0,86	0,83	0,83	0	0,37
9	Eslovenia	9,84%	23 (0,04) 25 (0,05)	0	0,29	0	0	0,22	2,49	3119,28	2100126	0,90	0,91	0,90	0	0,32
10	España	87,08%	17 (0,25) 23 (0,85)	0	1,74	0	0	2,26	34,16	95613,84	47450795	0,13	0,17	0,13	0	0,89
11	Estonia	15%	23 (0,02) 25 (0,07)	0,01	0	0	0,02	0,22	2,44	1822	1319133	0,85	0,85	0,85	0	0,36
12	Finlandia	26,71%	1 (0,05) 23 (0,03)	0	0	17650,58	0	0	3,82	11677	5549184	0,73	0,73	0,89	0	0,41
13	Francia	80,83%	17 (0,74) 23 (0,59)	0	1,51	0	0	2,72	53,95	168934,7	67407241	0,19	0,21	0,19	0	0,85
14	Grecia	49%	23 (0,28)	0,02	0	11704,18	0	0,58	6,87	16657,82	10607051	0,53	0,51	0,71	0	0,56
15	Hungría	21,15%	23 (0,26)	0,02	0	6653,41	0	0,53	6,32	15342,59	9769526	0,80	0,79	0,85	0	0,39
16	Irlanda	13,84%	23 (0,08) 25 (0,15)	0	2,72	0	0	0,60	6,60	7086,08	4857000	0,86	0,90	0,86	0	0,34
17	Italia	100%	5					2	52,85	179300	60257566	0	0	0	0	1
18	Letonia	8,43%	23 (0,04) 25 (0,03)	0	2	0	0	0,16	1,85	2908,4	1912789	0,92	0,96	0,92	0	0,30
19	Lituania	17,18%	23 (0,05) 25 (0,08)	0	3,29	0	0	0,33	3,68	4191,92	2853001	0,83	0,91	0,83	0	0,36
20	Luxemburgo	13,98%	7 (0,08) 25 (0,01)	0	3,02	0	0	0,77	9,64	489,3	626108	0,86	0,89	0,86	0	0,35
21	Malta	100%	1					2,18	20,78	100	475700	0	0	0	0	1
22	Países Bajos	28,72%	23 (0,37) 25 (0,29)	0	6,22	0	0	1,571	17,74	26135,2	17302116	0,71	0,79	0,71	0	0,45
23	Polonia	100%	18					2,08	24,73	60000	38208000	0	0	0	0	1
24	Portugal	26,92%	17 (0,06) 23 (0,18)	0	4,58	0	0	0,49	7,43	20836,08	10295909	0,73	0,83	0,73	0	0,43
25	Republica Checa	100%	11					2,78	29,80	13200	10697858	0	0	0	0	1
26	Rumania	67%	1 (0,18) 23 (0,12)	0	0	100975,27	0,01	0,93	13,30	40627	19317984	0,33	0,33	0,81	0	0,63
27	Suecia	11,46%	17 (0,04) 23 (0,20)	0	1,28	0,01	0,13	0,51	7,28	19825,8	10343403	0,89	0,90	0,89	0	0,33

C.2. BCC-INPUT

C.2.1 EMS

	DMU	Score	TARIFA TOTAL {0}{V}	GASTO MENSUAL FAMILIA {0}{V}	RESERVA ANUAL DE AGUA {0}{V}	POBLACIÓN {0}{V}	Benchmarks	{S} TARIFA TOTAL {0}	{S} GASTO MENSUAL FAMILIA {0}	{S} RESERVA ANUAL DE AGUA {0}	{S} POBLACIÓN {0}
1	Alemania	100.00%	0.03	0.49	0.48	1.00		2			
2	Austria	37.72%	0.79	0.00	0.21	1.00	11 (0.58) 14 (0.29) 23 (0.13)	0.00	6.78	0.00	0.25
3	Bélgica	79.70%	0.04	0.00	0.96	1.00	7 (0.05) 23 (0.04) 25 (0.91)	0.00	1.14	0.00	0.00
4	Bulgaria	86.66%	0.77	0.00	0.23	1.00	5 (0.15) 11 (0.69) 23 (0.15)	0.00	0.04	0.00	0.00
5	Chipre	100.00%	0.94	0.00	0.06	1.00		3			
6	Croacia	61.93%	0.82	0.00	0.18	1.00	12 (0.02) 14 (0.98)	0.00	8.06	0.00	6420337.39
7	Dinamarca	100.00%	0.00	0.00	1.00	1.00		1			
8	Eslovaquia	64.12%	0.00	0.79	0.21	1.00	11 (0.56) 14 (0.43) 23 (0.00)	0.21	0.00	0.00	0.03
9	Eslovenia	64.87%	0.92	0.00	0.08	1.00	11 (0.81) 14 (0.19)	0.00	2.62	0.00	947999.63
10	España	87.62%	0.59	0.00	0.41	1.00	1 (0.12) 17 (0.17) 23 (0.71)	0.00	2.46	0.00	0.00
11	Estonia	100.00%	0.65	0.24	0.11	1.00		12			
12	Finlandia	100.00%	1.00	0.00	0.00	1.00		1			
13	Francia	82.01%	0.49	0.00	0.51	1.00	1 (0.40) 17 (0.50) 23 (0.10)	0.00	3.93	0.00	0.01
14	Grecia	100.00%	0.00	0.89	0.11	1.00		10			
15	Hungría	49.26%	0.66	0.00	0.34	1.00	11 (0.15) 14 (0.83) 23 (0.02)	0.00	0.18	0.00	0.22
16	Irlanda	35.98%	0.87	0.00	0.13	1.00	11 (0.86) 14 (0.05) 23 (0.08)	0.00	7.55	0.00	0.00
17	Italia	100.00%	1.00	0.00	0.00	1.00		2			
18	Letonia	74.30%	0.90	0.00	0.10	1.00	11 (0.70) 14 (0.30)	0.00	18.48	0.00	2159294.75
19	Lituania	76.83%	0.86	0.00	0.14	1.00	11 (0.85) 14 (0.14) 23 (0.01)	0.00	15.33	0.00	0.00
20	Luxemburgo	32.90%	0.63	0.34	0.03	1.00	5 (0.94) 11 (0.05) 21 (0.01)	0.00	0.00	0.00	343137.96
21	Malta	100.00%	0.00	0.00	1.00	1.00		1			
22	Países Bajos	33.44%	0.68	0.00	0.32	1.00	5 (0.22) 11 (0.35) 23 (0.44)	0.00	4.91	0.00	0.02
23	Polonia	100.00%	0.00	0.47	0.53	1.00		12			
24	Portugal	69.81%	0.65	0.00	0.35	1.00	11 (0.09) 14 (0.89) 23 (0.02)	0.00	16.73	0.00	0.01
25	Republica	100.00%	0.00	0.11	0.89	1.00		1			
26	Rumania	100.00%	0.64	0.36	0.00	1.00		0			
27	Suecia	29.51%	0.67	0.00	0.33	1.00	11 (0.15) 14 (0.81) 23 (0.04)	0.00	7.24	0.00	1.73

C.2.2 EXCEL

	DMU	Score	Benchmarks	{S} TARIFA TOTAL {I}	{S} GASTO MENSUAL FAMILIA {I}	{S} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{S} POBLACIÓN {O}	{T} TARIFA TOTAL {I}	{T} GASTO MENSUAL FAMILIA	{T} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{T} POBLACIÓN {O}	{M} TARIFA TOTAL {I}	{M} GASTO MENSUAL FAMILIA	{M} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{M} POBLACIÓN {O}	MED
1	Alemania	100,00%	2					3,85	58,24	188000	83155031	0	0	0	0	1
2	Austria	37,72%	11 (0,58) 14 (0,29) 23 (0,13)	0	6,78	0	0,25	1,51	16,65	31684,8	8935112,25	0,6	0,7	0,6	0	0,5
3	Bélgica	79,70%	7 (0,05) 23 (0,04) 25 (0,91)	0	1,14	0	0	3,08	33,97	14585,1	11550039	0,2	0,2	0,2	0	0,8
4	Bulgaria	86,66%	5 (0,15) 11 (0,69) 23 (0,15)	0	0,04	0	0	1,65	19,60	17678,64	6951482	0,1	0,1	0,1	0	0,9
5	Chipre	100,00%	3					1,82	30,60	600	956800	0	0	0	0	1
6	Croacia	61,93%	12 (0,02) 14 (0,98)	0	8,06	0	6420337,39	1,23	14,04	58833,5	10525337,39	0,4	0,6	0,4	0,6	0,5
7	Dinamarca	100,00%	1					9,02	113,94	3700	5837213	0	0	0	0	1
8	Eslovaquia	64,12%	11 (0,56) 14 (0,43) 23 (0,00)	0,21	0	0	0,03	1,39	15,21	32124,12	5464060,03	0,4	0,4	0,4	0	0,7
9	Eslovenia	64,87%	11 (0,81) 14 (0,19)	0	2,62	0	947999,63	1,47	15,69	20563,79	3048125,63	0,4	0,4	0,4	0,3	0,6
10	España	87,62%	1 (0,12) 17 (0,17) 23 (0,71)	0	2,46	0	0	2,28	33,66	96206,76	47450795	0,1	0,2	0,1	0	0,9
11	Estonia	100,00%	12					1,52	16,07	12000	1319133	0	0	0	0	1
12	Finlandia	100,00%	1					1,00	14,30	109800	5549184	0	0	0	0	1
13	Francia	82,01%	1 (0,40) 17 (0,50) 23 (0,10)	0	3,93	0	0,01	2,76	52,34	171400,9	67407241,01	0,2	0,2	0,2	0	0,9
14	Grecia	100,00%	10					1,23	14,04	58000	10607051	0	0	0	0	1
15	Hungría	49,26%	11 (0,15) 14 (0,83) 23 (0,02)	0	0,18	0	0,22	1,29	14,55	51230,4	9769526,22	0,5	0,5	0,5	0	0,6
16	Irlanda	35,98%	11 (0,86) 14 (0,05) 23 (0,08)	0	7,55	0	0	1,55	16,67	18421,76	4857000	0,6	0,8	0,6	0	0,5
17	Italia	100,00%	2					2,00	52,85	179300	60257566	0	0	0	0	1
18	Letonia	74,30%	11 (0,70) 14 (0,30)	0	18,48	0	2159294,75	1,43	15,46	25633,5	4072083,75	0,3	0,7	0,3	0,5	0,6
19	Lituania	76,83%	11 (0,85) 14 (0,14) 23 (0,01)	0	15,33	0	0	1,48	15,84	18746,52	2853001	0,2	0,6	0,2	0	0,7
20	Luxemburgo	32,90%	5 (0,94) 11 (0,05) 21 (0,01)	0	0	0	343137,96	1,81	29,79	1151,5	969245,96	0,7	0,7	0,7	0,4	0,4
21	Malta	100,00%	1					2,18	20,78	100	475700	0	0	0	0	1
22	Países Bajos	33,44%	5 (0,22) 11 (0,35) 23 (0,44)	0	4,91	0	0,02	1,83	22,99	30430,4	17302116,02	0,7	0,7	0,7	0	0,5
23	Polonia	100,00%	12					2,08	24,73	60000	38208000	0	0	0	0	1
24	Portugal	69,81%	11 (0,09) 14 (0,89) 23 (0,02)	0	16,73	0	0,01	1,27	14,41	54032,94	10295909,01	0,3	0,7	0,3	0	0,7
25	Republica Checa	100,00%	1					2,78	29,80	13200	10697858	0	0	0	0	1
26	Rumania	100,00%	0					1,39	19,87	211600	19317984	0	0	0	0	1
27	Suecia	29,51%	11 (0,15) 14 (0,81) 23 (0,04)	0	7,24	0	1,73	1,31	14,80	51052,3	10343404,73	0,7	0,8	0,7	0	0,4

C.3 Aditivo

C.3.1 EMS

	DMU	Score	TARIFA TOTAL {V}	GASTO MENSUAL FAMILIA {V}	RESERVA ANUAL DE AGUA {V}	POBLACIÓN {V}	Benchmarks	{S} TARIFA TOTAL {}	{S} GASTO MENSUAL FAMILIA {}	{S} RESERVA ANUAL DE AGUA {}	{S} POBLACIÓN {}
1	Alemania	0.00	35933.95	6293011.49	704863.23	92960121.29		0			
2	Chipre	0.00	77243.38	1803446.06	440313.68	1138727.75		2			
3	Croacia	10755.24	97817.29	35.69	106435.22	4105000.00	5 (0.07) 6 (0.26) 10 (0.66)	0.00	4.33	0.00	37510750.77
4	Dinamarca	0.00	62792.20	201949.68	351299.26	8017990.96		0			
5	Finlandia	0.00	67792.81	4688256.69	829281.86	12956947.09		3			
6	Italia	0.00	73270.09	6087791.60	101543.15	67943494.68		2			
7	Letonia	14210.01	99133.62	45.68	202729.53	1912789.00	2 (0.45) 5 (0.03) 10 (0.52)	0.00	18.59	0.00	18414191.38
8	Lituania	41216.83	23152.29	40.65	84744.80	2853001.01	2 (0.59) 10 (0.40) 12 (0.01)	0.00	12.31	0.00	13041204.06
9	Malta	0.00	70812.47	7258446.94	72357.01	558552.00		0			
10	Polonia	0.00	77564.03	5869835.08	767655.76	46275793.03		4			
11	Portugal	95049.58	97995.62	44.61	381453.58	10295909.00	5 (0.24) 6 (0.05) 10 (0.72)	0.00	21.04	0.00	21195028.54
12	Republica	0.00	32867.44	3889645.85	41088.73	15862433.08		1			

C.3.2 EXCEL

	DMU	Score	Benchmarks	{S} TARIFA TOTAL {I}	{S} GASTO MENSUAL FAMILIA {I}	{S} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{S} POBLACIÓN {O}	{T} TARIFA TOTAL {I}	{T} GASTO MENSUAL FAMILIA	{T} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{T} POBLACIÓN {O}	{M} TARIFA TOTAL {I}	{M} GASTO MENSUAL FAMILIA	{M} RESERVA ANUAL DE AGUA {I}	{M} POBLACIÓN {O}	MED
1	Alemania	0	0					3,85	58,24	188000	83155031	0	0	0	0	1
2	Chipre	0	2					2	30,60	600	956800	0	0	0	0	1
3	Croacia	37510755,24	5 (0,07) 6 (0,26) 10 (0,66)	0	4,33	0	37510750,77	1,98	31,36	95000	41615750,77	0	0,12	0	0,90	0,74
4	Dinamarca	0	0					9	113,94	3700	5837213	0	0	0	0	1
4	Finlandia	0	3					1	14,30	109800	5549184	0	0	0	0	1
5	Italia	0	2					1	14,30	109800	5549184	0	0	0	0	1
6	Letonia	18414210,01	2 (0,45) 5 (0,03) 10 (0,52)	0	18,59	0	18414191,38	2	34,26	179300	78671757,38	0	0	0	0	1
7	Lituania	13041216,83	2 (0,59) 10 (0,40) 12 (0,01)	0	12,31	0	13041204,06	1,93	33,37	34500	14953993,06	0	0,27	0	0,87	0,71
8	Malta	0	0					2	41	24400	2853001	0	0	0	0	1
9	Polonia	0	4					2,18	21	100	475700	0	0	0	0	1
10	Portugal	21195049,58	5 (0,24) 6 (0,05) 10 (0,72)	0	21,04	0	21195028,54	2,08	4	60000	59403028,54	0	1	0	0,36	0,70
11	Republica Checa	0	1					1,82	45	77400	10295909	0	0	0	0	1