

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de las Tecnologías
Industriales

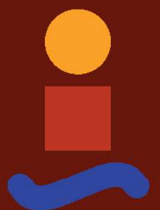
Análisis temporal por envoltura de datos de empresas españolas gestoras del ciclo integral del agua

Autor: María Ruiz Ruiz

Tutor: María Rodríguez Palero

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

Sevilla, 2024



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Análisis temporal por envoltura de datos de empresas españolas gestoras del ciclo integral del agua

Autor:

María Ruiz Ruiz

Tutor:

María Rodríguez Palero

Profesor Ayudante Doctor

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas II

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024

Proyecto Fin de Carrera: Análisis temporal por envoltura de datos de empresas españolas gestoras del ciclo integral del agua

Autor: María Ruiz Ruiz

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, 2024

El Secretario del Tribunal

A mi familia
Incondicional

Agradecimientos

A mamá y papá, por ser apoyo y guía, por haber hecho posible que hoy yo esté aquí, por estar al pie del cañón todos estos años. A mi hermano. A mi hogar, del que me fui hace unos años, pero del que nunca me iré del todo. Por estar a mi lado siempre para todo. Por ser mi familia. Gracias.

A los que han recorrido este camino conmigo, mis amigos, que han permanecido aun estando lejos, y, en especial, a los que me ha regalado esta carrera, punto fijo donde agarrarme durante todo este tiempo, y que me llevo para toda la vida.

Al que me dio la mano en julio de 2015, y después de nueve años sigue conmigo. Gracias Rafa por permanecer, por tu incondicionalidad pese a todo, por creer en mi y ser mi vía de escape, sabes bien lo que esto significa para mi. Que todos mis logros sean a tu lado.

Muchísimas gracias, de corazón.

Os quiero con el alma.

Sevilla, 2024

El agua es un bien común fundamental para el desarrollo de la vida en la Tierra. En este Trabajo Fin de Grado se va a llevar a cabo un estudio de numerosas empresas representativas de saneamiento de aguas en España para conocer la eficiencia económica y medioambiental de las mismas mediante un análisis por envoltura de datos, siendo esta metodología conocida por sus siglas DEA, Data Envelopment Analysis.

Para llevarlo a cabo, en primer lugar, se ha realizado un amplio trabajo de investigación con la búsqueda de datos de las empresas, a través de las páginas web de estas o del SABI, Sistema de Análisis de Balanzas Ibéricas. Este primer paso ha sido determinante en la elección de las entidades que van a formar parte del estudio, puesto que la selección ha dependido de la disponibilidad de datos existente para cada una de las empresas. Estos datos recopilados, han sido tratados posteriormente en cinco modelos distintos, que han ayudado a obtener conclusiones de índole económica, medioambiental y social.

El análisis por envoltura de datos se ha realizado con dos orientaciones, de entrada y salida, según el objetivo del modelo, y cada uno de los modelos se ha resuelto con dos tecnologías distintas, retornos de escala constante y retornos de escala variable, para obtener un amplio abanico de resultados y así extraer todas las conclusiones posibles. La resolución se ha llevado a cabo con el software EMS, Efficiency Measurement System.

Para concluir, el fin último de este documento es analizar y mostrar aspectos de una muestra representativa de empresas de saneamiento de España, y obtener conclusiones que puedan mejorar la situación de estas, dada la importancia que tiene el bien que gestionan, y en la actualidad, aun más.

Abstract

Water is a fundamental common good for the development of life on Earth. In this Final Degree Project, a study of numerous representative water sanitation companies in Spain will be carried out to determine their economic and environmental efficiency using Data Envelopment Analysis (DEA).

To accomplish this, a thorough research was initially conducted to gather data from the companies, using their websites or the SABI, Sistema de Análisis de Balanzas Ibéricas (Iberian Balance Analysis System). This first step has been decisive in selecting the entities to be included in the study, as the selection depended on the availability of existing data for each company. The collected data were subsequently processed in five different models, which helped to obtain conclusions of economic, environmental, and social nature.

The Data Envelopment Analysis was performed with two orientations, input and output, depending on the objective of the model, and each model has been solved with two different technologies, constant returns to scale and variable returns to scale, in order to obtain a wide range of results and extract all possible conclusions. The resolution has been carried out using the EMS software, Efficiency Measurement System.

In conclusion, the ultimate aim of this document is to analyze and present aspects of a representative sample of sanitation companies in Spain, and to obtain conclusions that can improve their situation, given the importance of the asset they manage, and even more so in the present day.

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xii
Índice	xiii
Índice de Tablas	xiv
Índice de Figuras	xvii
1 INTRODUCCIÓN	1
2 ANÁLISIS POR ENVOLTURA DE DATOS	3
2.1 <i>Introducción</i>	3
2.2 <i>Conceptos básicos</i>	3
2.3 <i>Conjunto de posibilidades de producción (tecnología)</i>	5
2.4 <i>Modelos DEA</i>	7
2.4.1 <i>Modelos DEA con retornos de escala constantes</i>	7
2.4.2 <i>Modelos DEA con retornos de escala variables</i>	13
2.4.3 <i>Otros modelos DEA: Modelo aditivo</i>	16
3 CASO DE ESTUDIO	19
3.1 <i>Ciclo integral del agua</i>	19
3.2 <i>Selección de empresas participantes en el estudio</i>	21
3.3 <i>Fuente de datos</i>	24
3.4 <i>Selección de datos para el estudio</i>	27
3.4.1 <i>Definición y estadísticas descriptivas de las variables potenciales</i>	29
3.5 <i>Modelos a resolver</i>	30
3.5.1 <i>Modelo 1. Capacidad económica</i>	30
3.5.2 <i>Modelo 2. Eficiencia Sostenible</i>	31
3.5.3 <i>Modelo 3. Recursos económicos</i>	32
3.5.4 <i>Modelo 4. Gastos operativos</i>	33
3.5.5 <i>Modelo 5. Beneficio bruto</i>	34
3.6 <i>Herramienta para la resolución de los modelos planteados</i>	35
4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS	37
4.1 <i>Modelo 1. Capacidad económica</i>	37
4.2 <i>Modelo 2. Eficiencia Sostenible</i>	44
4.3 <i>Modelo 3. Recursos económicos</i>	50
4.4 <i>Modelo 4. Costo permanente</i>	56
4.5 <i>Modelo 5. Beneficio bruto</i>	63
4.6 <i>Comparación de la eficiencia para las empresas participantes en todos los modelos</i>	69
5 CONCLUSIONES	71
REFERENCIAS	75
ANEXO I	77
ANEXO II	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Empresas iniciales	21
Tabla 2. Acrónimos y definiciones de las variables utilizadas	29
Tabla 3. Estadísticas descriptivas de los datos registrados	30
Tabla 4. Empresas participantes en el modelo 1	31
Tabla 5. Empresas participantes en el modelo 2	32
Tabla 6. Empresas participantes en el modelo 3	33
Tabla 7. Empresas participantes en el modelo 4	34
Tabla 8. Empresas participantes en el modelo 5	35
Tabla 9. Resultados CRS 2019 Modelo 1	37
Tabla 10. Resultados VRS 2019 Modelo 1	37
Tabla 11. Resultados CRS 2020 Modelo 1	39
Tabla 12. Resultados VRS 2020 Modelo 1	39
Tabla 13. Resultados CRS 2021 Modelo 1	41
Tabla 14. Resultados VRS 2021 Modelo 1	41
Tabla 15. Resultados CRS 2019 Modelo 2	44
Tabla 16. Resultados VRS 2019 Modelo 2	44
Tabla 17. Resultados CRS 2020 Modelo 2	45
Tabla 18. Resultados VRS 2020 Modelo 2	45
Tabla 19. Resultados CRS 2021 Modelo 2	47
Tabla 20. Resultados VRS 2021 Modelo 2	47
Tabla 21. Resultados CRS 2019 Modelo 3	50
Tabla 22. Resultados VRS 2019 Modelo 3	50
Tabla 23. Resultados CRS 2020 Modelo 3	52
Tabla 24. Resultados VRS 2020 Modelo 3	52
Tabla 25. Resultados CRS 2021 Modelo 3	53
Tabla 26. Resultados VRS 2021 Modelo 3	53
Tabla 27. Resultados CRS 2019 Modelo 4	56
Tabla 28. Resultados VRS 2019 Modelo 4	56
Tabla 29. Resultados CRS 2020 Modelo 4	58
Tabla 30. Resultados VRS 2020 Modelo 4	58
Tabla 31. Resultados CRS 2021 Modelo 4	60
Tabla 32. Resultados VRS 2021 Modelo 4	60
Tabla 33. Resultados CRS 2019 Modelo 5	63

Tabla 34. Resultados VRS 2019 Modelo 5	63
Tabla 35. Resultados CRS 2020 Modelo 5	64
Tabla 36. Resultados VRS 2020 Modelo 5	64
Tabla 37. Resultados CRS 2021 Modelo 5	66
Tabla 38. Resultados VRS 2021 Modelo 5	66
Tabla 39. AQUONA	77
Tabla 40. EMACSA	77
Tabla 41. AGUAS DE BURGOS	78
Tabla 42. EMASAGRA	78
Tabla 43. AGUAS DE LEÓN	78
Tabla 44. EMUASA	79
Tabla 45. EMASESA	79
Tabla 46. AIGÜES DE BARCELONA	79
Tabla 47. EMATSA	80
Tabla 48. AGUAS DE ALICANTE	80
Tabla 49. EMAYA	80
Tabla 50. MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	81
Tabla 51. APEMSA	81
Tabla 52. AMVISA	81
Tabla 53. CHICLANA NATURAL	82
Tabla 54. CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	82
Tabla 55. AQUAVALL	82
Tabla 56. Resultados CRS 2019 Modelo 1	83
Tabla 57. Resultados VRS 2019 Modelo 1	83
Tabla 58. Resultados CRS 2020 Modelo 1	83
Tabla 59. Resultados VRS 2020 Modelo 1	84
Tabla 60. Resultados CRS 2021 Modelo 1	84
Tabla 61. Resultados VRS 2021 Modelo 1	84
Tabla 62. Resultados CRS 2019 Modelo 2	84
Tabla 63. Resultados VRS 2019 Modelo 2	85
Tabla 64. Resultados CRS 2020 Modelo 2	85
Tabla 65. Resultados VRS 2020 Modelo 2	85
Tabla 66. Resultados CRS 2021 Modelo 2	85
Tabla 67. Resultados VRS 2021 Modelo 2	85
Tabla 68. Resultados CRS 2019 Modelo 3	86
Tabla 69. Resultados VRS 2019 Modelo 3	86
Tabla 70. Resultados CRS 2020 Modelo 3	86
Tabla 71. Resultados VRS 2020 Modelo 3	86
Tabla 72. Resultados CRS 2021 Modelo 3	86

Tabla 73. Resultados VRS 2021 Modelo 3	87
Tabla 74. Resultados CRS 2019 Modelo 4	87
Tabla 75. Resultados VRS 2019 Modelo 4	87
Tabla 76. Resultados CRS 2020 Modelo 4	87
Tabla 77. Resultados VRS 2020 Modelo 4	87
Tabla 78. Resultados CRS 2021 Modelo 4	88
Tabla 79. Resultados VRS 2021 Modelo 4	88
Tabla 80. Resultados CRS 2019 Modelo 5	88
Tabla 81. Resultados VRS 2019 Modelo 5	88
Tabla 82. Resultados CRS 2020 Modelo 5	88
Tabla 83. Resultados VRS 2020 Modelo 5	89
Tabla 84. Resultados CRS 2021 Modelo 5	89
Tabla 85. Resultados VRS 2021 Modelo 5	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Gráfica DMU	3
Ilustración 2. Tecnología VRS	6
Ilustración 3. Tecnología CRS	7
Ilustración 4. Modelo CCR-Input	10
Ilustración 5. Modelo CCR-Output	12
Ilustración 6. Modelo BCC-Input	14
Ilustración 7. Modelo BCC-Output	16
Ilustración 8. Modelo Aditivo	17
Ilustración 9. Ciclo Integral del Agua	19
Ilustración 10. Proceso general de tratamiento de una estación depuradora de aguas residuales urbanas	21
Ilustración 11. 17 ODS	25
Ilustración 12. Capacidad económica	31
Ilustración 13. Eficiencia sostenible	32
Ilustración 14. Recursos económicos	33
Ilustración 15. Costo permanente	34
Ilustración 16. Beneficio bruto	35
Ilustración 17. SCORES de ambas tecnologías Modelo 1 2019	38
Ilustración 18. SCORES de ambas tecnologías Modelo 1 2020	40
Ilustración 19. SCORES de ambas tecnologías Modelo 1 2021	42
Ilustración 20. SCORES de ambas tecnologías para los tres años y las 17 empresas	43
Ilustración 21. Benchmarks Modelo 1	43
Ilustración 22. SCORES de ambas tecnologías Modelo 2 2019	45
Ilustración 23. SCORES de ambas tecnologías Modelo 2 2020	46
Ilustración 24. SCORES de ambas tecnologías Modelo 2 2021	48
Ilustración 25. SCORES de ambas tecnologías para los tres años y las 10 empresas	49
Ilustración 26. Benchmarks Modelo 2	50
Ilustración 27. SCORES de ambas tecnologías Modelo 3 2019	51
Ilustración 28. SCORES de ambas tecnologías Modelo 3 2020	53
Ilustración 29. SCORES de ambas tecnologías Modelo 3 2021	54
Ilustración 30. SCORES de ambas tecnologías para los tres años y las 11 empresas	55
Ilustración 31. Benchmarks Modelo 3	56
Ilustración 32. SCORES de ambas tecnologías Modelo 4 2019	57
Ilustración 33. SCORES de ambas tecnologías Modelo 4 2020	59
Ilustración 34. SCORES de ambas tecnologías Modelo 4 2021	61
Ilustración 35. SCORES de ambas tecnologías para los tres años y las 11 empresas	62
Ilustración 36. Benchmarks Modelo 4	62

Ilustración 37. SCORES de ambas tecnologías Modelo 5 2019	64
Ilustración 38. SCORES de ambas tecnologías Modelo 5 2020	65
Ilustración 39. SCORES de ambas tecnologías Modelo 5 2021	67
Ilustración 40. SCORES de ambas tecnologías para los tres años y las 11 empresas	68
Ilustración 41. Benchmarks Modelo 5	68
Ilustración 42. Comparación promedio VRS	69

1 INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable es un derecho humano fundamental reconocido por las Naciones Unidas. El suministro de agua en España se organiza a través de empresas públicas, empresas mixtas público-privadas o en algunos casos, empresas privadas. Estas entidades se encargan de la captación, tratamiento, distribución y gestión del agua potable, así como del tratamiento de las aguas residuales, conformando esto el ciclo integral del agua.

El marco regulatorio del suministro de agua en España está influenciado por la legislación de la Unión Europea, que establece estándares de calidad del agua y requisitos ambientales para la gestión de recursos hídricos. Además, existen normativas nacionales y regionales que regulan aspectos como las tarifas de agua, la protección del medio ambiente y la gestión sostenible del recurso.

En términos de infraestructura, España cuenta con una red extensa de embalses, acueductos, plantas de tratamiento de agua potable y estaciones depuradoras de aguas residuales para garantizar el suministro de agua y la gestión adecuada de los recursos hídricos en todo el país.

Si bien el suministro de agua en España es generalmente eficiente y seguro, existen desafíos como la gestión sostenible de los recursos hídricos, la adaptación al cambio climático y la modernización de la infraestructura para garantizar un suministro continuo y de calidad en todo el país, que depende principalmente de la empresa de gestión.

El objetivo principal de este estudio se centra en evaluar la eficiencia de un conjunto ampliado de Servicios Urbanos de Agua españoles, con el fin de proponer mejoras potenciales mediante el análisis de las características de los más eficientes. El estudio de la eficiencia de los servicios públicos cuenta con una larga trayectoria, pero en la última década los datos disponibles han aumentado drásticamente, lo que permite un análisis mucho más profundo y realista. Para llevar a cabo este análisis, se utilizará la metodología de análisis por envoltura de datos (DEA). Para ello, la estructura que se va a seguir va a ser en primer lugar la presentación de la metodología, a continuación, el objeto de estudio y los modelos que se van a resolver, después el análisis y evaluación de los resultados y, para finalizar, se recogen las conclusiones alcanzadas en el desarrollo del trabajo, las referencias utilizadas y los anexos.

2 ANÁLISIS POR ENVOLTURA DE DATOS

En esta primera sección, se describe la metodología DEA, Data Envelopment Analysis, utilizada para evaluar la eficiencia de los Servicios Urbanos de Agua españoles.

2.1 Introducción

El Análisis por Envoltura de Datos (DEA: Data Envelopment Analysis) es una metodología basada en modelos de programación lineal, propuesta por primera vez en 1978 por Charnes, Cooper y Rhodes, para estudiar la eficiencia relativa de una serie de unidades de decisión.

DEA es una técnica para evaluar la eficiencia de una serie de elementos, denominados usualmente Unidades de toma de Decisión, DMU: Decision Making Unit, siendo una unidad productiva cualquier organización que produzca consumiendo ciertos recursos, con la capacidad de poder modificar tanto el nivel de los recursos consumidos (entradas) como el de la producción creada (salidas), empleándose para dicha evaluación múltiples entradas y salidas para cada una de las DMU's consideradas. Las DMU's deben ser comparables: tanto sus entradas como sus salidas deben ser medibles en unidades homogéneas para todas ellas.



Ilustración 1. Gráfica DMU

Fuente: María Ruiz Ruiz

Con motivo de los avances realizados en los últimos años, el concepto inicial de la metodología se ha extendido. DEA y sus aplicaciones, actualmente, facilitan un nuevo enfoque para analizar y organizar datos. Tanto es así, que ha llegado a ser una alternativa y un complemento a los análisis tradicionales de tendencias centrales aportando, igualmente, un nuevo punto de vista para los análisis de coste-beneficio, estimación de fronteras, diseño de estrategias, aprovechamiento de características de los elementos punteros e inducción de teorías a partir de observaciones externas.

2.2 Conceptos básicos

En primer lugar, antes de plantear los modelos básicos de DEA, se van a exponer los conceptos básicos a partir de los cuales se basarán estos.

La productividad (según Farrel (1957)) de una determinada unidad productiva se define como la relación existente entre los resultados que obtiene y los recursos empleados en su producción. Es una

forma de medir cómo se están aprovechando dichos recursos. Para el caso de una sola salida y una sola entrada:

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

Sin embargo, es poco habitual que, en la práctica, se dé esta situación. Normalmente, los problemas reales que se plantean suelen tener varias entradas y varias salidas que se ajustan al escenario que se quiere resolver. Para este caso, la expresión matemática que se propone es:

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

Expresando como x_{ij} a la cantidad de entrada o recurso 'i' utilizado por la unidad 'j', y como y_{kj} a la cantidad de salida o resultado 'k' que produce la misma unidad, resultan las expresiones:

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

$$\text{Salida virtual}_j = \sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}$$

Siendo u_{ij} y v_{kj} los pesos correspondientes a cada entrada y salida, que adimensionalizan las expresiones de entrada y salida virtuales, ya que se suman recursos y productos de distinta naturaleza y gracias a estos pesos, se soluciona esta discrepancia de unidades; m el número total de entradas y s el número de salidas. Se define entonces la productividad como:

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

Esta productividad, sin embargo, no aporta una información demasiado relevante por sí misma del nivel de aprovechamiento de los recursos con respecto a otras unidades similares. Para ello, se usa la eficiencia relativa, que compara la productividad de dos unidades productivas. La expresión que la define es:

$$\text{Eficiencia}_j = \frac{\text{Productividad}_j}{\text{Productividad}_{\max}} = \frac{\text{Salida virtual}_j / \text{Entrada virtual}_j}{\text{Salida virtual}_{\max} / \text{Entrada virtual}_{\max}}$$

En cuanto a la nomenclatura, el subíndice 'j' indica la unidad que se va a estudiar y el subíndice 'max' la unidad de máxima productividad. Se pueden distinguir varios tipos de eficiencias relativas en función de la unidad de referencia que se utilice:

- Eficiencia global: Se elige como unidad de referencia la de mayor productividad de entre las que están en estudio.
- Eficiencia técnica: se elige como unidad de referencia la de mayor productividad de entre las unidades de su tamaño.
- Eficiencia de escala: Se define como el cociente entre la eficiencia global y la eficiencia técnica.

Cabe destacar que, si esta última eficiencia es igual a 1, la eficiencia relativa y la eficiencia global de esa unidad coinciden. Por tanto, esto significa que la unidad cuya eficiencia se evalúa es del mismo

tamaño que la unidad de mayor productividad, a lo que se le dice que la unidad tiene el Tamaño de Escala Más Productivo (MPSS).

Además, la eficiencia relativa de cualquier unidad productiva siempre será menor o igual que uno, por definición. La unidad cuya eficiencia sea la unidad se le denomina eficiente en el sentido de Farrell. De lo contrario, la unidad es ineficiente puesto que existe otra unidad con mayor eficiencia.

2.3 Conjunto de posibilidades de producción (tecnología)

La metodología DEA es un método no paramétrico que se basa en la muestra, es decir, en un conjunto de unidades de producción bajo estudio. Con las unidades seleccionadas, se construirá una tecnología, siendo esta un conjunto de posibilidades de producción, es decir, aquellos puntos de operación que se consideran factibles. Esta tecnología se conoce como “Production Possibility Set (PPS)”, y se basa en la productividad, delimitando el conjunto de posibilidades de producción que tiene el problema, definiendo las cantidades de recursos que se emplearán para generar la cantidad requerida de productos.

Esta tecnología se definirá según la muestra y una serie de hipótesis DEA para determinar el conjunto de posibilidades de producción, expuestas a continuación:

1. Envoltura (Envelopment): Todos los puntos observados son factibles. Esto significa que todas las DMUs estarán contenidas en la frontera, siendo las que marcan esta frontera las DMUs eficientes. Por tanto, las observaciones pertenecen al conjunto de posibilidades de producción (T).

$$(X_i, Y_j) \in T \quad \forall j$$

2. Free disposability: (Libertad/Gratuidad para desechar o derrochar). Si una observación pertenece al conjunto de posibilidades de producción, todos los puntos que consumen más y producen menos son posibles.

$$(X_i, Y_j) \in T \rightarrow (\hat{X}, \hat{Y})\hat{y} \in T \quad \forall \hat{X} \geq X, \hat{Y} \leq Y$$

3. Convexidad: Dados dos puntos pertenecientes a la tecnología, los puntos intermedios, combinación convexa de ellas dos, pertenecen también al conjunto de posibilidades de producción.

$$\begin{matrix} (x_1, y_1) \in T \\ (x_2, y_2) \in T \end{matrix} \Rightarrow \lambda(x_1, y_1) + (1-\lambda)(x_2, y_2) \in T$$

4. Escalabilidad: Si (x,y) pertenece a T, entonces $\lambda(x,y)$ pertenece a T, para todo escalar λ mayor o igual que cero.

$$(X1, Y1) \in T \rightarrow (\lambda X, \lambda Y) \in T \quad \forall \lambda \geq 1$$

Según la combinación de hipótesis expuestas que se cumplan, se producen distintos tipos de fronteras tecnológicas:

- F.D.H. (Free Disposal Hull): Aplicando hipótesis 1 y 2.
- V.R.S. (Variable Returns to Scale): Aplicando hipótesis 1,2 y 3
- C.R.S. (Constant Returns to Scale): Aplicando hipótesis 1,2,3 y 4

En este estudio sólo se van a abordar las tecnologías V.R.S. y C.R.S., que, por otro lado, son las más frecuentes. A continuación, se van a desarrollar cada una de ellas.

• Retornos de Escala Variables (VRS)

La hipótesis de retornos de escala variables se usa cuando las unidades, por su tamaño, diferente al de las eficientes, son incapaces de conseguir la productividad máxima observada en el estudio. El conjunto de unidades admisibles serán las combinaciones lineales convexas y la eficiencia que se resolverá en el estudio será la técnica. Se puede definir el conjunto de los posibles puntos admisibles del problema como:

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

Las componentes del vector $\vec{\lambda}$, como se muestra en el conjunto, deben sumar la unidad.

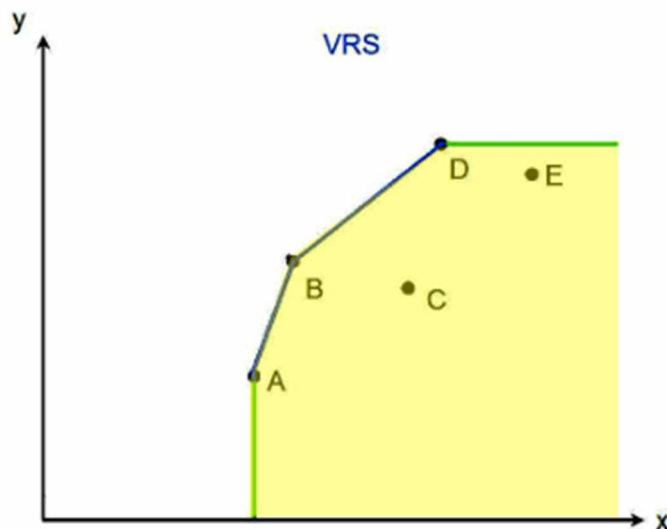


Ilustración 2. Tecnología VRS

Fuente: Análisis por Envoltura de Datos, Gabriel Villa Caro

Se representa en la ilustración 2 el caso de una entrada y una salida de la tecnología VRS, con la frontera eficiente compuesta por las DMU's A, B Y D, siendo estas las unidades eficientes. En la representación, la zona amarillenta representa la parte donde se encuentran las DMU's menos eficientes, y, por el contrario, la zona blanca, por encima de la frontera eficiente, es la región donde los niveles de producción se consideran inalcanzables.

Las DMU's ineficientes, C y E, se pueden proyectar sobre la frontera eficiente técnica, para mejorar su eficiencia. Estas proyecciones podrán ser con dos orientaciones, de entrada, o de salida.

• Retornos de escala constante (CRS)

La hipótesis de retornos de escala constantes se usa en los casos en donde las unidades que se estudian, independientemente de lo que consumen o producen, puedan llegar a obtener la máxima productividad observada. Es por esto por lo que la eficiencia que se calcula en el estudio es la global, puesto que la unidad de referencia en este caso es la de mayor productividad. Se puede definir el conjunto de los posibles puntos admisibles del problema como:

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

En este caso, $\vec{\lambda}$ es un vector con tantas componentes como DMUs tenga el problema. X e Y son las matrices de las entradas y las salidas observadas en las unidades del problema. Estas matrices tienen tantas como DMUs, teniendo X tantas columnas como entradas e Y tantas columnas como salidas.

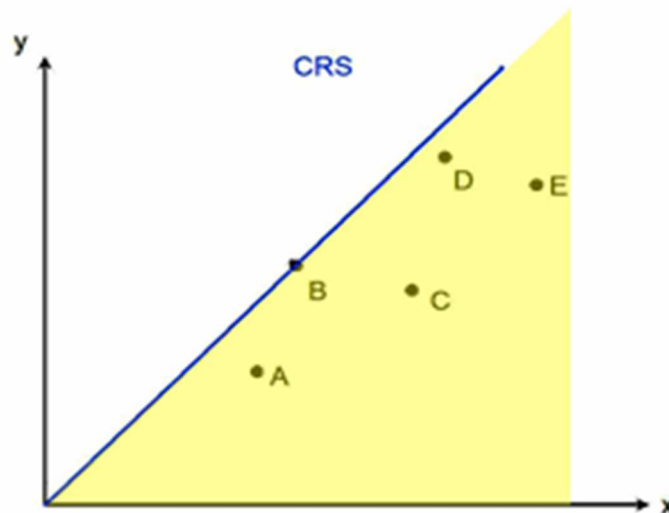


Ilustración 3. Tecnología CRS

Fuente: Análisis por Envoltura de Datos, Gabriel Villa Caro

Se representa en la ilustración 3 el caso de una entrada y una salida de la tecnología CRS, con la frontera eficiente compuesta por la DMU B, siendo esta la unidad eficiente que define la pendiente de esta. En la representación, la zona amarillenta representa la parte donde se encuentran las DMU's menos eficientes, y, por el contrario, la zona blanca, por encima de la frontera eficiente, es la región donde los niveles de producción se consideran inalcanzables.

Las DMU's ineficientes, A, C, D y E, se pueden proyectar sobre la frontera eficiente técnica, para mejorar su eficiencia. Estas proyecciones podrán ser con dos orientaciones, de entrada, o de salida.

El término proyección en DEA hace referencia al desplazamiento de las entidades que se encuentran fuera de la frontera eficiente, hacia la misma, tanto para CRS como para VRS. La manera de realizar este desplazamiento es reduciendo los recursos o aumentando los productos. Cuando lo que se quiere es reducir los recursos para proyectarse sobre la frontera eficiente, pero manteniendo los productos, se habla de orientación de entrada (Input Orientation). Por otro lado, si lo que se quiere es aumentar los productos para proyectarse sobre la frontera eficiente, pero manteniendo los recursos, el problema tiene orientación de salida (Output Orientation).

2.4 Modelos DEA

Tras haber expuesto los conceptos básicos, en esta sección se van a desarrollar los modelos fundamentales de DEA. En estos modelos se busca maximizar la función objetivo, siendo esta la eficiencia, pudiendo calcularse la inversa según la orientación del modelo.

2.4.1 Modelos DEA con retornos de escala constantes

Se denominó DEA-CCR en honor a sus autores Charnes, Cooper y Rhodes (1978). En este caso, se considera que cualquier unidad puede alcanzar la productividad de las eficientes, sea del tamaño que sea. La DMU de referencia será la de mayor productividad de entre las observadas a la hora de calcular su eficiencia relativa. Se exponen a continuación tres de estos modelos: el modelo RATIO, el modelo CCR-INPUT y el modelo CCR-OUTPUT.

• Modelo Ratio

Este modelo recibe su nombre por la forma en la que está expresada su función objetivo, siendo esta un cociente. Esto hace que el problema sea no lineal y por tanto lo complica. Cada unidad comparará su productividad con el resto de las que están en estudio utilizando en cada comparación los pesos con los que su eficiencia es mejor.

La forma analítica de expresar el modelo es:

$$\begin{aligned}
 & \text{MAX} \left[h_j = \frac{\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}} \right] \\
 & \text{s.a :} \\
 & \frac{\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \\
 & v_{kj} \geq \varepsilon \quad k = 1, 2, \dots, s \\
 & u_{ij} \geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m
 \end{aligned}$$

Siendo ε un número real estrictamente positivo. Este valor representa una constante no-arquimediana (menor que cualquier número real positivo), y, por tanto, en las restricciones donde aparece, los pesos deben ser mayor que 0 obligatoriamente.

El modelo está formado por tantas restricciones como unidades haya, puesto que hay una por cada unidad existente en el problema, y este obliga a que ninguna DMU pueda tener una eficiencia mayor que uno, siendo esta la limitación que tienen los pesos cuando cada unidad intenta que tomen el máximo valor posible. El modelo está construido de tal forma que, si la unidad no consigue ser eficiente, aun eligiendo los mejores pesos posibles para ello, es que existe otra que con esos pesos ya es eficiente.

Este modelo opera con retornos de escala constantes, puesto que el análisis de una determinada unidad se basa en la comparación con las DMUs que poseen la mayor eficiencia observada, con el fin de alcanzarla. Esto da, en ocasiones, valores poco reales.

• Modelo CCR-Input

Con el fin de aliviar la complejidad del modelo Ratio, este se convierte en un problema lineal equivalente, sustituyendo los cocientes que aparecen en el modelo por expresiones lineales. El modelo quedaría como se muestra a continuación, siendo esta la conocida como forma multiplicadora.

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

s.a :

$$\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj} - \sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

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

$$v_{kj} \geq \varepsilon \quad k = 1, 2, \dots, s$$

$$u_{ij} \geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Sin embargo, es más frecuente usar las variables del dual de este modelo, para, posteriormente, analizar los resultados obtenidos de aplicar el mismo. La forma de expresar el modelo dual es:

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

sa :

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta_j x_{ij} - h_i^- \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} + h_k^+ \quad k = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0$$

$$\theta_j \text{ libre}$$

A diferencia del anterior, este es conocido como forma envolvente. En este, n es el número de unidades productivas que participan, m el número total de entradas de cada unidad y p el de salida.

Las n variables λ_j son las correspondientes a las n primeras restricciones del problema primal, y se usan para generar la frontera tecnológica. θ_j es la variable correspondiente a la restricción restante, y h_k^+ y h_i^- , variables de holgura, son las correspondientes a las s+m cotas existentes. La variable h_i^- marca lo que se deben reducir las entradas para alcanzar la eficiencia y h_k^+ marca lo que tienen que ampliarse las salidas. Ambas deben ser siempre mayores o iguales a 0.

En cuanto a la notación, J hace referencia a la DMU en estudio, i a la entrada, k a la salida y j a cada una de las unidades productivas.

La resolución de este modelo consta de dos fases.

PRIMERA ETAPA (FASE I)

En esta primera fase, el modelo resuelto es el siguiente:

$$MIN : \quad \theta_j$$

sa :

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta_j x_{ij} - h_i^- \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} + h_k^+ \quad k = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0$$

$$\theta_j \text{ libre}$$

La primera fase corresponde a proyectar el punto sobre un hiperplano que pasa por el origen y por las unidades eficientes del problema, es decir, sobre el lugar geométrico de las unidades con eficiencia igual a uno, siendo este la frontera eficiente, reduciendo de forma radial las entradas. Esta fase, también conocida como fase radial, tiene como objetivo acercar el punto a la frontera tecnológica.

Las proyecciones calculadas representan la unidad en la que debería convertirse cada DMU_j para que fuese considerada eficiente, con una reducción de sus entradas.

Se obtiene θ_j^* , con lo que se resuelve la segunda fase.

SEGUNDA ETAPA (FASE II)

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

Esta segunda fase permite el desplazamiento por la frontera eficiente. Se parte de θ_j^* y se determina el valor de las holguras h_i^- y h_k^+ que hacen a la unidad eficiente. Si $\theta_j^* = 1$ y $(h_k^+)^* = (h_i^-)^* = 0$ para alguna entrada o para alguna salida, se produce una proyección paralela al eje correspondiente a la variable de holgura que no es nula. Por otra parte, si $\theta_j^* = 1$ y $(h_k^+)^* = (h_i^-)^* = 0$; no se produce ninguna proyección, y por tanto la unidad es eficiente (se proyecta sobre sí misma).

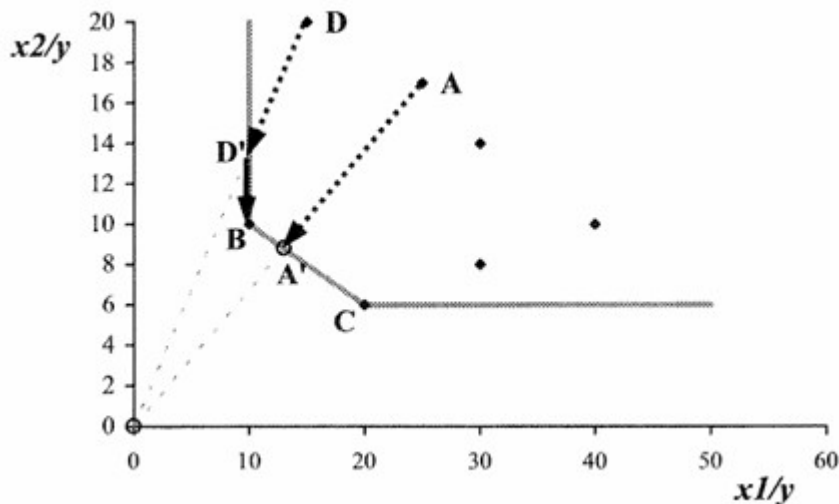


Ilustración 4. Modelo CCR-Input

Fuente: Análisis por Envoltura de Datos, Gabriel Villa Caro

En la ilustración 4 se representa el modelo para el caso de dos entradas y una salida, en el que se observa que la frontera eficiente es la línea que une los puntos B y C, correspondiente a la representación del plano que pasa por el origen y por dichas unidades. Los hiperplanos paralelos a los ejes no forman parte de la frontera eficiente ya que sus puntos no son unidades eficientes, es decir, el

valor de las holguras no es cero. El punto A se proyecta en la frontera eficiente como A' mediante proyección radial, aplicándose la primera fase únicamente. Para el punto D que se proyecta como D' sobre la frontera es necesario utilizar las dos fases para obtener la mayor eficiencia posible terminando como D'' coincidiendo con el punto B situado en la propia frontera eficiente.

• **Modelo CCR-Output**

En este caso, se opta por linealizar la función objetivo del modelo RATIO minimizando el denominador de la expresión y manteniendo el numerador constante. El modelo primal se expresa como:

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

Ahora, la función objetivo, representa el inverso de la eficiencia relativa de la unidad J, y por tanto siempre será mayor o igual que uno.

Sin embargo, como ocurrió en el modelo anterior, es más frecuente usar las variables del dual de este modelo, para, posteriormente, analizar los resultados obtenidos de aplicar el mismo. La forma de expresar el modelo dual es:

$$\begin{aligned}
 & \text{MAX:} \quad \gamma_j + \varepsilon \left[\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right] \\
 & \text{sa:} \\
 & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = x_{ij} - h_i^- \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = \gamma_j y_{kj} + h_k^+ \quad k = 1, 2, \dots, s \\
 & \lambda_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0 \\
 & \gamma_j \text{ libre}
 \end{aligned}$$

La nueva variable γ_j que se añade a este modelo no es más que la amplificación radial que debe producirse en las salidas para proyectarse en la frontera eficiente. La resolución de este modelo, al igual que la del anterior, consta de dos fases.

PRIMERA ETAPA (FASE I)

En esta primera fase, el modelo resuelto es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \text{MAX } \gamma_j \\
 & \text{s.a:} \\
 & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq x_{ij} \quad i=1,2,\dots,m \\
 & \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j \geq \gamma_j y_{kj} \quad k=1,2,\dots,s \\
 & \lambda_j \geq 0 \\
 & \gamma_j \text{ libre}
 \end{aligned}$$

Al maximizar γ_j , las componentes de las salidas aumentan hasta llegar al punto en que, con las mismas entradas tiene la mayor salida admisible con la combinación lineal de las unidades en estudio. Esto corresponde a proyectar el punto sobre la frontera eficiente del problema, aumentando de forma radial las entradas.

SEGUNDA ETAPA (FASE II)

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

Esta segunda fase permite el desplazamiento por la frontera eficiente. Se parte de γ_j^* y se determina el valor de las holgas h_i^- y h_k^+ que hacen a la unidad eficiente. Como ocurría en el modelo anterior, si $\gamma_j^* = 1$ y $(h_k^+)^* = 0$ para alguna entrada o para alguna salida, se produce una proyección paralela al eje correspondiente al término que no es nulo. Si $\gamma_j^* = 1$ y $(h_k^+)^* = (h_i^-)^* = 0$, no se produce ninguna proyección, y por tanto la unidad es eficiente (se proyecta sobre sí misma).

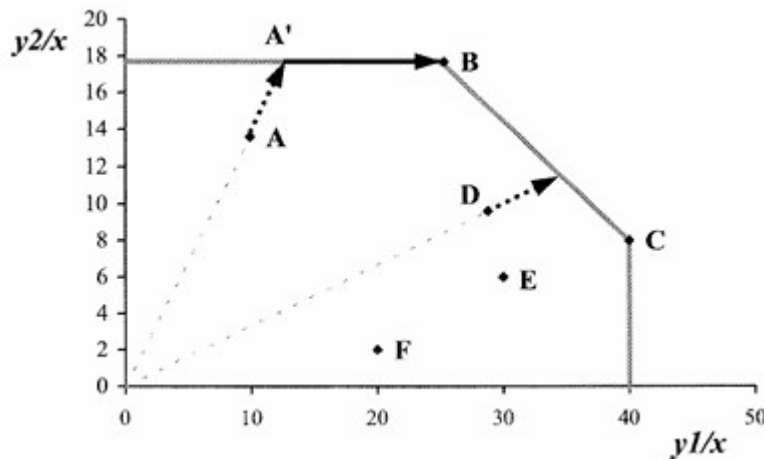


Ilustración 5. Modelo CCR-Output

Fuente: Análisis por Envoltura de Datos, Gabriel Villa Caro

Se puede observar los dos tipos de incrementos de salida que se pueden producir en el problema: radial (Fase I) y rectangular (Fase II). Para los puntos proyectados, el punto A se proyecta en la frontera eficiente como A' mediante proyección radial y, posteriormente, se aplica una proyección rectangular,

dando lugar a A'', situado sobre B. El punto D se proyecta sobre la frontera eficiente como D', mediante una proyección radial únicamente, dado que no tiene más margen de mejora.

2.4.2 Modelos DEA con retornos de escala variables

Cuando el problema se presente con retornos de escala variables, los modelos anteriores no son útiles, es por esto por lo que aparecen nuevos modelos que resuelven esta situación. Se exponen a continuación dos de estos modelos: BCC-INPUT y BCC-OUTPUT. BCC hace referencia a las iniciales de sus autores Banker, Charnes y Cooper, fue propuesto por primera vez en 1984.

· Modelo BCC-Input

Para considerar los retornos de escala variables, a partir del modelo RATIO linealizado, se incluye alguna restricción o alguna variable que le indique al modelo que cada DMU_j tiene que ser comparada con las de su tamaño y no con todas las unidades presentes en el problema.

Se modifica la forma envolvente del modelo CCR-Input para expresar el modelo de la manera siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{MIN :} \quad & \theta_j - \varepsilon \left[\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right] \\
 \text{sa :} \quad & \\
 & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta_j x_{i0} - h_i^- \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{k0} + h_k^+ \quad k = 1, 2, \dots, s \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0 \\
 & \theta_j \text{ libre}
 \end{aligned}$$

Se observa que la restricción adicional, $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, que aparece en el dual de este modelo, obliga a que la proyección de la unidad se lleve a cabo sobre el hiperplano que forman las unidades más productivas de su tamaño. Ahora, aparecerán unidades que no eran eficientes en el anterior modelo (retornos de escala constantes) y que, tras la modificación comentada, sí lo son. Por tanto, la frontera eficiente en este caso está formada, en general, por más unidades que en el modelo CCR.

La eficiencia relativa de cada unidad de nuevo es θ_j . Las mismas consideraciones que se hicieron con el modelo de retornos de escala constantes CCR-INPUT en cuanto a las proyecciones realizada sobre la frontera y los valores de las variables de holgura, son también válidas aquí. El problema tiene orientación de entrada porque la reducción radial sólo es permitida para las entradas.

En este caso, el modelo también se resuelve en dos fases

PRIMERA ETAPA (FASE I)

El modelo se expresa como:

MIN θ_j

s.a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta_j x_{ij} - h_i^- \quad i=1,2,\dots,m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} + h_k^+ \quad k=1,2,\dots,s$$

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

$$\lambda_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0$$

θ_j libre

De esta primera fase se obtiene el valor de θ_j^* , para resolver la segunda fase.

SEGUNDA ETAPA (FASE II)

El modelo se expresa como:

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

s.a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = \theta_j^* x_{ij} - h_i^- \quad i=1,2,\dots,m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} + h_k^+ \quad k=1,2,\dots,s$$

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

$$\lambda_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0$$

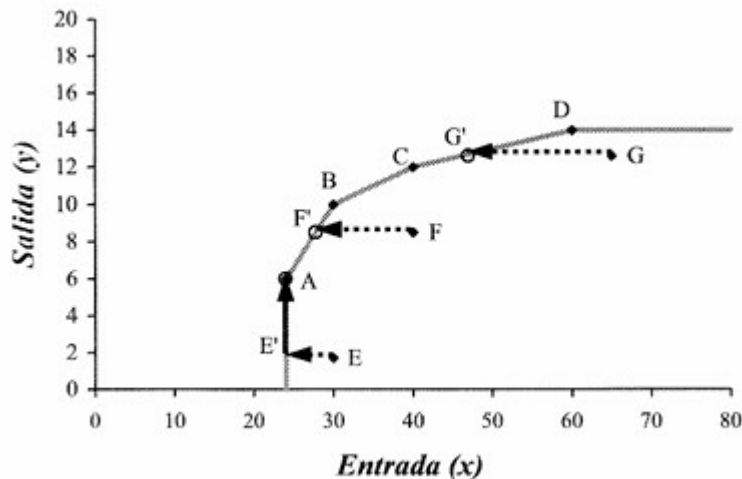


Ilustración 6. Modelo BCC-Input

Fuente: Análisis por Envoltura de Datos, Gabriel Villa Caro

En la ilustración 6, las DMU's E, F y G no forman parte de la frontera eficiente, por lo que hay que aplicar reducciones sobre ellas para alcanzar la eficiencia. El punto E necesita una reducción radial y posterior rectangular, por lo que necesita ambas fases para proyectarse sobre la frontera eficiente formada por A, B y C. El punto F y G por el contrario, solo necesitan reducción radial para obtener la eficiencia. Se puede introducir aquí un nuevo término, denominado 'peer group', que hace referencia al conjunto de DMU's eficientes de las que la proyección de una determinada unidad es combinación lineal. Un ejemplo de esto es la unidad F.

• Modelo BCC-Output

Por el contrario, si la orientación del problema es de salida, el modelo resulta análogo al anterior. Se expresa como:

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

Las proyecciones realizadas para alcanzar la frontera eficiente se realizan amplificando de forma radial las salidas, en primer lugar, y si es necesario, proyectando de forma rectangular, por lo que este modelo, de nuevo, se resuelve en dos fases.

PRIMERA ETAPA (FASE I)

El modelo se expresa como:

$$\begin{aligned}
 \text{MAX } & \gamma_j \\
 \text{s.a:} & \\
 & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq x_{iJ} \quad i=1,2,\dots,m \\
 & \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j \geq \gamma_j y_{kJ} \quad k=1,2,\dots,s \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0 \\
 & \gamma_j \text{ libre}
 \end{aligned}$$

De esta primera fase se obtiene γ_j^* , correspondiente al desplazamiento radial.

SEGUNDA ETAPA (FASE II)

El modelo se expresa como:

$$\begin{aligned}
 \text{MAX } & [\sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^-] \\
 \text{s.a:} & \\
 & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = x_{iJ} - h_i^- \quad i=1,2,\dots,m \\
 & \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = \gamma_j^* y_{kJ} + h_k^+ \quad k=1,2,\dots,s \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0
 \end{aligned}$$

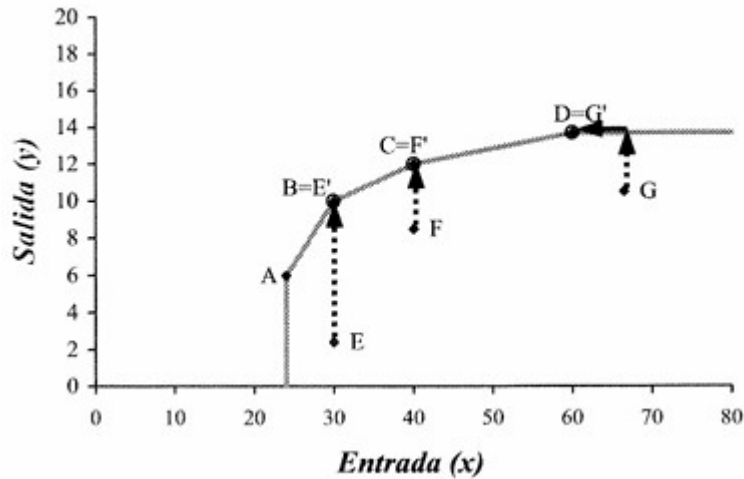


Ilustración 7. Modelo BCC-Output

Fuente: Análisis por Envoltura de Datos, Gabriel Villa Caro

En la ilustración 7 se representa el modelo, donde se aprecia que tanto en la DMU E como la F, solo hay que realizar una reducción radial aumentando las salidas y manteniendo constantes las entradas. Sin embargo, el punto G necesita de las dos fases para alcanzar la eficiencia, por lo que hay que reducir también las entradas para poder proyectarse en el punto D.

2.4.3 Otros modelos DEA: Modelo aditivo

El modelo aditivo considera problemas que operan con retornos de escala variable. Fue introducido por primera vez por Charnes (1985), pero fue Banker (1989) quien se encargó de elaborarlo.

Este modelo se diferencia de los expuestos anteriormente, principalmente en que utiliza una métrica rectangular en lugar de la radial, lo que significa que la resolución del modelo sólo va a realizar la segunda fase de las que constaba en los modelos anteriores. Independientemente de la orientación, entrada o salida, se maximizarán siempre las holguras.

Usando el modelo aditivo, las unidades eficientes serán las mismas que las obtenidas en el modelo BCC, es decir, en ambas versiones se va a obtener la misma frontera eficiente. Sin embargo, cuando la unidad es ineficiente, no tiene por qué serlo en ambos modelos, ya que la métrica utilizada para evaluar la eficiencia difiere de uno a otro.

La expresión del modelo queda como:

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

s.a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = x_{ij} - h_i^- \quad i=1,2,\dots,m$$

$$\sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{kj} + h_k^+ \quad k=1,2,\dots,s$$

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

$$\lambda_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0$$

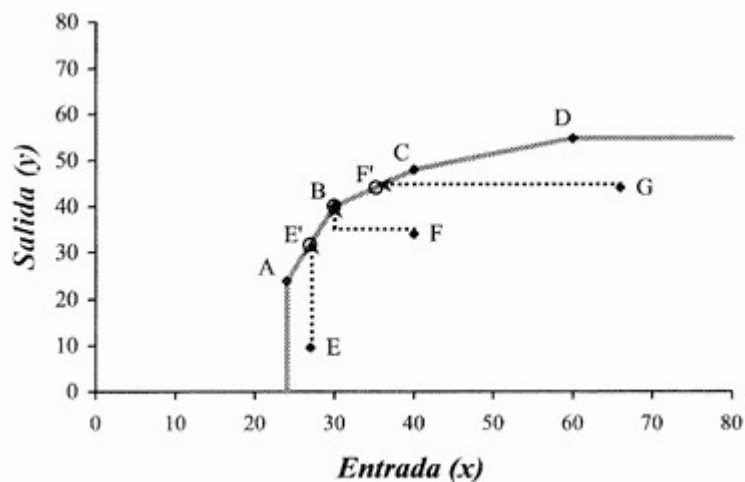


Ilustración 8. Modelo Aditivo

Fuente: Análisis por Envoltura de Datos, Gabriel Villa Caro

En el modelo representado en la ilustración 8 se puede apreciar como las DMU's E, F y G se han proyectado sobre la frontera eficiente aumentando la salida en el caso de la unidad E, disminuyendo la entrada en el caso de la unidad G, y con ambas reducciones en el caso de la unidad F, puesto que, como se ha dicho anteriormente, el modelo busca alcanzar la eficiencia de las DMU's con independencia de la orientación tomada.

3 CASO DE ESTUDIO

El agua es un recurso invaluable que sustenta la vida en la tierra y forma parte de la mayoría de procesos que se llevan a cabo en ella. Dada la importancia que esta sustancia natural recibe, es imprescindible garantizar un suministro eficiente y de calidad, que se logra con unas infraestructuras cuyas condiciones de captación, tratamiento, almacenamiento, distribución y saneamiento sean adecuadas. Este es el denominado Ciclo Integral del Agua.

En España, dependiendo de la ubicación y las competencias establecidas por la legislación, el ciclo integral del agua lo gestiona una entidad u otra. En este estudio, las entidades que van a participar van a ser empresas públicas, privadas o mixtas, siendo las primeras y las terceras las predominantes.

El estudio que se va a llevar a cabo en este documento abarca la distribución, el abastecimiento y posterior saneamiento del agua. La finalidad de este, motivada por la situación de sequía que atraviesa el país actualmente, no es más que hacer un estudio de la eficiencia ambiental y económica de un conjunto de empresas de ciudades relevantes del país.

3.1 Ciclo integral del agua

El ciclo integral del agua comprende los procesos desde su captación en la naturaleza hasta su llegada al destino apta para el consumo, ya sea un hogar, una fábrica o cualquier entorno en el que el agua sea necesaria, y, en sentido inverso, los procesos necesarios para su re inserción en ella de nuevo.

Este proceso comprende dos sistemas, en alta y en baja:

- Los sistemas en alta son los que forman parte de la captación, almacenamiento y transporte hasta las plantas de tratamiento o potabilizadoras para su posterior consumo humano.
- Los sistemas en baja forman parte de las actividades relacionadas con la potabilización, distribución, saneamiento, depuración y reutilización del agua.



Ilustración 9. Ciclo Integral del Agua

Fuente: Aqualia

Las diferentes etapas del ciclo integral del agua son:

· Captación:

El primer paso y uno de los más importantes consiste en la captación de agua para posteriormente suplir las necesidades que la sociedad demanda. Esta obtención de agua se realiza tanto de aguas superficiales como de aguas subterráneas.

· Tratamiento:

Tras la captación, esta se somete a una serie de tratamientos que la hacen apta para el consumo humano, llevándose a cabo en estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) o plantas de potabilización. Se aplican tratamientos físicos y químicos, tales como la filtración, la desinfección y la eliminación de contaminantes.

· Distribución:

El proceso de distribución consiste en, a través de una red de tuberías, hacer llegar el agua desde el lugar de almacenamiento de esta, hasta el usuario final. Comprende dos tipos de redes, en alta y en baja. La red en alta es la que se encarga de la distribución del agua partiendo de la estación de tratamiento, sin embargo, la red en baja es la que llega al destino final en el que el agua va a ser consumida.

· Saneamiento y depuración:

Llegados a este punto, tras el uso del agua, esta es desechada a través de una red de saneamiento, red de recolección o alcantarillado. Estas redes transportan el agua hacia las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR), donde se llevan a cabo una serie de procesos:

- 1) Pretratamiento: En esta primera etapa, se eliminan sólidos de gran tamaño que contenga el agua mediante filtros que logran esta separación. Este primer paso, además de para comenzar la depuración del agua, se lleva a cabo para proteger los equipos usados en procesos posteriores a lo largo del tratamiento.
- 2) Decantación primaria: En esta primera fase de decantación, se eliminan sólidos suspendidos en el agua de menor tamaño que los eliminados anteriormente, y una pequeña parte de la materia orgánica. Este paso se realiza en un equipo denominado decantador primario, y los sólidos depositados en el fondo son redirigidos a otro equipo para su utilización en otro ámbito.
- 3) Decantación secundaria: En este paso, se hace uso de microorganismos que, depositados en un equipo denominado reactor biológico alimentado con oxígeno para favorecer el crecimiento de estos, consumen la materia orgánica presente en el agua. Estos organismos producen metano durante este proceso, que sirve como fuente de combustible. Dado que estos no pueden quedar suspendidos en el agua, tras este proceso biológico, se usa un decantador secundario en el que sedimentan, y existe la opción de devolverlos al reactor biológico, o dirigirlos a otro equipo en el que serán tratados con otros fines.
- 4) Tratamiento terciario: Aquí, a través de un filtro compuesto normalmente por arena y grava o filtros sintéticos, se eliminan los últimos fragmentos de materia orgánica o nutrientes asociados a ellos. Este último tratamiento recibido por el agua asegura la limpieza, libertad de impurezas y desinfección de la misma.

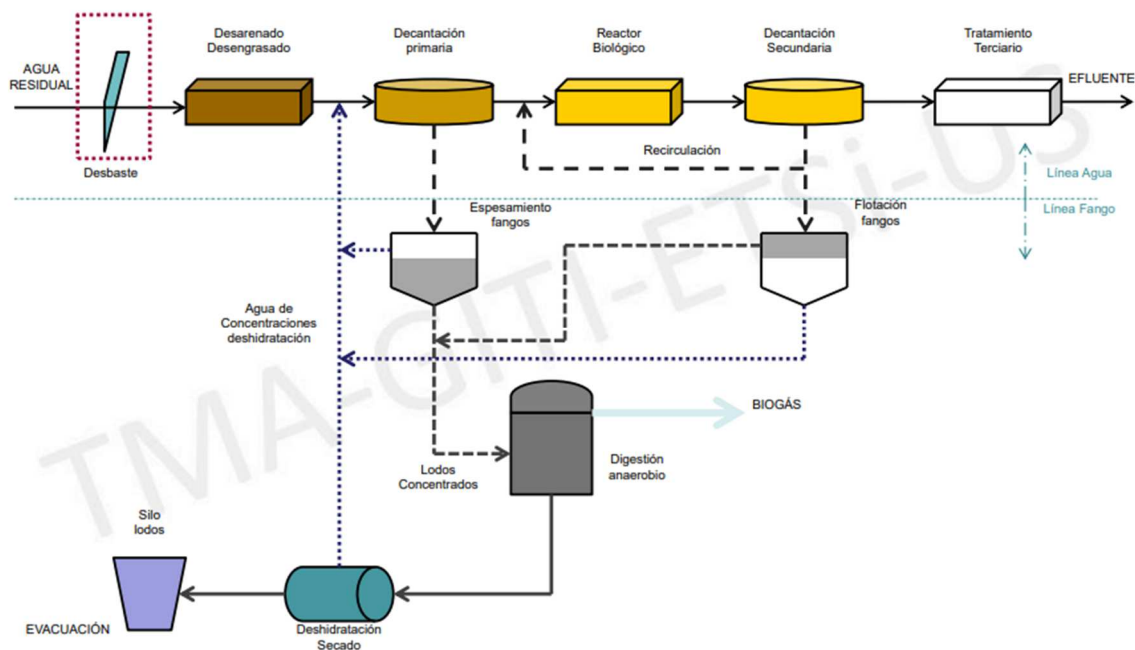


Ilustración 10. Proceso general de tratamiento de una estación depuradora de aguas residuales urbanas

Fuente: Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. ETSI US

· Reutilización: Tras el proceso de saneamiento y depuración, el agua está en condiciones óptimas para ser reutilizadas en distintos ámbitos.

3.2 Selección de empresas participantes en el estudio

De cara a resolver el caso práctico que se planteará posteriormente, en primer lugar, es necesario realizar una selección de las empresas que van a formar parte de este.

En la tabla siguiente, ver tabla 1, se muestran las empresas de las que se partió inicialmente:

1 AGUAS DE ALICANTE	18 SASTESA
2 EMAYA	19 AQUAVALL
3 AGUAS DE BURGOS	20 AIGÜES DE BARCELONA
4 EMACSA	21 APEMSA
5 EMALCSA	22 AMVISA (VITORIA-GASTEIZ)
6 EMASAGRA	23 CHICLANA NATURAL
7 AGUAS DE LEÓN	24 CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS
8 CANAL DE ISABEL II	25 AGUAS DE ALBACETE
9 EMUASA	26 FACSA
10 MANCOMUNIDAD COMARCA DE PAMPLONA	27 AGUAS DE SORIA
11 EMASESA	28 EMASA
12 AQUALIA	29 EMALSA
13 CONSORCIO DE AGUAS BILBAO BIZKAIA	30 EMPRESA MUNICIPAL DE AGUAS DE GIJÓN
14 AGUAS DE CÁDIZ	31 GUADALAGUA
15 AQUONA	32 AGUAS DE HUELVA
16 VIAQUA	33 GLOBAL OMNIUM
17 EMATSA	34 AYUNTAMIENTO DE SEGOVIA

Tabla 1. Empresas iniciales

Tras evaluar la disponibilidad de los datos seleccionados para las anualidades que forman parte del estudio, que se expondrán y describirán en un apartado posterior, el número de empresas de las que se partió inicialmente se ha visto reducido por diferentes motivos que se exponen a continuación.

- Aqualia ofrece datos a nivel mundial, no solo de su servicio en España, por lo que no son datos válidos.
- Canal de Isabel II, VIAQUA, AQUARA, FACSA y GLOBAL OMNIUM ofrecen su servicio a distintas ciudades en España, y los datos que ofrecen no están diferenciados, por lo que no son datos que puedan usarse ya que los proporcionan de manera conjunta y no aportan información relevante.
- Además de las empresas nombradas anteriormente, algunas otras han sido eliminadas del estudio por falta de datos en su página web o en los informes de sostenibilidad redactados anualmente, por lo que ha sido inviable incluirlas en el caso práctico.

Las empresas que se incluirán finalmente en el estudio son las que se van a presentar brevemente a continuación.

AQUONA (CASTILLA Y LEÓN Y CASTILLA LA MANCHA):

Aquona Gestión de Aguas de Castilla, S.A.U. es una empresa medioambiental que centra su actividad en los servicios del ciclo integral del agua, siendo referente en Castilla-La Mancha y Castilla y León, donde opera desde 1969.

EMACSA (CÓRDOBA):

EMACSA, Empresa Municipal de Aguas de Córdoba S.A., fue creada en 1969, y desde entonces, su misión es tratar el agua para su consumo, distribuirla por toda la ciudad y posteriormente depurarla, completando así el ciclo integral del agua. La gestión del agua implica también la ejecución de los proyectos de obras, la planificación de la red, el control de la calidad y la atención al cliente.

AGUAS DE BURGOS (BURGOS):

La Sociedad Municipal Aguas de Burgos, S.A., que se constituyó en 2010, es una empresa propiedad del Ayuntamiento de Burgos, que se encarga de la gestión directa de los servicios relativos al ciclo integral del agua (captación, potabilización y distribución de agua de consumo, así como recogida y depuración de aguas residuales) en el municipio de Burgos y en municipios de su Alfoz. También realiza el mantenimiento, limpieza y reparación de las instalaciones, tanto de abastecimiento como de saneamiento.

EMASAGRA (GRANADA):

La Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Granada, S.A. (Emasagra) centra su actividad en los servicios del ciclo integral del agua en Granada y su área metropolitana, siendo la empresa de referencia en la provincia de Granada donde opera desde 1982.

AGUAS DE LEÓN (LEÓN):

La Sociedad Mixta Aguas de León, participada por el Ayuntamiento de León y por Aquona, es la Empresa que gestiona los Servicios Municipales de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de León. La sociedad se constituyó en 2010, con el objeto social de la gestión del servicio de abastecimiento de agua y la gestión del servicio de alcantarillado del Ayuntamiento de León. Realizan la captación, el transporte, la potabilización, la distribución de agua potable y recogen éstas una vez utilizadas en los hogares en la red de alcantarillado.

EMUASA (MURCIA):

Aguas de Murcia es la Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia que gestiona el Ciclo Urbano del Agua en todo su término municipal. Es una sociedad mixta entre el Ayuntamiento de Murcia e Hidrogea, fundada en 1989.

EMASESA (SEVILLA):

EMASESA, Empresa de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla S.A. Su actividad consiste en gestionar el ciclo integral del agua en Sevilla y su área metropolitana desde 2007. Desarrolla una gestión pública.

AIGÜES DE BARCELONA (BARCELONA):

Aigües de Barcelona, constituida en 1867, gestiona el ciclo integral del agua: desde la captación hasta la potabilización, el transporte y la distribución, además del saneamiento, la depuración y la regeneración de aguas residuales, ya sea para devolverlas al medio natural o reutilizarlas.

EMATSA (TARRAGONA):

EMATSA, Empresa Municipal Mixta de Aguas de Tarragona, que nació en 1983, formada entre el Ayuntamiento de Tarragona y la Sociedad de Abastecimientos Urbanos y Rurales (SAUR), gestiona el ciclo integral del agua, así como servicios de Ingeniería, de Obras y de Laboratorio.

AGUAS DE ALICANTE (ALICANTE):

Aguas Municipalizadas de Alicante, Empresa Mixta (Aguas de Alicante) dedica su actividad a la prestación de los servicios de abastecimiento y distribución de agua en los municipios de Alicante. El inicio de la gestión de Aguas de Alicante se remonta al año 1898, año en el que se inauguró el abastecimiento a esta ciudad.

EMAYA (PALMA DE MALLORCA):

EMAYA es una empresa pública municipal del Ayuntamiento de Palma que nació en 1948. Sus funciones consisten en gestionar los servicios públicos que se prestan a la ciudadanía relativos al ciclo integral del agua con abastecimiento de agua potable, saneamiento, depuración de aguas residuales y reutilización de los subproductos de estos procesos, la recogida selectiva de residuos y limpieza viaria y el abastecimiento de energía renovable para satisfacer todos los consumos de electricidad y gas del Ayuntamiento de Palma así como la dotación de infraestructuras para promover la movilidad sostenible.

MANCOMUNIDAD COMARCA DE PAMPLONA (PAMPLONA):

La Mancomunidad de Aguas de la Comarca de Pamplona, nacida en 1982, es una entidad local integrada por 50 municipios, entre los que se encuentra Pamplona, que es titular de servicios como el Ciclo integral del agua: abastecimiento, saneamiento y depuración de las aguas residuales, recogida y tratamiento de los residuos, transporte urbano comarcal, servicio de taxi y parque Fluvial de la Comarca.

APEMSA (EL PUERTO DE SANTA MARÍA):

Aguas del Puerto Empresa Municipal, S.A., desde la fecha de su constitución en 1983, tiene como objeto social la gestión del suministro, abastecimiento de agua potable, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y vertidos de la Ciudad y término municipal de El Puerto de Santa María. Apemsa es la entidad encargada de la gestión del Servicio de Abastecimiento de agua dentro del término Municipal, bajo la modalidad de Empresa de Economía Mixta.

AMVISA (VITORIA-GASTEIZ):

Aguas Municipales de Vitoria-Gasteiz, S.A. (AMVISA), empresa privada municipal constituida en 1970, tiene como objeto la prestación del Servicio público del Ciclo integral de las aguas. Compuesto por el abastecimiento que comprende captación, almacenamiento, potabilización y distribución de agua potable y el saneamiento que comprende la recogida y transporte a través del alcantarillado, depuración y reutilización de las aguas residuales, así como el tratamiento de los lodos y residuos producidos.

CHICLANA NATURAL (CHICLANA):

Chiclana Natural S.A. es una empresa pública nacida en 1987 que se dedica a la a gestión del abastecimiento de agua a la población, el alcantarillado y la depuración de aguas residuales, la gestión de los residuos urbanos, la limpieza viaria y de zonas verdes, así como la práctica totalidad de las competencias medioambientales de la Delegación de Medio Ambiente.

CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS (ASTURIAS):

El Consorcio para el Abastecimiento de Agua y Saneamiento en el Principado de Asturias, que nace en 1967, satisface las necesidades de abastecimiento de agua potable y de depuración de aguas residuales de la mayor parte de la población asturiana. Por convenio con el Principado de Asturias, el Consorcio de Aguas de Asturias gestiona la explotación y mantenimiento de diversos sistemas de saneamiento. Tales infraestructuras, necesarias para la mejora de la calidad de los ríos y las franjas litorales, evitan el vertido directo de las aguas ya utilizadas al medio natural.

AQUAVALL (VALLADOLID):

La Entidad Pública Empresarial «Agua de Valladolid E.P.E.» se constituyó en 2016, y se encarga del ciclo integral del agua en Valladolid, desde la captación, potabilización y abastecimiento de agua potable; recogida, alcantarillado, depuración y vertido de aguas residuales y pluviales hasta la gestión y disposición de sus lodos de depuración. También tiene por objeto todas las operaciones conexas con las antedichas y que se refieran al ciclo del aprovechamiento del agua y, en consecuencia, el control y/o ejecución de toda clase de actuaciones referentes a los servicios citados.

3.3 Fuente de datos

La gran mayoría de estas empresas, aplican activamente Políticas de Desarrollo Sostenible, comprometidas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para aportar valor a la sociedad en la que gestionan un recurso tan valioso como indispensable. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Organización de las Naciones Unidas, 2015) constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo. En 2015, todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas (ONU) aprobaron 17 Objetivos como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en esta se establece un plan para alcanzar los Objetivos en 15 años. Los 17 objetivos se exponen a continuación:



Producido en colaboración con TROLLBACK & COMPANY | TheGlobalSustainable.com | +1 212 529 1010
 Para cualquier duda sobre la utilización, por favor comuníquese con: dg@trollback.com

Ilustración 11. 17 ODS

Fuente: ONU

1. **Fin de la pobreza:** Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo. Hay unos 783 millones de personas en el mundo que viven por debajo del umbral de pobreza internacional. Todas estas personas deberían tener los recursos necesarios para satisfacer sus necesidades básicas como educación, acceso a agua potable y saneamiento o salud, entre otras.
2. **Hambre cero:** Acabar con el hambre de alrededor de 815 millones de personas en el mundo, mejorar la nutrición y fomentar la agricultura sostenible.
3. **Salud y bienestar:** Asegurar una vida sana y promover el bienestar de todas las personas a todas las edades. Que todas las personas tengan acceso a la asistencia sanitaria que necesitan independientemente de su nivel adquisitivo.
4. **Educación de calidad:** Que haya una educación inclusiva y de calidad para todos. Mediante la educación se proporcionan las herramientas necesarias para buscar soluciones a problemas globales.
5. **Igualdad de género:** La igualdad de género es un derecho fundamental y la base para poder conseguir un mundo igualitario, pacífico y sostenible. El progreso social se detiene si la mitad de su población, las mujeres y niñas, no tienen las mismas posibilidades que la otra mitad.
6. **Agua limpia y saneamiento:** Este objetivo es clave en el estudio que se está llevando a cabo en este proyecto. El acceso al agua potable, el saneamiento y la higiene representan la necesidad humana más básica para el cuidado de la salud y el bienestar. La demanda de agua ha superado el crecimiento demográfico y la mitad de la población mundial actualmente sufre una escasez de agua grave durante al menos un mes al año. Se prevé que la escasez de agua aumente con el incremento de las temperaturas globales, provocado a su vez por el cambio climático. Las estrategias clave para encauzar este objetivo incluyen aumentar la inversión y la capacitación en todo el sector, promover la innovación y la acción a partir de pruebas, mejorar la coordinación y la cooperación intersectorial entre todas las partes interesadas y adoptar un enfoque más integrado y global de la gestión del agua.
7. **Energía asequible y no contaminante:** Asegurar que todo el mundo accede a una energía asequible, sostenible, fiable y moderna. La energía es necesaria para prácticamente todos los aspectos de la vida actual. El acceso a la energía mejora la calidad de vida y

- ofrece más oportunidades. El consumo de energía sigue siendo la principal causa del cambio climático. Para garantizar acceso universal a electricidad asequible en 2030, es necesario invertir en fuentes de energía limpia, como la solar, eólica y termal. Ampliar las infraestructuras y mejorar la tecnología para suministrar energía limpia en todos los países en desarrollo son objetivos cruciales que contribuyen tanto al desarrollo como al medioambiente.
8. **Trabajo decente y crecimiento económico:** Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos.
 9. **Industria, innovación e infraestructuras:** Pretende construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. El crecimiento económico, el desarrollo social y la acción por el clima dependen en gran medida de las inversiones en infraestructuras, el desarrollo industrial sostenible y el progreso tecnológico.
 10. **Reducir la desigualdad en y entre países:** La desigualdad amenaza el desarrollo social y económico a largo plazo, frena la reducción de la pobreza y destruye el sentido de realización y autoestima de las personas.
 11. **Ciudades y comunidades sostenibles:** Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.
 12. **Producción y consumo responsables:** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, algo fundamental para sostener los medios de subsistencia de las generaciones actuales y futuras. En línea con el estudio, el agua es un bien que hay que consumir de forma responsable con el objetivo de mitigar la sequía.
 13. **Acción por el clima:** El cambio climático afectará a todas las personas de todos los países de todos los continentes de alguna forma, sin estar preparados para posibles consecuencias. Es necesario aumentar la ambición y actuar en todos los niveles para hacer frente a este y evitar daños irreparables.
 14. **Vida submarina:** La existencia humana y la vida en la Tierra dependen de unos océanos y mares sanos. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos es crucial.
 15. **Vida de ecosistemas terrestres:** El objetivo es gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad. Los ecosistemas terrestres son vitales para el sostenimiento de la vida humana, contribuyen a más de la mitad del PIB mundial e incluyen diversos valores culturales, espirituales y económicos.
 16. **Paz, justicia e instituciones sólidas:** Pretende promover sociedades pacíficas e inclusivas, facilitar el acceso a la justicia para toda la población y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles, con el fin de acabar con la violencia.
 17. **Alianzas para alcanzar los objetivos:** La Agenda 2030 es universal y exige la implicación de todos los países, tanto desarrollados como en desarrollo, para garantizar que nadie se quede atrás. También requiere la colaboración entre los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil. Estos objetivos solo se pueden conseguir con la cooperación de todos.

Como muestra del cumplimiento de los 17 objetivos de desarrollo sostenible, las empresas elaboran un informe denominado informe de sostenibilidad. Este informe o memoria normalmente recoge de manera ordenada y completa información económica, medioambiental y social. A criterio de la empresa, esta se incluye en la memoria anual o, por el contrario, la presentan de manera independiente.

El objetivo de esta no es más que exponer de manera pública los datos relevantes de la empresa en cuanto a los tres aspectos mencionados anteriormente. La transparencia de estos es un aspecto

fundamental, junto con la relevancia mencionada anteriormente y la veracidad.

Este documento está dirigido no solo al usuario tradicional interesado en información financiera, sino también al usuario actual, atraído por información de carácter social y medioambiental.

De acuerdo con lo indicado por la Global Reporting Initiative (GRI. Institución independiente colaboradora del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente), la elaboración de una memoria de sostenibilidad supone los siguientes beneficios para una empresa:

- Mayor comprensión de los riesgos y oportunidades
- Resaltar la relación entre el desempeño financiero y no financiero
- Impacto en la estrategia y política de gestión a largo plazo, y planes de negocios
- Agilización de procesos, reducción de costos y mejora de la eficiencia
- Evaluar el compromiso sostenible con respecto a las normas y los estándares.
- Prevenir la implicación en cualquier ámbito que pueda desprestigiarlo
- Evaluar el compromiso externo, y compararse

Dado que el crecimiento de empresas que optan por publicar memorias aumenta exponencialmente, se han redactado unas normas para evaluarlas de manera equitativa y eficiente. Las más usadas son las de la Global Reporting Initiative.

Actualmente en España no es de obligado cumplimiento la presentación de dichas memorias para la mayoría de las empresas, aunque si que es necesario que algunas de determinados sectores presenten datos de sostenibilidad. No obstante, muchas entidades aun no siendo obligadas a presentarla, optan por hacerlo voluntariamente, mostrando interés por mejorar la transparencia de esta, el compromiso y la responsabilidad. Esto atrae actualmente a clientes interesados en la sostenibilidad.

Los puntos a tratar en una memoria de sostenibilidad para que esta sea de calidad normalmente son los que se describen a continuación:

1. Alcance y objetivos
2. Recopilar datos
3. Establecer indicadores de desempeño
4. Análisis y evaluación de los datos recopilados
5. Redactar el informe o memoria
6. Revisión del informe
7. Divulgarlo a los clientes interesados en los temas tratados
8. Contemplar el impacto de este para futuras acciones

Se debe tener en cuenta que la elaboración del informe se lleva a cabo anualmente, por lo que el cumplimiento por parte de la empresa de los objetivos propuestos y el compromiso de cumplir con los futuros es imprescindible para llevar a la empresa a una posición mejor.

3.4 Selección de datos para el estudio

A continuación, se numeran y describen los datos necesarios para llevar a cabo el estudio, que, posteriormente, se procederá a investigar y recopilar para cada una de las empresas.

· **EBITDA:** Beneficios antes de Intereses, Impuestos, Depreciación y Amortización. Es una medida financiera utilizada comúnmente para evaluar el rendimiento operativo de una empresa y su capacidad para generar beneficios a partir de sus operaciones principales, excluyendo los efectos de los intereses, impuestos, depreciación y amortización. En el estudio, el EBITDA será tanto entrada como salida de distintos modelos propuestos. Se tomará el valor en euros.

- **Activos fijos:** Bienes fijos de la empresa que son usados en sus operaciones comerciales con el fin de generar ingresos a largo plazo. En el estudio, los activos fijos se usarán para el cálculo del CAPEX. Se tomará el valor en euros.
- **Amortización acumulada:** Refleja la cantidad del costo original del activo que se ha amortizado hasta la fecha. En el estudio se utiliza para el cálculo del CAPEX. Se tomará el valor en euros.
- **OPEX:** Hace referencia a los gastos operativos, es decir, todos los gastos que realiza la empresa para desempeñar sus funciones principales. En el estudio, el OPEX será tanto entrada como salida de distintos modelos propuestos. Se tomará el valor en euros.
- **CAPEX:** Hace referencia a los gastos de capital o inversiones de capital. Son los gastos que una empresa realiza para adquirir o mantener bienes físicos con el objetivo de invertir en el crecimiento de entidad. En el estudio, el CAPEX será tanto entrada como salida de distintos modelos propuestos. Se tomará el valor en euros.
- **Fondo de maniobra:** Es la capacidad que tiene la empresa para poder cumplir con sus pagos y obligaciones a corto plazo y, al mismo tiempo, realizar las inversiones o compras propias de cualquier actividad empresarial. En el estudio, el fondo de maniobra será la salida de uno de los modelos propuestos. Se tomará el valor en euros.
- **Habitantes abastecidos:** Este es un dato de sumo interés en el estudio puesto que los m³ de agua abastecida a esa localización y el caudal recogido por la red de saneamiento depende en gran parte de la cantidad de población servida por la empresa.
- **M³ de agua abastecida:** La cantidad de agua que la empresa abastece a las distintas ciudades es un dato importante para comparar, por ejemplo, con las pérdidas de esta, en un estudio de la eficiencia de la empresa como el que se va a llevar a cabo. Se tomará el valor en m³.
- **Pérdidas:** Aproximación que algunas de las empresas ofrecen de la cantidad de agua que se pierde en el proceso de distribución de esta debido al mal estado de la infraestructura, o por otros motivos, como son contadores de agua ilegales que no registran el consumo de esta. Este dato es muy importante en la actualidad, dada la sequía que atraviesa el país, y el objetivo es minimizar estas pérdidas. Se tomará el valor en m³.
- **M³ de saneamiento:** Hace referencia a la cantidad de agua total depurada al año en las EDAR que tratan el agua recogida por cada una de las entidades. Se tomará el valor en m³.

En cuanto a los residuos generados y a los lodos valorizados tras tratar el agua en las EDAR, se ha realizado un amplio estudio, pero, actualmente, las empresas que ofrecen estos datos no usan una terminología común, por lo que no es labor sencilla distinguirlos. Además, gran cantidad de las empresas que forman parte de este proyecto, no ofrecen ambos datos, por lo que finalmente se ha decidido no incluirlo en los modelos que se resolverán posteriormente.

Tras la numeración realizada de los datos necesarios para resolver los modelos que se plantearán posteriormente, se procede ahora a la búsqueda de estos. En cuanto a las fuentes de las que se han recabado los datos, los financieros, es decir, activos fijos, amortización acumulada, gastos operativos y total de activos, se han obtenido de la propia página web de cada una de las empresas que formarán parte del estudio, concretamente, de las cuentas anuales de cada una de ellas, y, en el caso de no encontrarlos por esa vía, se han obtenido del SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos). El EBITDA de las empresas que no lo especifican explícitamente en sus cuentas anuales, se ha obtenido a partir de la siguiente expresión:

$$\text{EBITDA} = \text{Beneficio después de impuestos} + \text{Gastos financieros} + \text{Impuestos} + \text{Depreciaciones} + \text{Amortizaciones}$$

El fondo de maniobra de las empresas que no lo especifican explícitamente en sus cuentas anuales, se ha calculado como sigue:

Fondo de maniobra = activo corriente - pasivo corriente

Con respecto al resto de datos, se han usado los informes de sostenibilidad que cada una de las empresas publica anualmente para obtenerlos.

Dado que se va a realizar un análisis temporal, se han reunido datos de 3 años consecutivos, siendo estos 2019, 2020 y 2021. Las respectivas tablas con los los datos para cada una de las empresas participantes en el estudio y los años se adjuntan en el Anexo I. Se incluyen en ellas el año 2018 puesto que, para el cálculo de algunos datos del año 2019, eran necesarios datos del 2018.

3.4.1 Definición y estadísticas descriptivas de las variables potenciales

La Tabla 2 presenta los acrónimos y definiciones de las variables utilizadas como entradas o salidas en los modelos que se van a implementar. La tabla 3 presenta las estadísticas descriptivas de los datos registrados.

Variable	Descripción
X _{OPEX}	Gastos operativos
X _{CAPEX}	Gastos en capital
X _{AGUASUM}	Volumen de agua suministrada
X _{POBSERV}	Población abastecida
X _{M³ANR}	Volumen de agua no registrada
X _{M³SAN}	Volumen de agua tratada en las E.D.A.R.
X _{FM}	Fondo de maniobra
X _{EBITDA}	EBITDA

Tabla 2. Acrónimos y definiciones de las variables utilizadas

Variable	Unidades	Nº muestras	Media	Std	Min	Max
X _{OPEX}	€	17	28458119,96	30349795,3	58314	123225688
X _{CAPEX}	€	17	8769466,048	19354944,63	- 55507800,23	86729000
X _{AGUASUM}	m ³	14	41.353.851	41920209,01	7.499.091	196.480.000
X _{POBSERV}	Personas	16	614.250	694123,2419	35.923	2.964.777
X _{M³ANR}	m ³	10	5.673.197	8668791,969	20.263	32.318.300
X _{M³SAN}	m ³	13	52.016.461	68290498,66	40.391	284.080.000

X_{FM}	€	17	14.703.065	19877374,56	-8.426.849	102.771.656
X_{EBITDA}	€	17	13.203.502	18417895,88	-20.280.953	78.712.000

Tabla 3. Estadísticas descriptivas de los datos registrados

3.5 Modelos a resolver

En este apartado se van a presentar cada uno de los modelos que posteriormente se resolverán con el propósito de analizar la eficiencia de las empresas introducidas anteriormente. Para generar cada uno de estos modelos, se han tenido en cuenta la relación existente entre las variables descritas y el objetivo que se desea lograr. Como se indicó anteriormente, cada uno de ellos va a resolverse para 3 años distintos y consecutivos, con el fin de realizar un análisis temporal y poder llevar a cabo una comparativa posteriormente.

Para determinar si el modelo realizado tiene una dimensión adecuada existen varias reglas:

- Golany y Roll (1989): El número de DMU's debe ser mayor o igual a dos veces la suma de las entradas y salidas.

$$n \geq 2(p+q)$$

- Charnes et al. (1989): El número de DMU's debe ser mayor o igual a tres veces la suma de las entradas y salidas.

$$n \geq 3(p+q)$$

- Murias (2004): El número de DMU's debe ser mayor o igual al producto de entradas y salidas.

$$n \geq p \times q$$

En cuanto a la notación, n es el número de DMU'S, p el de entradas y q el de salidas.

3.5.1 Modelo 1. Capacidad económica

La capacidad económica de una empresa es una medida integral de su fortaleza financiera y su habilidad para operar de manera eficiente y rentable en el mercado. El primero de los modelos evalúa la capacidad que tiene la empresa para poder cumplir con sus pagos y obligaciones a corto plazo y, al mismo tiempo, realizar las inversiones o compras propias de cualquier actividad empresarial, al incluir el fondo de maniobra como única variable de salida (X_{FM}). En este caso, el modelo DEA está orientado a la salida. Este modelo se implementa con DMU's asociadas a las empresas que hacen disponibles estos datos. En este caso, se utilizan algunos indicadores económicos como variables de entrada, concretamente, los gastos operativos (X_{OPEX}) y la inversión en activos fijos (X_{CAPEX}).

Se adjunta un esquema del modelo indicando las entradas y salidas de este, a la izquierda y derecha respectivamente (Ilustración 12).



Ilustración 12. Capacidad económica

En la resolución de este modelo han participado las 17 empresas puesto que todas tenían los datos suficientes para cada una de las entradas y salidas, para los tres años analizados.

1 AQUONA	10 AGUAS DE ALICANTE
2 EMACSA	11 EMAYA
3 AGUAS DE BURGOS	12 MANCOMUNIDAD COMARCA DE PAMPLONA
4 EMASAGRA	13 APEMSA
5 AGUAS DE LEÓN	14 AMVISA
6 EMUASA	15 CHICLANA NATURAL
7 EMASESA	16 CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS
8 AIGÜES DE BARCELONA	17 AQUAVALL
9 EMATSA	

Tabla 4. Empresas participantes en el modelo 1

Se comprueba ahora qué reglas para el dimensionamiento del modelo se cumplen:

- Golany y Roll (1989): $17 \geq 2 \times (2+1)$
- Charnes et al. (1989): $17 \geq 3 \times (2+1)$
- Murias (2004): $17 \geq 2 \times 1$

Se observa finalmente que cumple con las tres reglas.

Los datos utilizados en la resolución de este modelo se adjuntarán a modo de tablas en el Anexo II.

3.5.2 Modelo 2. Eficiencia Sostenible

El agua no registrada es un desafío significativo para las empresas de agua y las autoridades hídricas. El segundo de los modelos tiene como objetivo evaluar la eficiencia sostenible de las empresas al incluir los metros cúbicos de agua no registrada como única variable de salida ($X_{M^3_{ANR}}$). En este caso, el modelo DEA está orientado a la salida. Este modelo se implementa con DMU's asociadas a las empresas que hacen disponibles estos datos. Las variables de entrada que ahora se establecen como constantes son la población servida ($X_{POBSERV}$), el volumen de agua suministrado ($X_{AGUASUM}$) y la inversión en activos fijos (X_{CAPEX}).

En este caso, los metros cúbicos de agua no registrada ($X_{M^3_{ANR}}$) son una variable de salida, sin embargo, la idea no es aumentarla, sino todo lo contrario, disminuirla todo lo posible, por lo que, en el modelo, esta variable se introducirá invertida, es decir, en el denominador, para conseguir el objetivo deseado.

Se adjunta un esquema del modelo indicando las entradas y salidas de este, a la izquierda y derecha respectivamente (Ilustración 13).



Ilustración 13. Eficiencia sostenible

En la resolución de este modelo han participado 10 de las 17 empresas puesto que no todas tenían los datos suficientes para cada una de las entradas y salidas, para los tres años analizados. Las empresas eliminadas han sido: Emacsa, Aguas de Burgos, Emasagra, Emasesa, Ematsa, Chiclana Natural y Aquavall.

1 AQUONA	7 MANCOMUNIDAD COMARCA DE PAMPLONA
2 AGUAS DE LEÓN	8 APEMSA
3 EMUASA	9 AMVISA
4 AIGÜES DE BARCELONA	10 CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS
5 AGUAS DE ALICANTE	
6 EMAYA	

Tabla 5. Empresas participantes en el modelo 2

Se comprueba ahora qué reglas para el dimensionamiento del modelo se cumplen:

- Golany y Roll (1989): $10 \geq 2 \times (3+1)$
- Charnes et al. (1989): $10 \geq 3 \times (3+1)$
- Murias (2004): $10 \geq 3 \times 1$

Se observa finalmente que cumple con dos de las tres reglas. Sin embargo, no se descarta el modelo, puesto que cumple con la mayoría de ellas.

Los datos utilizados en la resolución de este modelo se adjuntarán a modo de tablas en el Anexo II.

3.5.3 Modelo 3. Recursos económicos

Los recursos económicos son esenciales para el buen funcionamiento de una empresa. Una gestión eficaz de estos permite a la empresa operar de manera eficiente, crecer y mantenerse competitiva en su sector. El tercero de los modelos tiene como objetivo evaluar la eficiencia de las empresas utilizando sus recursos económicos; en consecuencia, se emplean modelos DEA orientados a la entrada. En este caso, se utilizan algunos indicadores económicos como variables de entrada, concretamente, los gastos operativos (X_{OPEX}) y la inversión en activos fijos (X_{CAPEX}). En cuanto a las variables de salida, este modelo utiliza el agua suministrada ($X_{AGUASUM}$) y la población servida ($X_{POBSERV}$), que se entienden como variables constantes ya que las empresas deben ofrecer el servicio a todos sus clientes.

Se adjunta un esquema del modelo indicando las entradas y salidas de este, a la izquierda y derecha respectivamente (Ilustración 14).



Ilustración 14. Recursos económicos

En la resolución de este modelo han participado 11 de las 17 empresas puesto que no todas tenían los datos suficientes para cada una de las entradas y salidas, para los tres años analizados. Las empresas eliminadas han sido: Aguas de Burgos, Aguas de León, Emasesa, Emaya, Chiclana natural y Aquavall.

1 AQUONA	7 AGUAS DE ALICANTE
2 EMACSA	8 MANCOMUNIDAD COMARCA DE PAMPLONA
3 EMASAGRA	9 APEMSA
4 EMUASA	10 AMVISA
5 AIGÜES DE BARCELONA	11 CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS
6 EMATSA	

Tabla 6. Empresas participantes en el modelo 3

Se comprueba ahora qué reglas para el dimensionamiento del modelo se cumplen:

- Golany y Roll (1989): $11 \geq 2 \times (2+2)$
- Charnes et al. (1989): $11 \geq 3 \times (2+2)$
- Murias (2004): $11 \geq 2 \times 2$

Se observa finalmente que cumple con dos de las tres reglas. Sin embargo, no se descarta el modelo, puesto que cumple con la mayoría de ellas.

Los datos utilizados en la resolución de este modelo se adjuntarán a modo de tablas en el Anexo II.

3.5.4 Modelo 4. Gastos operativos

Gestionar los gastos operativos de manera efectiva es fundamental para la viabilidad financiera y el éxito a largo plazo de una empresa. El cuarto de los modelos tiene como objetivo evaluar el costo permanente que tiene la empresa para el funcionamiento del producto, negocio o sistema, al incluir el OPEX (X_{OPEX}) como única variable de entrada. En este caso, el modelo DEA está orientado a la entrada. En cuanto a las variables de salida, este modelo utiliza el agua suministrada ($X_{AGUASUM}$), la población servida ($X_{POBSERV}$) y los m³ de saneamiento (X_{M^3SAN}) que se entienden como variables constantes.

Se adjunta un esquema del modelo indicando las entradas y salidas de este, a la izquierda y derecha respectivamente (Ilustración 15).



Ilustración 15. Costo permanente

En la resolución de este modelo han participado 11 de las 17 empresas puesto que no todas tenían los datos suficientes para cada una de las entradas y salidas, para los tres años analizados. Las empresas eliminadas han sido: Aguas de Burgos, Aguas de León, Emasesa, Emaya, Chiclana natural y Aquavall.

1 AQUONA	7 AGUAS DE ALICANTE
2 EMACSA	8 MANCOMUNIDAD COMARCA DE PAMPLONA
3 EMASAGRA	9 APEMSA
4 EMUASA	10 AMVISA
5 AIGÜES DE BARCELONA	11 CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS
6 EMATSA	

Tabla 7. Empresas participantes en el modelo 4

Se comprueba ahora qué reglas para el dimensionamiento del modelo se cumplen:

- Golany y Roll (1989): $11 \geq 2 \times (1+3)$
- Charnes et al. (1989): $11 \geq 3 \times (1+3)$
- Murias (2004): $11 \geq 1 \times 3$

Se observa finalmente que cumple con dos de las tres reglas. Sin embargo, no se descarta el modelo, puesto que cumple con la mayoría de ellas.

Los datos utilizados en la resolución de este modelo se adjuntarán a modo de tablas en el Anexo II.

3.5.5 Modelo 5. Beneficio bruto

El EBITDA es una herramienta útil que sirve para evaluar la rentabilidad operativa y la capacidad de generación de ingresos de una empresa. El quinto de los modelos tiene como objetivo evaluar el beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones, al incluir el EBITDA (X_{EBITDA}) como única variable de salida. En este caso, el modelo DEA está orientado a la salida. En cuanto a las variables de entrada, este modelo utiliza el agua suministrada ($X_{AGUASUM}$), la población servida ($X_{POBSERV}$) y los m³ de saneamiento (X_{M^3SAN}) que se entienden como variables constantes.

Se adjunta un esquema del modelo indicando las entradas y salidas de este, a la izquierda y derecha respectivamente (Ilustración 16).



Ilustración 16. Beneficio bruto

En la resolución de este modelo han participado 11 de las 17 empresas puesto que no todas tenían los datos suficientes para cada una de las entradas y salidas, para los tres años analizados. Las empresas eliminadas han sido: Aguas de Burgos, Aguas de León, Emasesa, Emaya, Chiclana natural y Aquavall.

1 AQUONA	7 AGUAS DE ALICANTE
2 EMACSA	8 MANCOMUNIDAD COMARCA DE PAMPLONA
3 EMASAGRA	9 APEMSA
4 EMUASA	10 AMVISA
5 AIGÜES DE BARCELONA	11 CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS
6 EMATSA	

Tabla 8. Empresas participantes en el modelo 5

Se comprueba ahora qué reglas para el dimensionamiento del modelo se cumplen:

- Golany y Roll (1989): $11 \geq 2 \times (3+1)$
- **Charnes et al. (1989): $11 \geq 3 \times (3+1)$**
- Murias (2004): $11 \geq 3 \times 1$

Se observa finalmente que cumple con dos de las tres reglas. Sin embargo, no se descarta el modelo, puesto que cumple con la mayoría de ellas.

Los datos utilizados en la resolución de este modelo se adjuntarán a modo de tablas en el Anexo II.

3.6 Herramienta para la resolución de los modelos planteados

Tras finalizar la recolección de datos necesarios y suficientes para llevar a cabo el estudio planteado, y la construcción de los modelos expuestos anteriormente, con todo ello, el objetivo es evaluar para obtener conclusiones útiles y ponerlas en práctica. Para llevar a cabo la resolución de los modelos se empleará el software computacional perteneciente al entorno de Windows denominado EMS (Efficiency Measurement System). Para ejecutar el programa, los datos deben ser cargados en el mismo organizados en una hoja de cálculo de MS Office Excel.

Los modelos que se van a resolver, como se ha descrito con anterioridad, tendrán orientación tanto de entrada como de salida. Cada uno de ellos se resolverá con retorno de escala constante y con retorno de escala variable, con el fin de comparar ambos resultados y sacar conclusiones. Se elegirá estructura convexa y distancia radial.

Como se ha indicado en la descripción del Modelo 2, el valor de los metros cúbicos de agua no registrada (X_{M^3ANR}) debe ser invertido antes de introducir la tabla de Excel en el software, para así lograr el objetivo propuesto de disminuir todo lo posible el agua no registrada por cada una de las

empresas participantes en el estudio.

Una vez cargada la tabla de datos en el software y elegido el modelo correspondiente, se ejecuta el mismo para obtener los resultados, que se expondrán a continuación. Estos datos serán devueltos en formato tabla con la primera columna en la que se numeran las DMU's participantes, la segunda representando el SCORE, que indica la eficiencia en tanto por ciento de cada DMU siendo las marcadas en amarillo las DMU's eficientes. Una tercera columna denominada BENCHMARKS, que muestra, para las DMU's eficientes, las veces que sirven de referencia a las no eficientes y, para estas últimas, las DMU's que constituyen su grupo de referencia (peer group), y entre paréntesis los valores lambdas que las relaciona, indicando tal valor la cercanía a la correspondiente DMU eficiente. Las demás columnas hacen referencia a las holguras o slacks de las unidades productivas ineficientes, siendo estas la cantidad que deben aumentar o disminuir para alcanzar la eficiencia o acercarse a la frontera eficiente.

En cuanto a la supereficiencia, o 'superefficiency', como aparece en el software, se ha usado en alguno de los modelos resueltos, ya que si esta no se usaba aparecía un error de 'Overflow', dada la envergadura de los datos. Además, usando la supereficiencia, las DMU's completamente eficientes pueden ordenarse entre ellas, puesto que se establecen puntuaciones a cada una de ellas según el análisis realizado, y el reparto es aún más justo. Sin usar la supereficiencia no es posible conseguir estos resultados.

Al usar la supereficiencia, en la tabla de resultados, las DMU's que se mantienen eficientes ante un aumento arbitrariamente grande de entrada (orientado a la entrada) o una disminución arbitrariamente grande de productos (orientado a la salida), aparecerán con un SCORE = BIG.

4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se expondrán los resultados obtenidos con el software EMS, presentado previamente, y se analizarán para cada uno de los cinco modelos. Estos resultados se expondrán en forma de tabla.

Para cada uno de los modelos, se expondrán y analizarán los resultados de los tres años que forman parte del estudio, y para cada año, con los dos retornos de escala, constante y variable, CRS y VRS respectivamente. Como generalidad, para cada uno de los modelos, cada uno de los años, los resultados arrojados por el software en el caso de retorno de escala variable, VRS, siempre son mejores que para el caso de retorno de escala constante, CRS. La explicación a este fenómeno viene causada por la versatilidad que presenta el método al crear la frontera eficiente. Para VRS, el número de empresas eficientes aumenta, por lo que las que no lo son, se acercan a la misma, aumentando el SCORE. Otro aspecto general es que aparecen empresas cuyo porcentaje de eficiencia es del 0,000%. Este porcentaje es un número estrictamente positivo pero muy cercano a 0, por lo que se ha decidido, por simplicidad, no incluir una cantidad exagerada de decimales que no aportan información relevante.

4.1 Modelo 1. Capacidad económica

Se muestran a continuación los resultados del modelo 1, que, como se expuso anteriormente, evalúa la capacidad económica que tiene la empresa para hacer frente a sus obligaciones y al mismo tiempo, realizar inversiones y compras normales de su actividad empresarial. Las eficiencias contenidas en las tablas que se adjuntan en este apartado han sido escaladas, puesto que, al tratarse de modelos orientados a la salida, el software las devuelve mayores que el 100% para las empresas no eficientes, y menores que el 100% para las que si lo son, por lo que escaladas son más intuitivas.

Año 2019

DMU	SCORE CRS
AQUONA	8,443%
EMACSA	2,263%
AGUAS DE BURGOS	1,372%
EMASAGRA	0,000%
AGUAS DE LEÓN	4,576%
EMUASA	0,000%
EMASESA	0,496%
AIGÜES DE BARCELONA	0,168%
EMATSA	2,270%
AGUAS DE ALICANTE	0,341%
EMAYA	8,500%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	100,000%
AMVISA	3,399%
CHICLANA NATURAL	16,091%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	0,201%
AQUAVALL	5,172%
	14,900%

Tabla 9. Resultados CRS 2019 Modelo 1

DMU	SCORE VRS
AQUONA	38,214%
EMACSA	21,343%
AGUAS DE BURGOS	5,142%
EMASAGRA	0,000%
AGUAS DE LEÓN	100,000%
EMUASA	0,000%
EMASESA	23,779%
AIGÜES DE BARCELONA	12,412%
EMATSA	5,928%
AGUAS DE ALICANTE	2,798%
EMAYA	100,000%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	100,000%
AMVISA	23,721%
CHICLANA NATURAL	32,688%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	1,974%
AQUAVALL	40,885%
	35,817%

Tabla 10. Resultados VRS 2019 Modelo 1

Expuestos los resultados obtenidos para ambas tecnologías, se puede apreciar a simple vista que todas las empresas obtienen mejores resultados para VRS, puesto que, como se comentó de manera general anteriormente, este retorno de escala presenta mayor flexibilidad para crear la frontera eficiente, y, por tanto, la forman un mayor número de empresas. Para el caso de CRS, el número de empresas eficientes es de 2, y, sin embargo, para el caso de VRS, el número de empresas eficientes se duplica, siendo este de 4.

Dos casos destacables son los de Aguas de León, cuyo SCORE se multiplica por 20 aproximadamente, teniendo un 4,57% y convirtiéndose en eficiente con una mejora de 95,43 puntos, y EMAYA, cuyo SCORE se multiplica por 11 aproximadamente, puesto que, partiendo de un 8,49%, alcanza una eficiencia del 100% aumentando 91,51 puntos sobre su valor en escala constante.

Para realizar una comparación general, se ha calculado el promedio de los SCORES para cada una de las tecnologías, que aumenta más del doble, pasando de un 14,89% en CRS, a un 35,81% para VRS. Las conclusiones extraídas de estos datos son que, para retornos de escala constante, el número de empresas eficientes supone un 11,76% (2 de las 17 empresas), las que están por encima del promedio conforman el 17,64% (3 de las 17 empresas), siendo el resto ineficientes. Para el caso de retornos de escala variable, el 35,29% de ellas supera el promedio, y de estas 6 empresas, 4 son las eficientes, que representan el 23,52%.

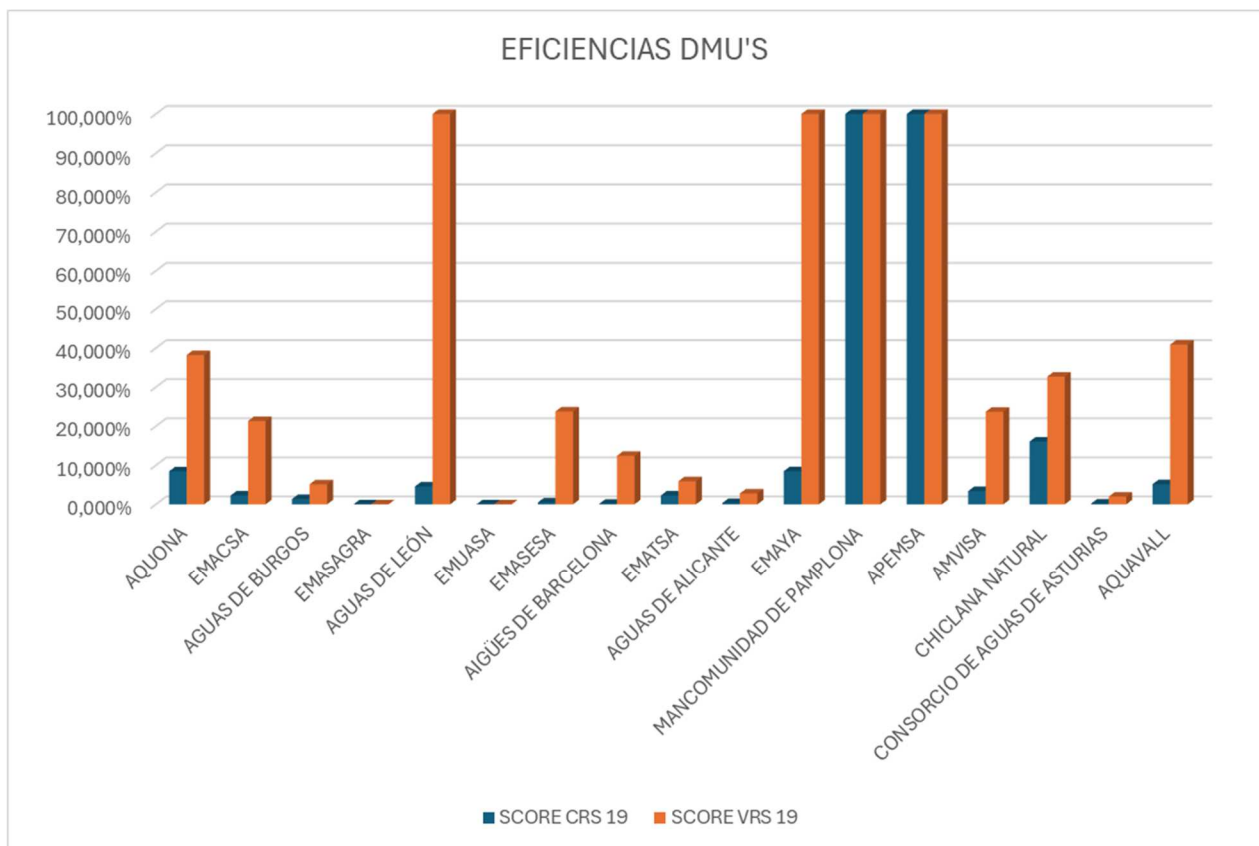


Ilustración 17. SCORES de ambas tecnologías Modelo 1 2019

En la ilustración 17 se representan los SCORES de cada una de las empresas para ambas tecnologías. Se observa gráficamente el crecimiento de Aguas de León y EMAYA, como se comentó anteriormente. Además, se observa, que salvo las empresas eficientes en una u otra tecnología, el resto no alcanza el 50% para ninguna de ellas, estando la mayoría muy por debajo de este porcentaje.

Año 2020

DMU	SCORE CRS	DMU	SCORE VRS
AQUONA	5,855%	AQUONA	22,744%
EMACSA	5,822%	EMACSA	14,779%
AGUAS DE BURGOS	1,062%	AGUAS DE BURGOS	1,782%
EMASAGRA	0,000%	EMASAGRA	0,000%
AGUAS DE LEÓN	5,249%	AGUAS DE LEÓN	100,000%
EMUASA	0,000%	EMUASA	0,000%
EMASESA	1,574%	EMASESA	16,029%
AIGÜES DE BARCELONA	0,320%	AIGÜES DE BARCELONA	9,013%
EMATSA	2,003%	EMATSA	3,889%
AGUAS DE ALICANTE	3,932%	AGUAS DE ALICANTE	19,318%
EMAYA	3,032%	EMAYA	27,793%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	4,492%	APEMSA	5,248%
AMVISA	9,721%	AMVISA	19,086%
CHICLANA NATURAL	7,852%	CHICLANA NATURAL	16,486%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%
AQUAVALL	23,302%	AQUAVALL	39,821%
	16,130%		29,17568%

Tabla 11. Resultados CRS 2020 Modelo 1

Tabla 12. Resultados VRS 2020 Modelo 1

En el análisis de este año, de nuevo cabe destacar el caso de Aguas de León, cuyo SCORE se multiplica por 19 aproximadamente, teniendo un 5,24% y convirtiéndose en eficiente con una mejora de 94,76 puntos. En cuanto al número de empresas eficientes, se mantiene en dos para la tecnología CRS, y desciende a tres para VRS, con respecto al año anterior. Las empresas eficientes ahora no son las mismas que en el año anterior, a excepción de Mancomunidad de Pamplona, que se mantiene eficiente.

Para el año 2020 también se ha calculado el promedio de los SCORES con el fin de realizar una comparación general. Ahora el aumento no alcanza el doble, pasando de un 16,13% para CRS, a un 29,17% para VRS. Las conclusiones extraídas de estos datos son que, para retornos de escala constante, el número de empresas eficientes supone un 11,76% (2 de las 17 empresas), las que están por encima del promedio conforman el 17,64% (3 de las 17 empresas), siendo el resto ineficientes. Para el caso de retornos de escala variable, el 23,52% de ellas supera el promedio, y de estas 4 empresas, 3 son las eficientes, que representan el 17,64%.

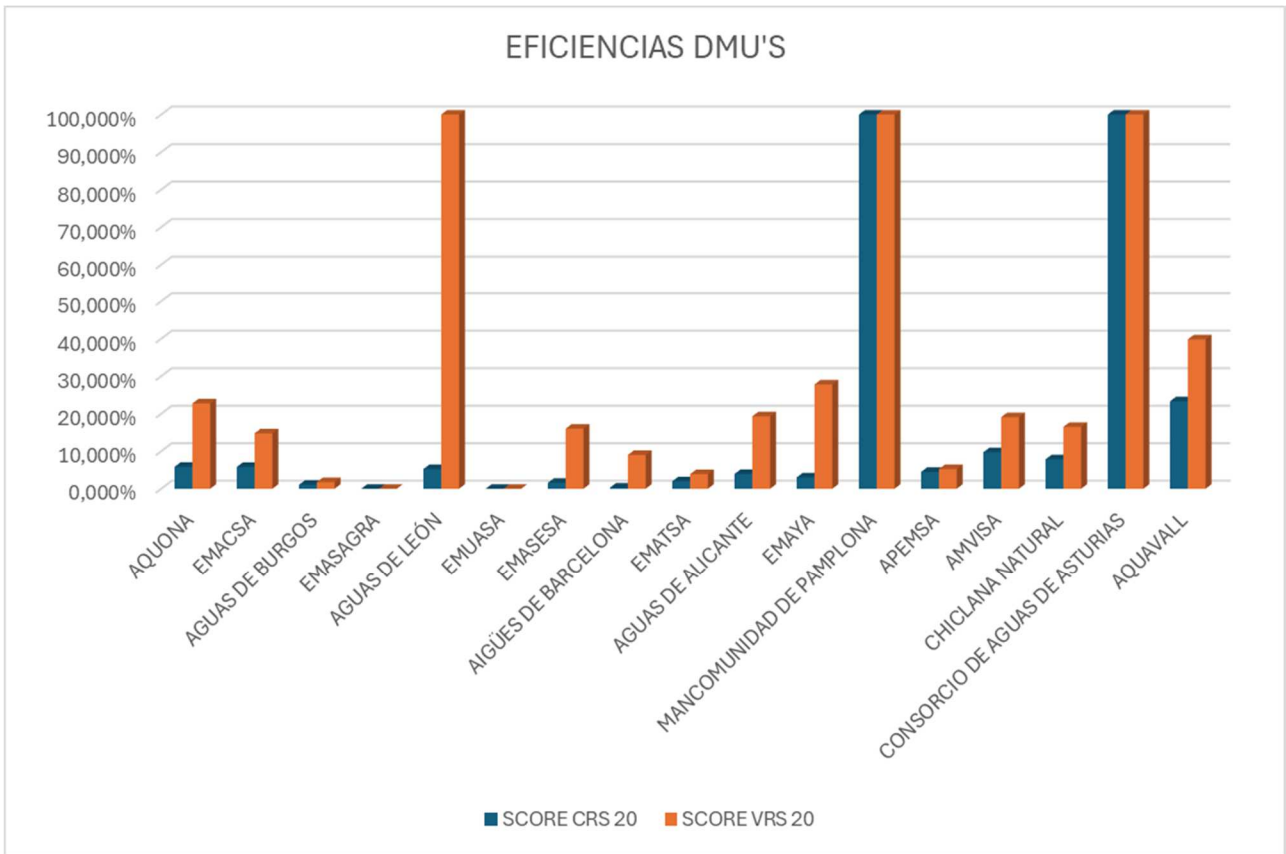


Ilustración 18. SCORES de ambas tecnologías Modelo 1 2020

Siendo la figura anterior, ver ilustración 18, la representación gráfica de los SCORES de cada una de las empresas para ambas tecnologías. Se observa gráficamente el crecimiento de Aguas de León, como se comentó anteriormente. Además, se observa, que salvo las empresas eficientes en una u otra tecnología, el resto no alcanza el 50% para ninguna de ellas, siendo el porcentaje más alto el obtenido por Aquavall, inferior al 40%, estando el resto muy por debajo de este porcentaje.

Año 2021

DMU	SCORE CRS	DMU	SCORE VRS
AQUONA	22,561%	AQUONA	23,193%
EMACSA	9,403%	EMACSA	10,895%
AGUAS DE BURGOS	3,890%	AGUAS DE BURGOS	100,000%
EMASAGRA	0,000%	EMASAGRA	0,000%
AGUAS DE LEÓN	12,834%	AGUAS DE LEÓN	100,000%
EMUASA	0,000%	EMUASA	0,000%
EMASESA	1,965%	EMASESA	9,061%
AIGÜES DE BARCELONA	0,589%	AIGÜES DE BARCELONA	7,489%
EMATSA	4,359%	EMATSA	4,594%
AGUAS DE ALICANTE	8,969%	AGUAS DE ALICANTE	20,671%
EMAYA	7,773%	EMAYA	30,905%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	10,695%	APEMSA	15,118%
AMVISA	20,568%	AMVISA	21,860%
CHICLANA NATURAL	11,501%	CHICLANA NATURAL	11,693%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%
AQUAVALL	51,960%	AQUAVALL	57,228%
	21,592%		36,042%

Tabla 13. Resultados CRS 2021 Modelo 1

Tabla 14. Resultados VRS 2021 Modelo 1

En el último año analizado para el modelo 1, de nuevo se pueden apreciar aumentos significativos de una tecnología a la otra. Caben destacar los casos de Aguas de León, que por tercer año consecutivo experimenta un aumento notable, cuyo SCORE se multiplica por algo menos de 8, teniendo un 12,83% y convirtiéndose en eficiente con una mejora de 87,17 puntos, y Aguas de Burgos, cuyo SCORE se multiplica por 25,70 aproximadamente, puesto que, partiendo de un 3,89%, alcanza una eficiencia del 100% aumentando 96,11 puntos sobre su valor en escala constante, y se convierte, por primera vez en los tres años analizados, en entidad eficiente.

De nuevo para este año, 2021, se ha calculado el promedio de los SCORES con el fin de realizar una comparación general. En este caso tampoco se supera el doble en el aumento, pasando de un 21,59% para CRS, a un 36,04% para VRS. Las conclusiones extraídas de estos datos son que, para retornos de escala constante, el número de empresas eficientes supone un 11,76% (2 de las 17 empresas), las que están por encima del promedio conforman el 23,52% (4 de las 17 empresas), siendo el resto ineficientes. Para el caso de retornos de escala variable, el 29,41% de ellas supera el promedio, y de estas 5 empresas, 4 son las eficientes, que representan el 23,52%. Se puede comentar que es el año en el que mayor número de empresas supera el promedio para la tecnología VRS. Además, estos promedios, de ambas tecnologías, superan a los de los 2 años anteriores, debiéndose esto al aumento de empresas eficientes, que hacen subir el mismo, pero, además, al incremento individual que han experimentado muchas de ellas, que ha contribuido a que esto ocurra.

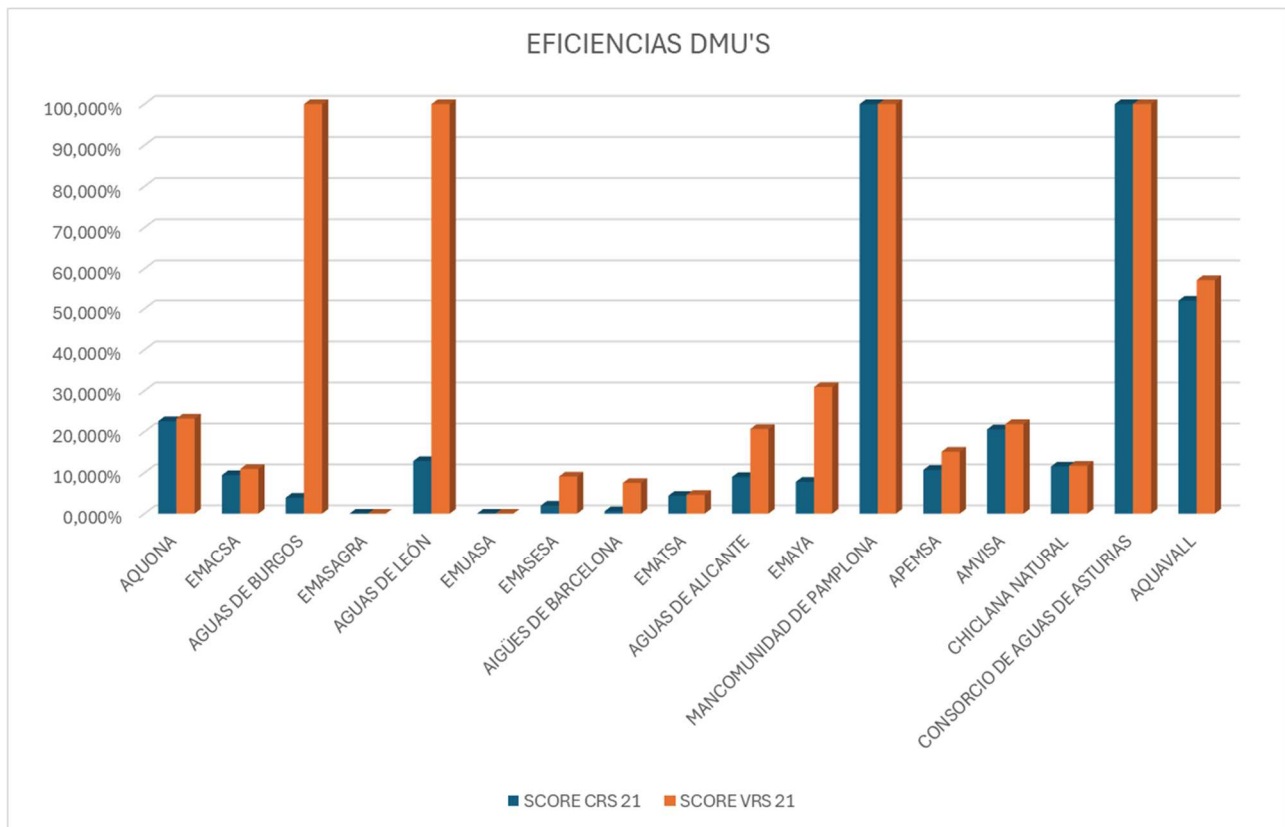


Ilustración 19. SCORES de ambas tecnologías Modelo 1 2021

En consonancia con la ilustración 19, se observa gráficamente el crecimiento de Aguas de León, como se ha comentado ya en los dos años anteriores, y, en este caso, también el de Mancomunidad de Pamplona, que, con el crecimiento notable que experimenta, alcanza por primera vez la eficiencia. En este caso, también por primera vez a lo largo de los tres años analizados, una de las entidades no eficientes alcanza el 50% e incluso lo supera. El resto de estas obtiene porcentajes menores, y en algunos casos, muy por debajo de los comentados.

Como conclusión, se adjunta la siguiente figura, ver ilustración 20, que contiene los scores de las dos tecnologías los tres años partícipes del estudio, para cada una de las entidades que lo forman. A comentar se prestan los casos de Aguas de Burgos, de la que ya se hizo referencia en el anterior apartado, que experimenta un crecimiento notable el último año, alcanzando por primera vez la eficiencia, para la tecnología VRS; el caso de Aguas de León, que para los tres años consecutivos ha alcanzado la eficiencia en VRS, mientras que en CRS no ha superado el 20% en ninguno de los años; EMAYA y APEMSA, que sólo la han alcanzado el primer año analizado, para una o las dos tecnologías respectivamente; Consorcio de Aguas de Asturias, que tras ser el primer año de las empresas con menor porcentaje, logró remontar el segundo y el tercero, alcanzando en ambos la eficiencia; y por último, comentar la estabilidad que han mantenido Mancomunidad de Pamplona, siendo eficiente los tres años para ambas tecnologías, por lo que es la entidad con mayor capacidad para poder cumplir con sus pagos y obligaciones a corto plazo y, al mismo tiempo, realizar las inversiones o compras propias de cualquier actividad empresarial, y, por el contrario EMASAGRA y EMUASA, que han sido ineficientes los tres años consecutivos con porcentajes muy similares, por lo que son las entidades con menor capacidad.

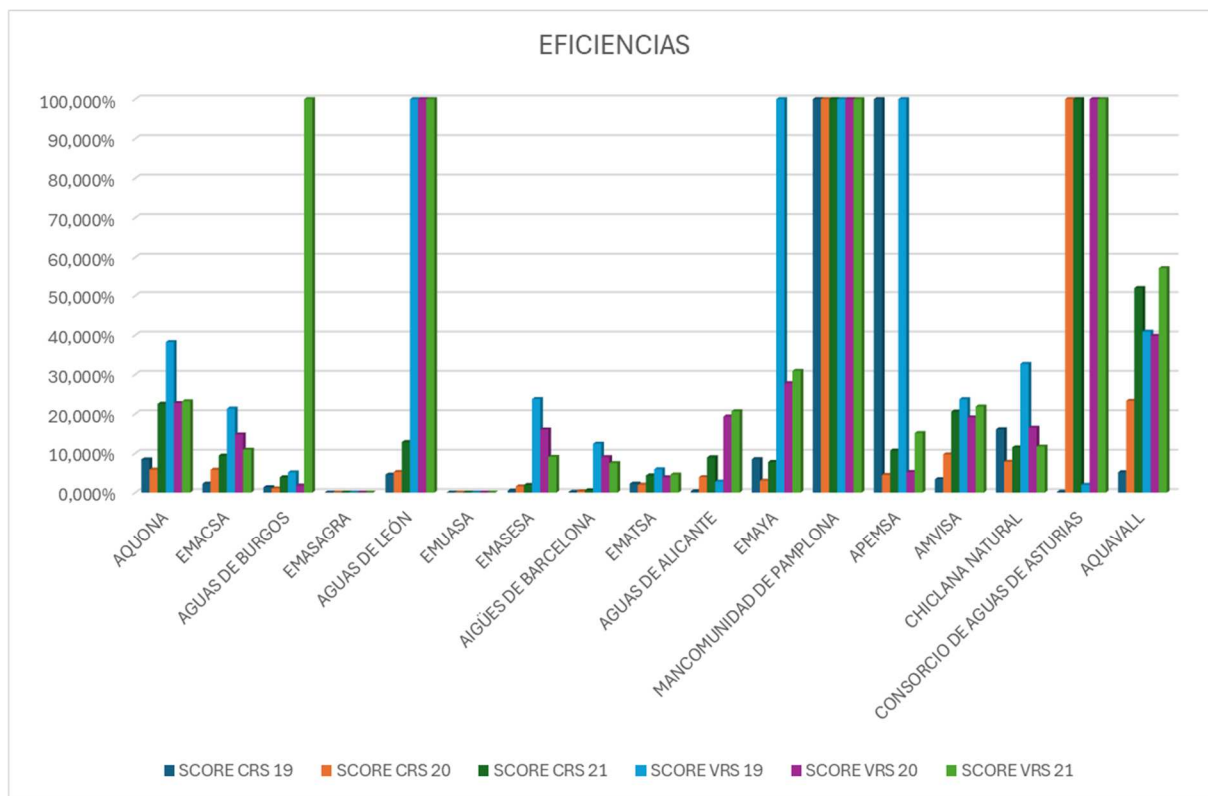


Ilustración 20. SCORES de ambas tecnologías para los tres años y las 17 empresas

Como se comentó en el apartado dedicado al Software usado, las entidades eficientes sirven de referencia para las no eficientes, y al resolver el modelo, en la columna denominada Benchmarks, aparece el número de veces que la empresa ha sido referente. En la gráfica siguiente, ver ilustración 21, se muestra el número de veces que las entidades eficientes son referencia para las entidades no eficientes de forma acumulada para las tres anualidades y en las dos tecnologías utilizadas.

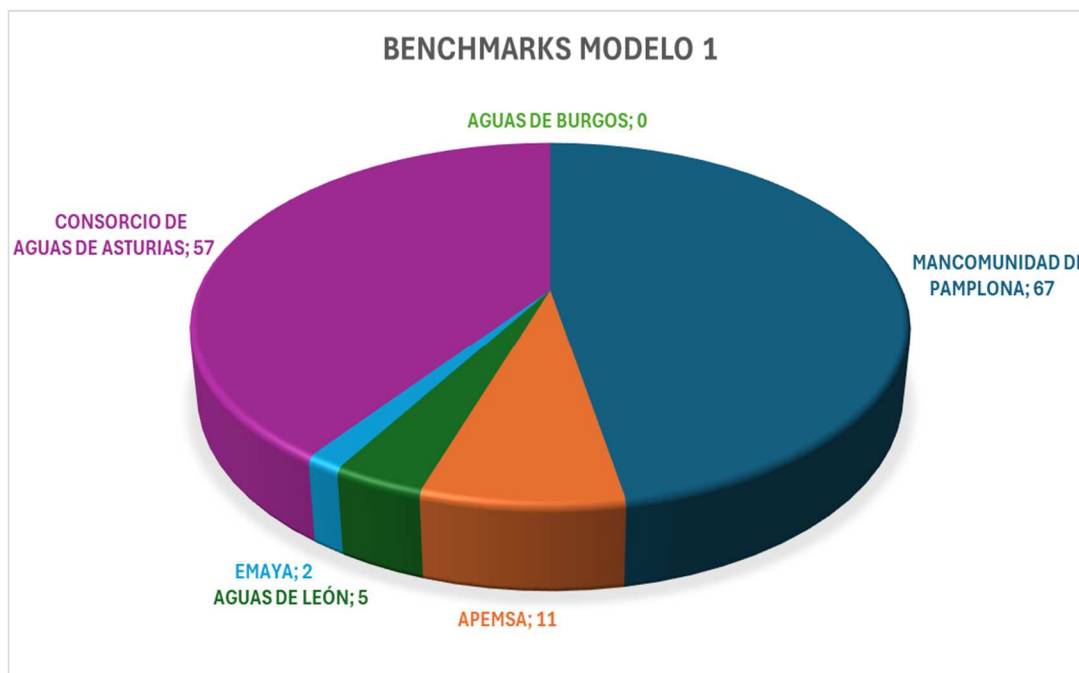


Ilustración 21. Benchmarks Modelo 1

Se puede observar que es Mancomunidad de Pamplona la principal entidad referente, siendo eficiente los tres años para ambas tecnologías. En el lado opuesto aparece Aguas de Burgos, que, aun siendo eficiente para VRS en 2021, no ha sido utilizada como referencia por ninguna de las demás empresas.

La explicación a esto es que ha coincidido con otras empresas también eficientes que se han asemejado más a las ineficientes.

4.2 Modelo 2. Eficiencia Sostenible

Se muestran a continuación los resultados del modelo 2, que, como se expuso anteriormente, evalúa la eficiencia sostenible de la empresa a través del volumen de agua no registrada de la misma. Las eficiencias contenidas en las tablas que se adjuntan en este apartado han sido escaladas, puesto que, al tratarse de modelos orientados a la salida, el software las devuelve mayores que el 100% para las empresas no eficientes, y menores que el 100% para las que si lo son, por lo que escaladas son más intuitivas.

Año 2019

DMU	SCORE CRS
AQUONA	0,525%
AGUAS DE LEÓN	100,000%
EMUASA	0,198%
AIGÜES DE BARCELONA	0,005%
AGUAS DE ALICANTE	0,205%
EMAYA	100,000%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	0,403%
APEMSA	100,000%
AMVISA	1,030%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	0,175%
	30,254%

Tabla 15. Resultados CRS 2019 Modelo 2

DMU	SCORE VRS
AQUONA	2,641%
AGUAS DE LEÓN	100,000%
EMUASA	0,439%
AIGÜES DE BARCELONA	0,069%
AGUAS DE ALICANTE	0,440%
EMAYA	100,000%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	0,784%
APEMSA	100,000%
AMVISA	1,370%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	0,665%
	30,641%

Tabla 16. Resultados VRS 2019 Modelo 2

Tras la exposición de los resultados obtenidos, en primer lugar y como ya se ha comentado en varias ocasiones, se puede apreciar que la tecnología VRS arroja mejores resultados que para CRS, incrementando los porcentajes para cada una de las entidades participantes en el estudio. Para este caso en concreto, se observa que el número de empresas eficientes es el mismo para retornos de escala constante y variable, siendo este de 3.

A diferencia de lo que se pudo contemplar en el modelo 1, crecimientos muy notables entre tecnologías, en este caso son mucho mas leves.

Para realizar una comparación general, se ha calculado el promedio de los SCORES para cada una de las tecnologías, y se ha comprobado que la diferencia entre ambos es de menos de un 0,35%, pasando de un 30,254% en CRS, a un 30,6% para VRS. Las conclusiones extraídas de estos datos son que, para retornos de escala constante, el número de empresas eficientes supone un 30% (3 de las 10 empresas), las que están por encima del promedio conforman el 30% (3 de las 10 empresas), siendo el resto ineficientes. Para el caso de retornos de escala variable ocurre exactamente lo mismo. En este caso, solo las empresas eficientes superan el promedio de los SCORES. Aunque mirando sólo el promedio pueda malentenderse que las empresas tienen mayor porcentaje a nivel particular, se ha comprobado que son las entidades eficientes las que hacen subir el mismo, estando el resto muy por debajo de él.

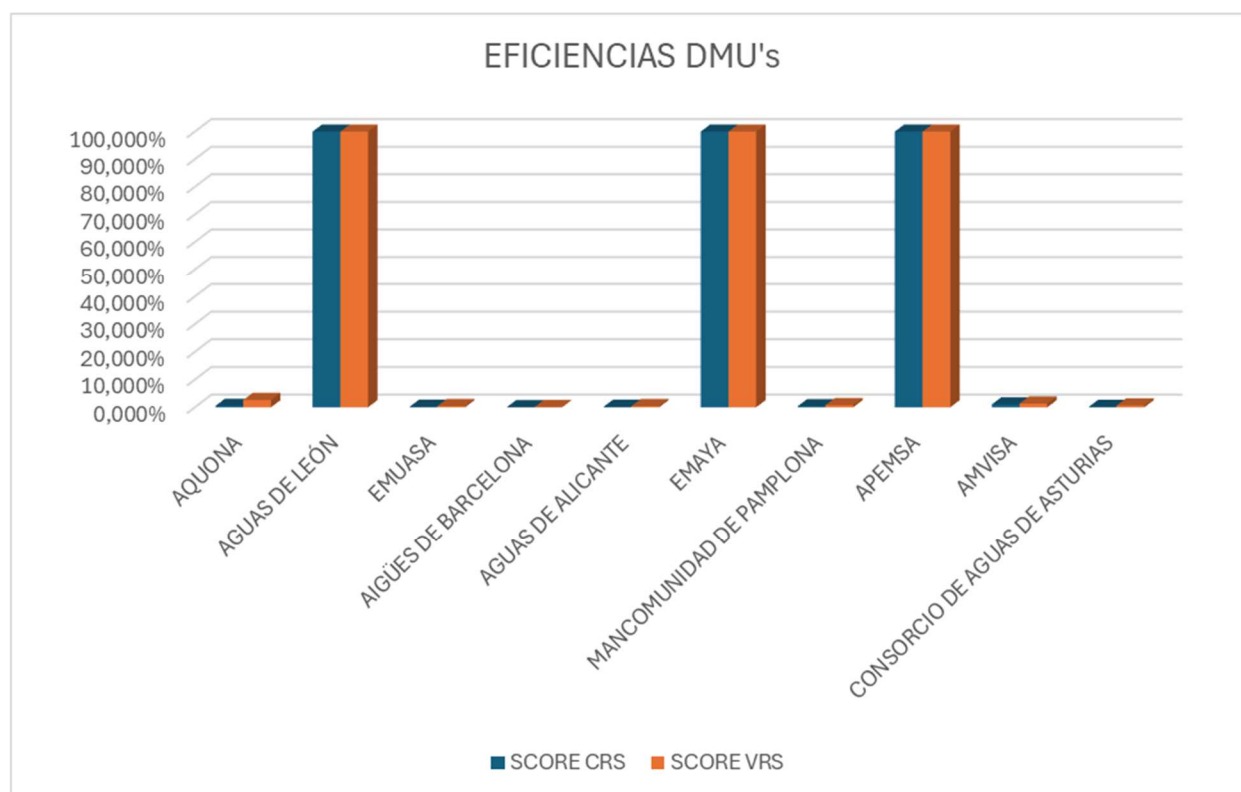


Ilustración 22. SCORES de ambas tecnologías Modelo 2 2019

Con la ilustración 22, que representa los SCORES de cada una de las empresas para ambas tecnologías, se confirma gráficamente lo que se ha comentado anteriormente. Las empresas eficientes se mantienen de una tecnología a otra, y el crecimiento de las no eficientes es prácticamente imperceptible. Se observa que, salvo las empresas eficientes en una u otra tecnología, el resto no alcanza el 3% para ninguna de ellas, estando la mayoría muy por debajo de este porcentaje.

Año 2020

DMU	SCORE CRS
AQUONA	20,901%
AGUAS DE LEÓN	16,537%
EMUASA	4,669%
AIGÜES DE BARCELONA	0,112%
AGUAS DE ALICANTE	2,836%
EMAYA	3,984%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	8,738%
APEMSA	100,000%
AMVISA	20,953%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%
	27,873%

Tabla 17. Resultados CRS 2020 Modelo 2

DMU	SCORE VRS
AQUONA	100,000%
AGUAS DE LEÓN	25,516%
EMUASA	14,714%
AIGÜES DE BARCELONA	1,491%
AGUAS DE ALICANTE	10,178%
EMAYA	13,341%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	24,533%
APEMSA	100,000%
AMVISA	44,864%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%
	43,464%

Tabla 18. Resultados VRS 2020 Modelo 2

En el análisis de este año, cabe destacar el caso de AQUONA, cuyo SCORE se multiplica por 5 aproximadamente, teniendo un 20,9% y convirtiéndose en eficiente con una mejora de 79,1 puntos. En cuanto al número de empresas eficientes, disminuye a dos para la tecnología CRS y se mantiene en tres para VRS, con respecto al año anterior. Las empresas eficientes ahora no son las mismas que en el año anterior, a excepción de APEMSA, que se mantiene eficiente.

Para el año 2020 también se ha calculado el promedio de los SCORES con el fin de realizar una comparación general. Ahora el aumento es más significativo que en 2019, pasando de un 27,9% para CRS, a un 43% para VRS. Las conclusiones extraídas de estos datos son que, para retornos de escala constante, el número de empresas eficientes supone un 20% (2 de las 10 empresas), las que están por encima del promedio conforman el 20% también, puesto que solo lo están las empresas eficientes, y el resto son ineficientes. Para el caso de retornos de escala variable, el 40% de ellas supera el promedio, y de estas 4 empresas, 3 son las eficientes, que representan el 30%. Este año el promedio de la tecnología CRS es menor que el anterior, sin embargo, el porcentaje de la mayoría de las empresas particularmente ha aumentado notablemente de un año a otro, por lo que, de nuevo, analizando única y exclusivamente el promedio, se podría llegar a una conclusión errónea.

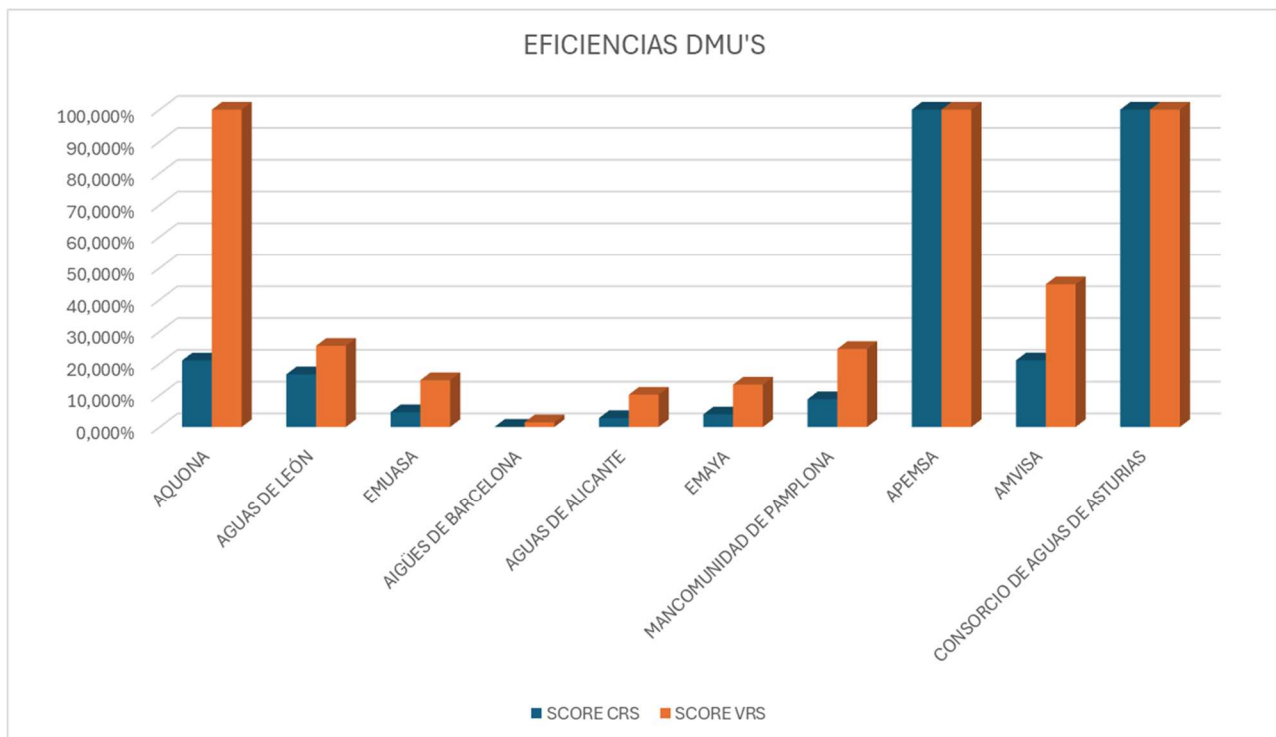


Ilustración 23. SCORES de ambas tecnologías Modelo 2 2020

Atendiendo a la figura anterior, ver ilustración 23, la representación gráfica de los SCORES de cada una de las empresas para ambas tecnologías, se observa gráficamente el crecimiento de AQUONA, como se comentó anteriormente. Además, se observa, que salvo las empresas eficientes en una u otra tecnología, el resto no alcanza el 50% para ninguna de ellas, siendo el porcentaje más alto el obtenido por AMVISA, ligeramente superior al 40%, estando el resto muy por debajo de este porcentaje. En comparación con el año anterior, en este caso, el crecimiento de una tecnología a otra es más pronunciado, y, en general, los porcentajes son más altos para ambas.

Año 2021

DMU	SCORE CRS	DMU	SCORE VRS
AQUONA	5,384%	AQUONA	9,209%
AGUAS DE LEÓN	100,000%	AGUAS DE LEÓN	100,000%
EMUASA	0,309%	EMUASA	0,983%
AIGÜES DE BARCELONA	0,010%	AIGÜES DE BARCELONA	0,141%
AGUAS DE ALICANTE	0,258%	AGUAS DE ALICANTE	0,771%
EMAYA	0,295%	EMAYA	0,765%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	0,828%	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	1,668%
APEMSA	14,622%	APEMSA	100,000%
AMVISA	1,707%	AMVISA	2,405%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	1,300%	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	2,163%
	12,471%		21,810%

Tabla 19. Resultados CRS 2021 Modelo 2

Tabla 20. Resultados VRS 2021 Modelo 2

En el último año analizado para el modelo 2, de nuevo se puede apreciar un aumento significativo de una tecnología a la otra, pero en este caso para la empresa APEMSA, cuyo SCORE se multiplica por algo menos de 7, teniendo un 14,62% y convirtiéndose en eficiente con una mejora de 85,38 puntos, siendo esta la primera vez en tres años consecutivos donde APEMSA no es eficiente para CRS, quedándose además lejos de la frontera, con un porcentaje relativamente bajo. Cabe destacar también que, Aguas de León, vuelve a ser eficiente en las dos tecnologías, como ocurrió para 2019.

De nuevo para este año, 2021, se ha calculado el promedio de los SCORES con el fin de realizar una comparación general. En este caso no se alcanza el doble en el aumento, aunque se queda bastante cerca, pasando de un 12,47% para CRS, a un 21,8% para VRS. Las conclusiones extraídas de estos datos son que, para retornos de escala constante, el número de empresas eficientes supone un 10% (1 de las 10 empresas), las que están por encima del promedio conforman el 20% (2 de las 10 empresas), siendo el resto ineficientes. Para el caso de retornos de escala variable, el 20% de ellas supera el promedio, siendo estas dos empresas además las eficientes. Se puede comentar que los promedios de ambas tecnologías son los menores a lo largo de los tres años analizados, lo que supone un menor número de empresas eficientes y, las no eficientes, con un porcentaje similar al de 2019 y notablemente menor al de 2020.

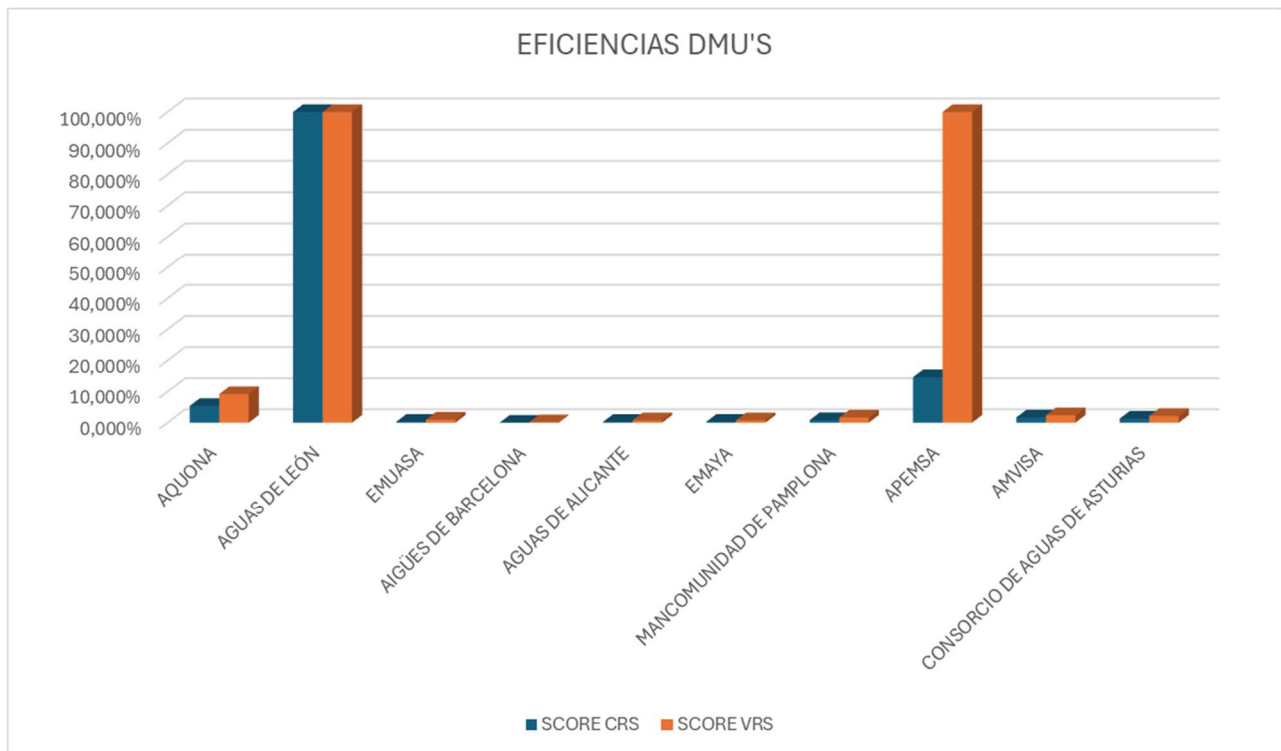


Ilustración 24. SCORES de ambas tecnologías Modelo 2 2021

Haciendo referencia a la ilustración 24, se observa gráficamente el crecimiento de APEMSA, como se ha comentado anteriormente. Esta gráfica es muy similar a la del año 2019, puesto que, como se aprecia, es el año con menor número de empresas eficientes, y el crecimiento de las no eficientes es prácticamente imperceptible. Se observa que, salvo las empresas eficientes en una u otra tecnología, el resto no alcanza el 20% para ninguna de ellas, estando la mayoría muy por debajo de este porcentaje.

Como conclusión, se adjunta la siguiente figura, ver ilustración 25, que contiene los scores de las dos tecnologías los tres años partícipes del estudio, para cada una de las entidades que lo forman. A comentar se prestan los casos de Aguas de León, eficiente para ambas tecnologías dos de los tres años analizados; los casos de AQUONA, EMAYA y Consorcio de Aguas de Asturias, que han alcanzado la eficiencia tan solo uno de los años estudiados, para una de las tecnologías en el caso de AQUONA, y para ambas en el caso de EMAYA y Consorcio de Aguas de Asturias, y además con una diferencia muy pronunciada con respecto a los otros dos años, cuyos porcentajes han sido muy bajos, no superando ninguno de ellos el 20%; y el caso de APEMSA que para los tres años consecutivos ha alcanzado la eficiencia en VRS, mientras que en CRS la ha alcanzado para dos de los tres, quedando en 2021 por debajo del 20%. Comentar la estabilidad que ha mantenido esta última empresa, APEMSA, y en cierto modo Aguas de León, siendo eficiente la mayoría de los años para ambas tecnologías, por lo que son las entidades con mayor eficiencia sostenible, puesto que han sido las que menos metros cúbicos de agua no registrada han contabilizado, y, por el contrario EMUASA, Aigües de Barcelona, Aguas de Alicante, Mancomunidad de Pamplona y AMVISA, que han sido ineficientes los tres años consecutivos con porcentajes muy similares, por lo que son las entidades con menor eficiencia sostenible, y, por tanto, las que más metros cúbicos de agua no registrada han acumulado. A modo reflexivo, se puede apreciar de un simple vistazo que, el año con mejores resultados obtenidos, por lo general, ha sido 2020, coincidiendo con un año difícil en el que una pandemia mundial azotaba el país y que, por tanto, las restricciones sociales estaban a la orden del día. En este año, en el que la mayoría de la población permaneció en casa la mayor parte del tiempo y gran cantidad de opciones de ocio, como son piscinas públicas, parques acuáticos, hoteles con opciones similares y demás permanecieron cerrados por temor a la propagación del conocido COVID-19, se puede llegar a la

conclusión de que se tuvo un mayor control del consumo de agua de la población, una lectura más exhaustiva de los contadores, y por tanto, se obtuvieron mejores resultados, por lo que, si algo positivo puede rescatarse de aquel amargo año, han sido estos datos.

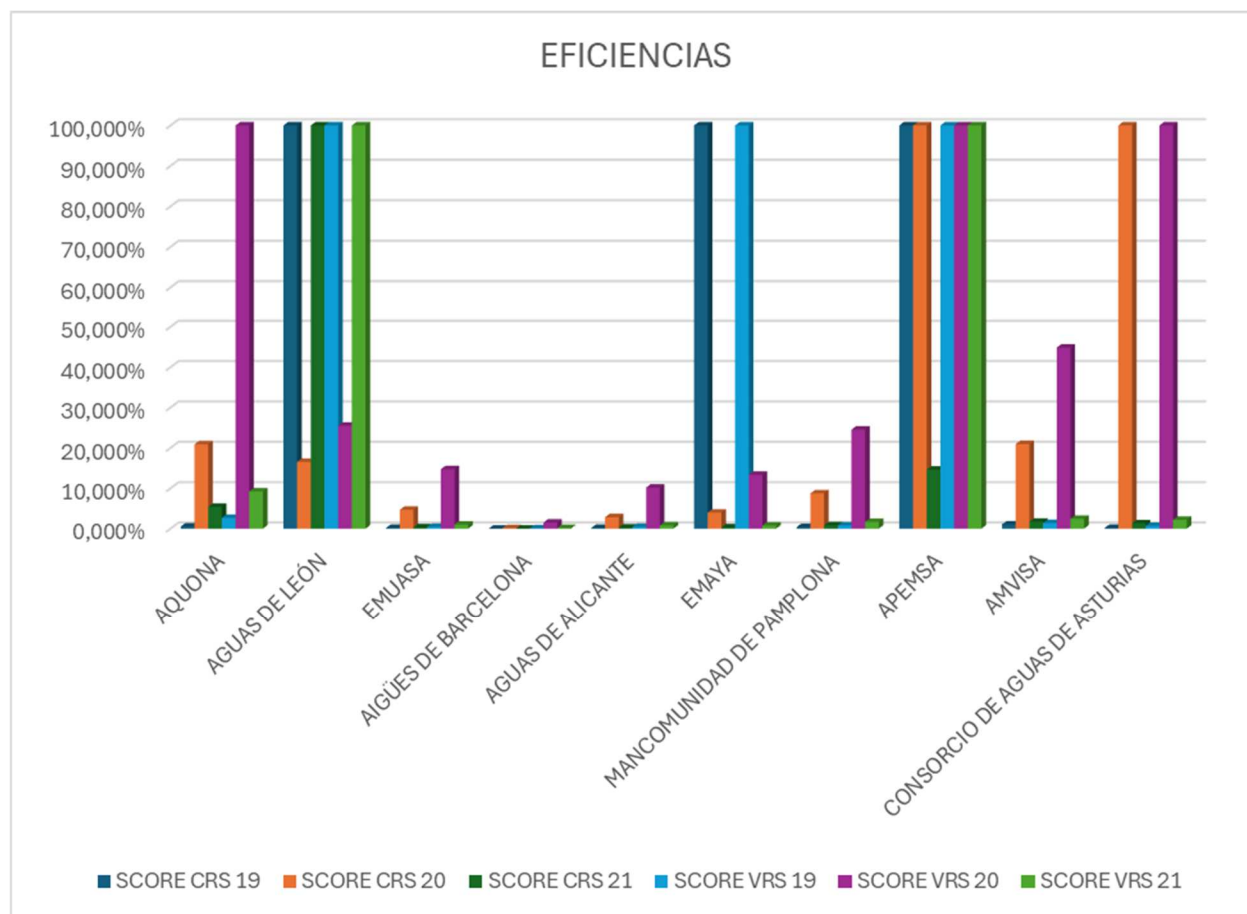


Ilustración 25. SCORES de ambas tecnologías para los tres años y las 10 empresas

Para este segundo modelo, las empresas eficientes y por tanto referentes para el resto han sido las representadas en el siguiente gráfico, ver ilustración 26, que muestra el número de veces que las entidades eficientes son referencia para las entidades no eficientes de forma acumulada para las tres anualidades y en las dos tecnologías utilizadas.

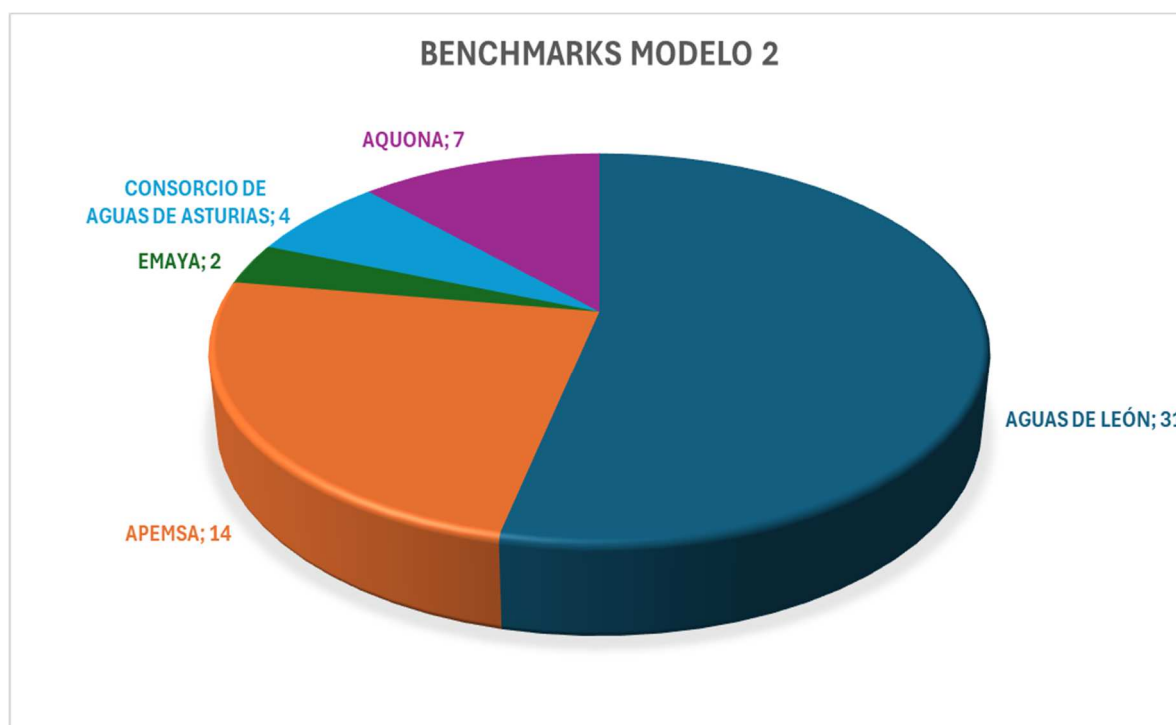


Ilustración 26. Benchmarks Modelo 2

En este caso hay una entidad claramente influyente y es Aguas de León, que sirve de referencia en 31 ocasiones, ya que ha sido eficiente dos de los tres años para ambas tecnologías. Un caso contrario es el de EMAYA, que, habiendo sido eficiente un año para CRS y VRS, tan solo ha servido de referencia una vez en cada tecnología.

4.3 Modelo 3. Recursos económicos

Se muestran a continuación los resultados del modelo 3, que, como se expuso anteriormente, evalúa la eficiencia de las empresas utilizando sus recursos económicos. Las eficiencias contenidas en las tablas que se adjuntan en este apartado no han sido escaladas, puesto que, al tratarse de modelos orientados a la entrada, el software las devuelve mayores que el 100% para las empresas eficientes, y menores que el 100% para las que no lo son, por lo que los resultados son fácilmente entendibles.

Año 2019

DMU	SCORE CRS
AQUONA	55,485%
EMACSA	8,992%
EMASAGRA	14,675%
EMUASA	14,084%
AIGÜES DE BARCELONA	8,784%
EMATSA	13,478%
AGUAS DE ALICANTE	11,958%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	100,000%
AMVISA	9,810%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	19,903%
	32,470%

Tabla 21. Resultados CRS 2019 Modelo 3

DMU	SCORE VRS
AQUONA	100,000%
EMACSA	9,816%
EMASAGRA	37,353%
EMUASA	18,160%
AIGÜES DE BARCELONA	100,000%
EMATSA	26,599%
AGUAS DE ALICANTE	14,681%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	100,000%
AMVISA	14,329%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%
	56,449%

Tabla 22. Resultados VRS 2019 Modelo 3

Con los resultados expuestos en las tablas 21 y 22, la primera conclusión que se extrae de ellos es que, en este caso, ocurre como se comentó en los dos modelos anteriores, se puede apreciar a simple vista que todas las empresas obtienen mejores resultados para VRS, por la flexibilidad que presenta la tecnología para la creación de la frontera eficiente, como se ha comentado en varias ocasiones. Para el caso de CRS, el número de empresas eficientes es de 2, y, sin embargo, para el caso de VRS, el número de empresas eficientes pasa a ser 5.

Tres casos que se prestan a comentar son, en orden de mayor a menor crecimiento, Aigües de Barcelona, cuyo SCORE se multiplica por algo menos de 12, teniendo un 8,78% y convirtiéndose en eficiente con una mejora de 91,22 puntos; Consorcio de Aguas de Asturias, cuyo SCORE se multiplica por 5 aproximadamente, puesto que, partiendo de un 19,90%, alcanza la eficiencia aumentando 80,1 puntos sobre su valor en escala constante, y, por último, el cambio menos significativo pero aun así notable, AQUONA, que pasa de un 55,48% en CRS a un 100% en VRS.

Para realizar una comparación general, se ha calculado el promedio de los SCORES para cada una de las tecnologías, pasando de un 32,47% en CRS, a un 56,45% para VRS. Las conclusiones extraídas de estos datos son que, para retornos de escala constante, el número de empresas eficientes supone un 18,18% (2 de las 11 empresas), las que están por encima del promedio conforman el 27,27% (3 de las 11 empresas), siendo el resto ineficientes. Para el caso de retornos de escala variable, el 45,45% de ellas supera el promedio, siendo estas 5 empresas las eficientes y el resto de ellas, son ineficientes y además no superan el promedio.

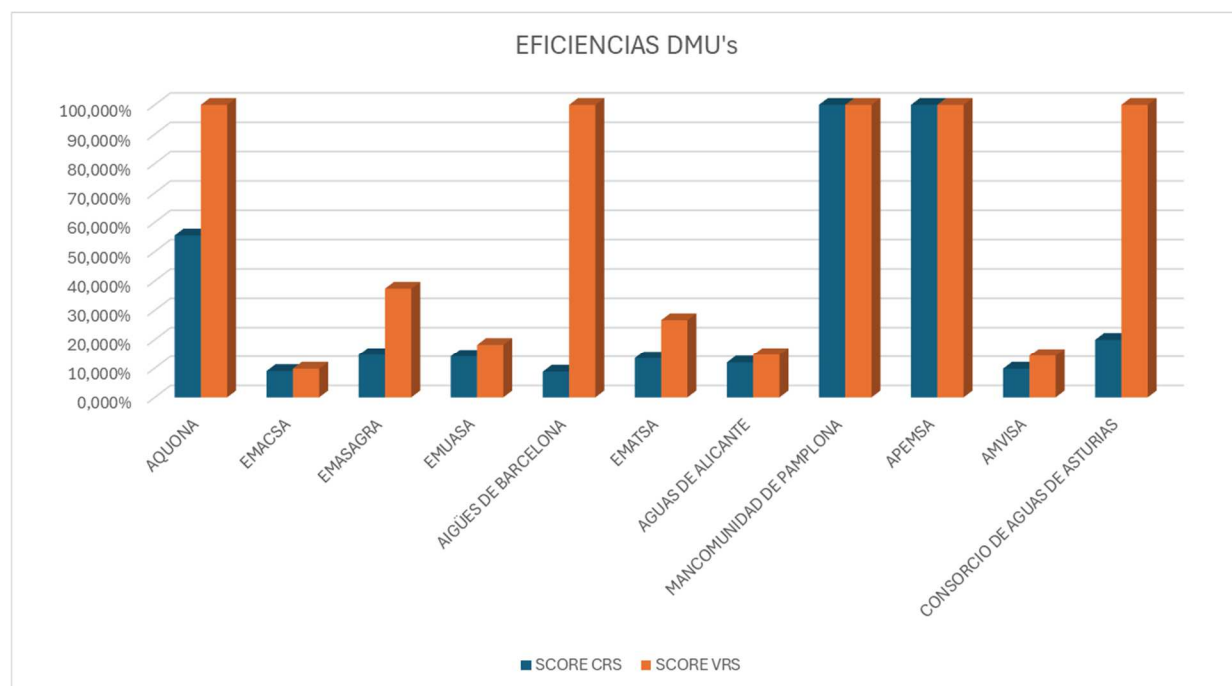


Ilustración 27. SCORES de ambas tecnologías Modelo 3 2019

La ilustración 27 representa los SCORES de cada una de las empresas para ambas tecnologías. Se observa gráficamente el crecimiento comentado al inicio del apartado de las entidades Aigües de Barcelona, Consorcio de Aguas de Asturias y AQUONA. De las empresas no eficientes, se puede comentar que ninguna de ellas alcanza el 50%, siendo EMASAGRA la que más cerca se encuentra del mismo para VRS, con un porcentaje poco superior al 40%.

Año 2020

DMU	SCORE CRS	DMU	SCORE VRS
AQUONA	46,112%	AQUONA	100,000%
EMACSA	18,472%	EMACSA	26,362%
EMASAGRA	24,792%	EMASAGRA	28,315%
EMUASA	12,505%	EMUASA	12,990%
AIGÜES DE BARCELONA	100,000%	AIGÜES DE BARCELONA	100,000%
EMATSA	10,742%	EMATSA	39,764%
AGUAS DE ALICANTE	16,053%	AGUAS DE ALICANTE	20,883%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	19,424%	APEMSA	82,116%
AMVISA	24,305%	AMVISA	41,088%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%
	42,946%		59,229%

Tabla 23. Resultados CRS 2020 Modelo 3

Tabla 24. Resultados VRS 2020 Modelo 3

En el análisis de este año, de nuevo cabe destacar el caso de AQUONA, cuyo SCORE se multiplica por el doble aproximadamente, teniendo un 46,11% y convirtiéndose en eficiente con una mejora de 53,89 puntos, siendo mayor que la del año anterior. Con respecto a Aigües de Barcelona y Consorcio de Aguas de Asturias, este año ambas son eficientes para las dos tecnologías. En cuanto al número de empresas eficientes, aumenta a 3 para la tecnología CRS, y desciende a cuatro para VRS, con respecto al año anterior. Las empresas eficientes son las mismas que en el año anterior, a excepción de APEMSA, que deja de serlo para ambas tecnologías.

Para el año 2020 también se ha calculado el promedio de los SCORES con el fin de realizar una comparación general. En este caso el aumento es menor que el experimentado en 2019, pasando de un 42,95% para CRS, a un 59,23% para VRS. Las conclusiones extraídas de estos datos son que, para retornos de escala constante, el número de empresas eficientes supone un 27,27% (3 de las 11 empresas), las que están por encima del promedio conforman el 36,36% (4 de las 11 empresas), siendo el resto ineficientes. Para el caso de retornos de escala variable, el 45,45% de ellas supera el promedio, y de estas 5 empresas, 4 son las eficientes, representando el 36,36% y suponiendo, como se ha comentado ya, un descenso con respecto al año anterior.

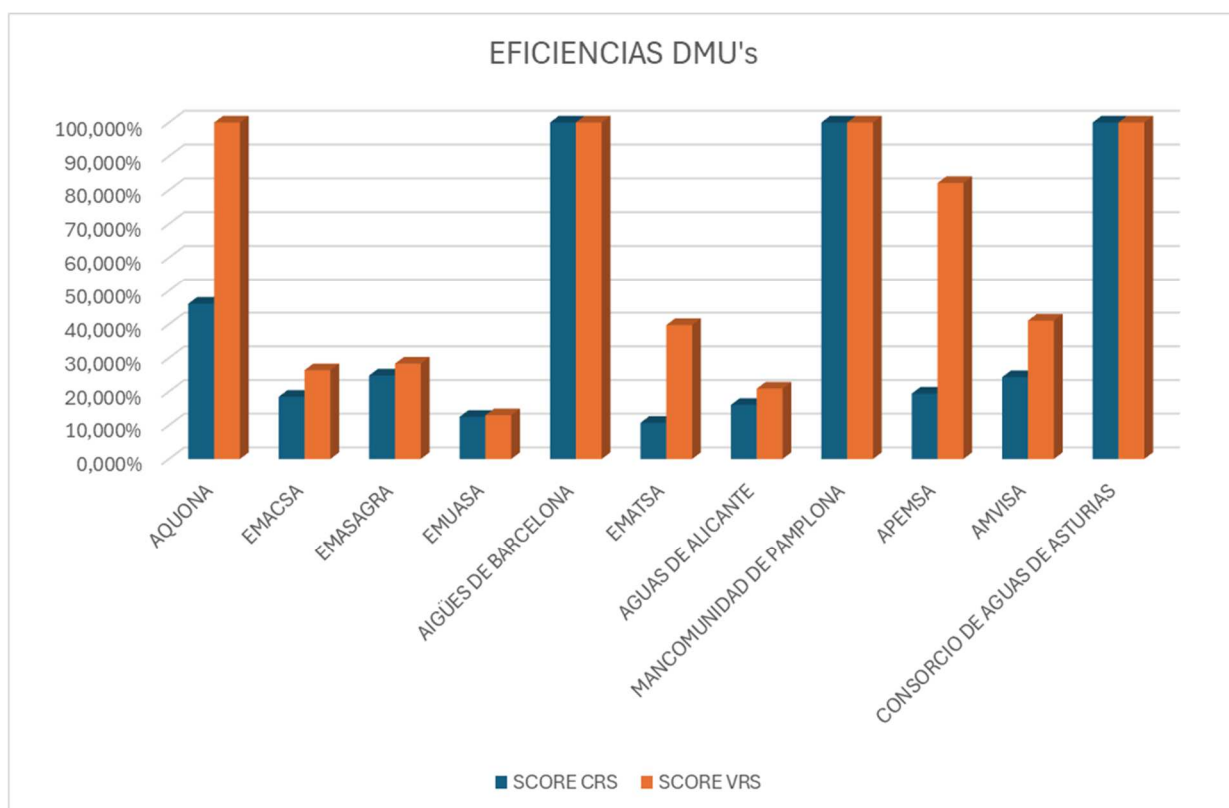


Ilustración 28. SCORES de ambas tecnologías Modelo 3 2020

Aludiendo a la ilustración 28, que representa los SCORES de cada una de las empresas para ambas tecnologías, se observa gráficamente el crecimiento comentado de la entidad AQUONA. Se aprecia, además, que, a diferencia de lo mencionado para el año anterior, en este caso, de entre las entidades no eficientes, si que alguna de ellas alcanza el 50% para alguna de las tecnologías, en concreto lo alcanza APEMSA para VRS. Cabe destacar también que, la mayoría de ellas ha aumentado su porcentaje para una o ambas tecnologías, de ahí que los promedios hayan aumentado también.

Año 2021

DMU	SCORE CRS
AQUONA	100,000%
EMACSA	32,432%
EMASAGRA	60,446%
EMUASA	34,044%
AIGÜES DE BARCELONA	16,222%
EMATSA	24,713%
AGUAS DE ALICANTE	30,731%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	39,008%
AMVISA	49,804%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%
	53,400%

Tabla 25. Resultados CRS 2021 Modelo 3

DMU	SCORE VRS
AQUONA	100,000%
EMACSA	48,536%
EMASAGRA	65,313%
EMUASA	36,737%
AIGÜES DE BARCELONA	100,000%
EMATSA	59,694%
AGUAS DE ALICANTE	33,834%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	100,000%
AMVISA	73,543%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%
	74,332%

Tabla 26. Resultados VRS 2021 Modelo 3

Para finalizar el análisis del modelo 3, se lleva a cabo un estudio del año 2021, donde de nuevo se pueden apreciar aumentos significativos de una tecnología a la otra. Cabe destacar los casos de Aigües de Barcelona, que, como le ocurrió el primer año de estudio, ha experimentado un aumento notable, cuyo SCORE se multiplica por 6 aproximadamente, teniendo un 16,22% y convirtiéndose en eficiente con una mejora de 83,78 puntos; y APEMSA, que tras para eficiente en ambas tecnologías en 2019, y dejar de serlo para las dos también en 2020, este año registra un incremento considerable, pasando de un SCORE del 39,01% a alcanzar la eficiencia.

De nuevo para este año, se ha calculado el promedio de los SCORES con el fin de realizar una comparación general. En este caso el aumento es mayor que el de 2019, pero un poco menor que el de 2020, pasando de un 53,40% para CRS, a un 74,33% para VRS, siendo ambos porcentajes los mayores obtenidos en los tres años analizados. Las conclusiones extraídas de estos datos son que, para retornos de escala constante, el número de empresas eficientes supone un 27,27% (3 de las 11 empresas), las que están por encima del promedio conforman el 36,36% (4 de las 11 empresas), siendo el resto ineficientes. Para el caso de retornos de escala variable, el 45,45% de ellas supera el promedio, y son esas mismas empresas las que son eficientes. Como se ha comentado, los promedios de ambas tecnologías han superado a los de los dos años anteriores, debiéndose esto al aumento de empresas eficientes, que hacen subir el mismo, pero, además, al incremento individual que han experimentado muchas de ellas, que ha contribuido a que esto ocurra.

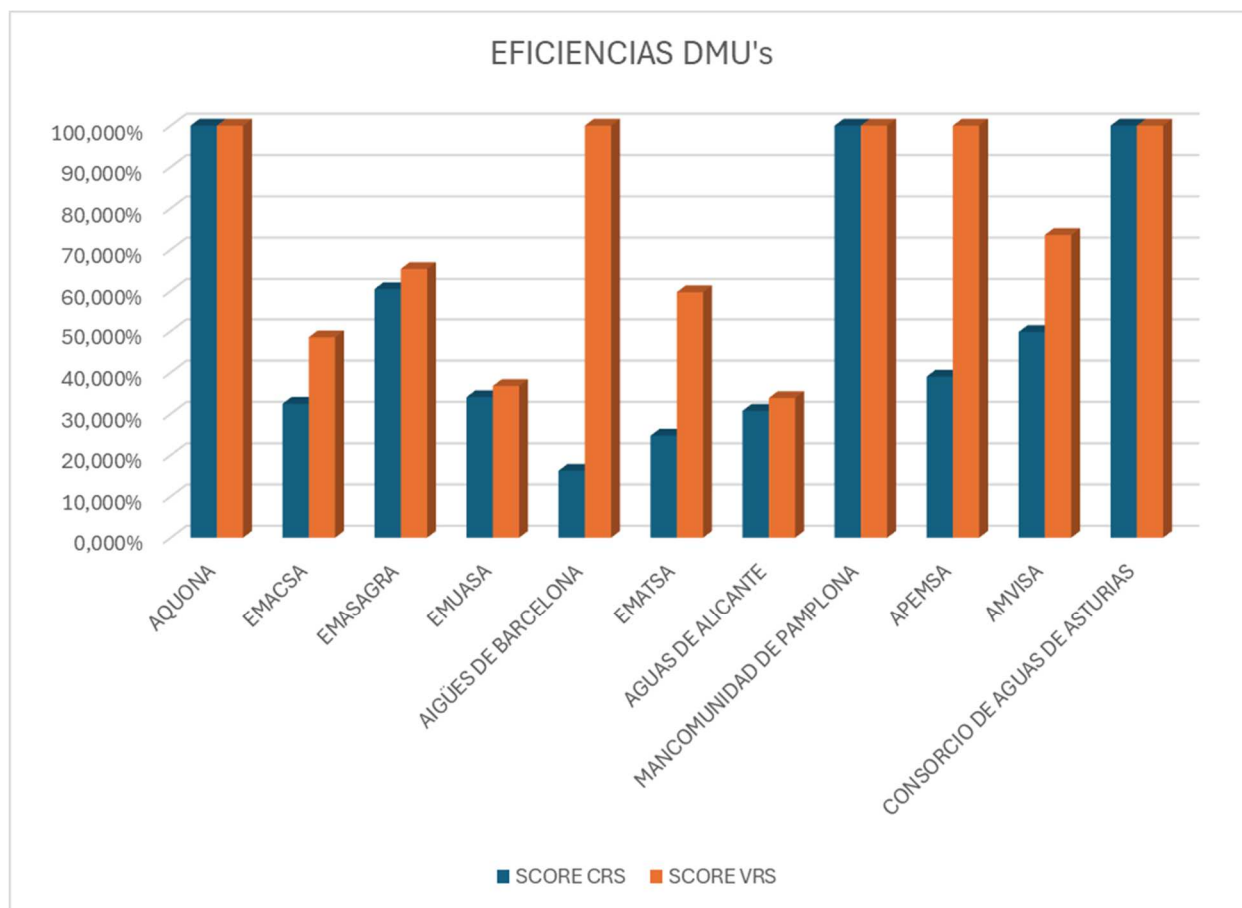


Ilustración 29. SCORES de ambas tecnologías Modelo 3 2021

En consonancia con la ilustración 29, se observan gráficamente el crecimiento de Aigües de Barcelona, como se ha comentado ya en dos ocasiones, y, el caso de APEMSA, que recupera la eficiencia para VRS en este año. Algo llamativo en este caso es que, la mayoría de empresas no eficientes alcanza el 50% para una o ambas tecnologías, y en varios casos incluso se supera. Para los pocos casos en los

que no se consigue, no obstante, el porcentaje no queda lejos del mismo.

Para concluir el modelo 3, se adjunta la siguiente figura, ver ilustración 30, que contiene los scores de las dos tecnologías los tres años partícipes del estudio, para cada una de las entidades que lo forman. A comentar se prestan los casos de AQUONA y Aigües de Barcelona, de las que ya se hizo referencia en los apartados anteriores por el aumento que han experimentado en dos de los tres años analizados, puesto que en solo uno de ellos han alcanzado la eficiencia para ambas tecnologías; el caso de APEMSA, que ha cubierto todas las casuísticas, siendo eficiente para ambas tecnologías, para ninguna, o sólo para una de ellas; Consorcio de Aguas de Asturias, que tras experimentar un aumento significativo el primer año al pasar de una tecnología a otra, ha conseguido mantenerse eficiente para ambas los dos años restantes; y por último, comentar la estabilidad que ha mantenido Mancomunidad de Pamplona, siendo eficiente los tres años para ambas tecnologías, por lo que es la entidad con mayor eficiencia en cuanto a gestión de recursos económicos se refiere, y, por el contrario EMUASA y Aguas de Alicante, que han sido ineficientes los tres años consecutivos con porcentajes muy similares, por lo que son las entidades con peor gestión de sus recursos económicos.

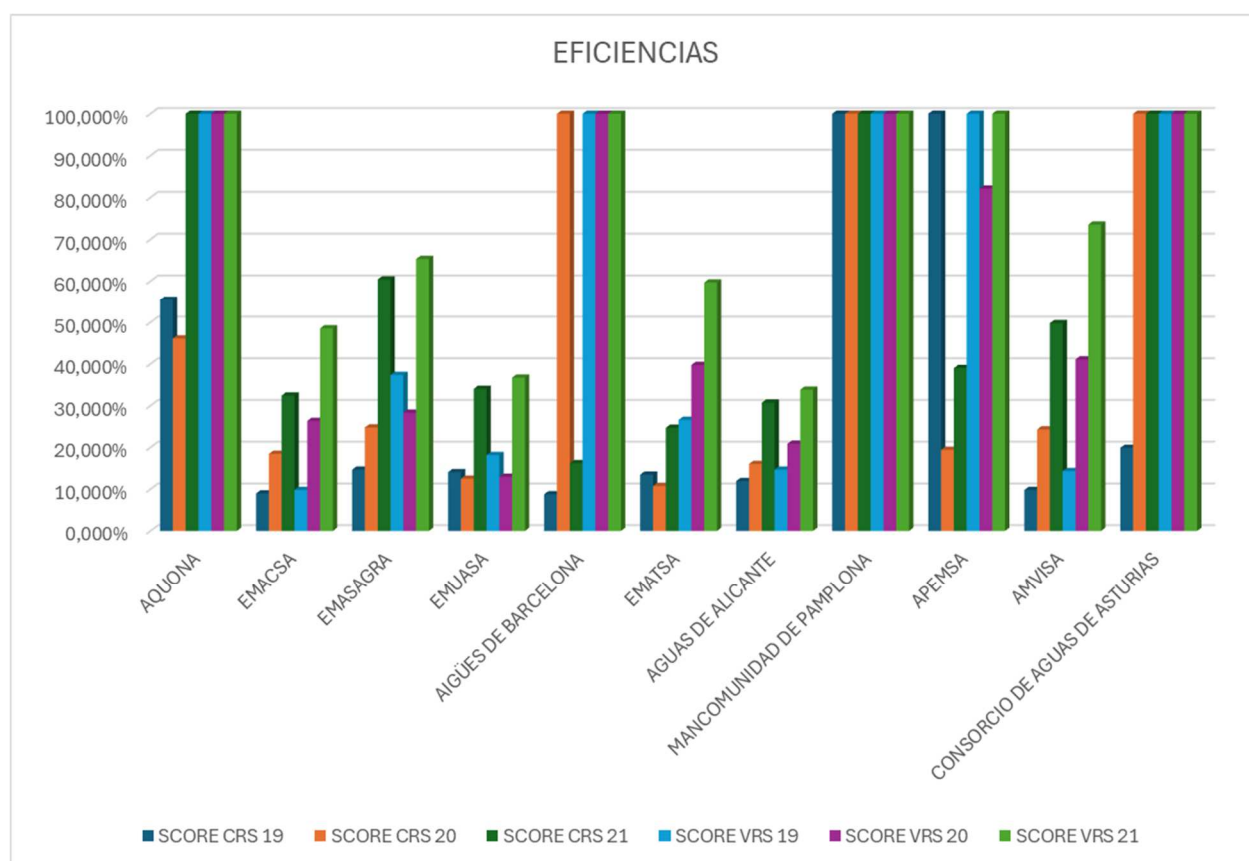


Ilustración 30. SCORES de ambas tecnologías para los tres años y las 11 empresas

En cuanto a los benchmarks del tercer modelo, las empresas eficientes y por tanto referentes para el resto han sido las representadas en el siguiente gráfico, ver ilustración 31, que muestra el número de veces que las entidades eficientes son referencia para las entidades no eficientes de forma acumulada para las tres anualidades y en las dos tecnologías utilizadas.

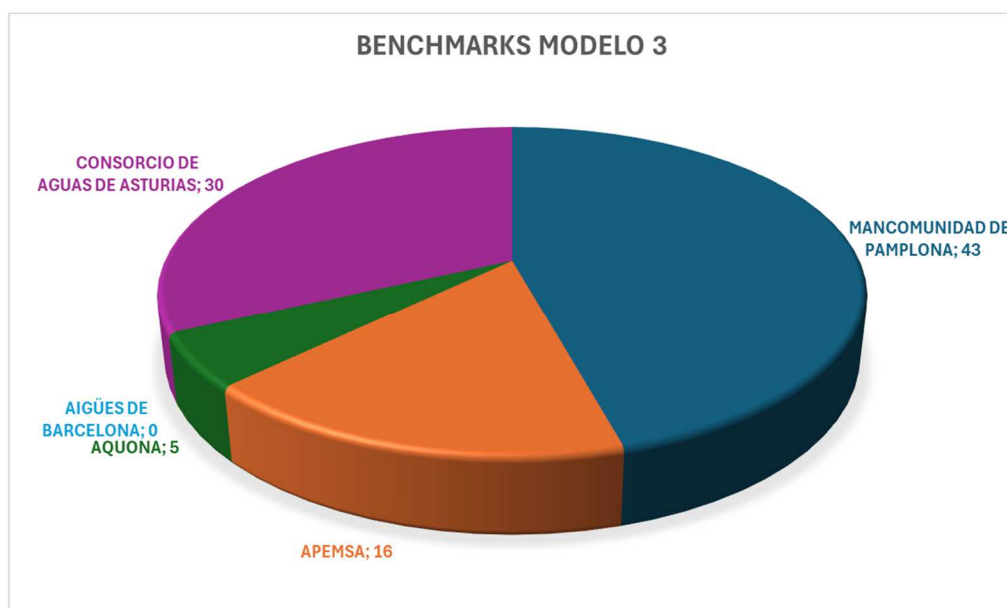


Ilustración 31. Benchmarks Modelo 3

En este modelo destaca la empresa Mancomunidad de Pamplona, que se ha mantenido eficiente durante los tres años para ambas tecnologías, y ha sido, por tanto, la más influyente para el resto. Aigües de Barcelona, sin embargo, aun habiendo sido eficiente un año para CRS, y los tres años consecutivos para VRS, no ha servido de referencia para ninguna de las demás entidades, y, como se ha comentado ya en otra ocasión, esto se debe a que ha coincidido con otras empresas también eficientes que se han asemejado más a las ineficientes.

4.4 Modelo 4. Costo permanente

Se muestran a continuación los resultados del modelo 4, que, como se expuso anteriormente, evalúa los gastos operativos que tiene la empresa para su funcionamiento. Las eficiencias contenidas en las tablas que se adjuntan en este apartado han sido escaladas, puesto que, al tratarse de modelos orientados a la entrada resueltos con supereficiencia, el software las devuelve mayores que el 100% para las empresas eficientes, por lo que estas DMU's han sido tratadas y el porcentaje que presentan en los siguientes apartados es del 100%.

Año 2019

DMU	SCORE CRS
AQUONA	8,781%
EMACSA	6,050%
EMASAGRA	6,772%
EMUASA	4,290%
AIGÜES DE BARCELONA	100,000%
EMATSA	4,338%
AGUAS DE ALICANTE	3,542%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	5,564%
AMVISA	11,495%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	25,299%
	25,103%

Tabla 27. Resultados CRS 2019 Modelo 4

DMU	SCORE VRS
AQUONA	100,000%
EMACSA	7,792%
EMASAGRA	32,985%
EMUASA	8,822%
AIGÜES DE BARCELONA	100,000%
EMATSA	12,857%
AGUAS DE ALICANTE	7,418%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	23,205%
AMVISA	14,329%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%
	46,128%

Tabla 28. Resultados VRS 2019 Modelo 4

Tras resolver el modelo 4 para el año 2019 se han obtenido los resultados expuestos en las tablas 27 y 28. En este caso, de nuevo ocurre lo que se ha comentado numerosas veces, se puede apreciar a simple vista que todas las empresas obtienen mejores resultados para VRS, por la flexibilidad que presenta la tecnología para la creación de la frontera eficiente, como se ha comentado en varias ocasiones. Para el caso de CRS, el número de empresas eficientes es de 2, y para VRS, el número de empresas se duplica, siendo en esta ocasión 4 las DMU's eficientes.

Dos casos destacables son, comenzando por el crecimiento más significativo, AQUONA, cuyo SCORE se multiplica por algo menos de 12, teniendo un 8,78% y convirtiéndose en eficiente con una mejora de 91,22 puntos y Consorcio de Aguas de Asturias, cuyo SCORE se multiplica por algo menos de 4, puesto que, partiendo de un 25,30%, alcanza la eficiencia aumentando 74,7 puntos sobre su valor en escala constante.

Para realizar una comparación general, se ha calculado el promedio de los SCORES para cada una de las tecnologías, pasando de un 25,10% en CRS, a un 46,13% para VRS. Las conclusiones extraídas de estos datos son que, para retornos de escala constante, el número de empresas eficientes supone un 18,18% (2 de las 11 empresas), las que están por encima del promedio conforman el 27,27% (3 de las 11 empresas), siendo el resto ineficientes. Para el caso de retornos de escala variable, el 36,36% de ellas supera el promedio, siendo estas 4 empresas también las eficientes, y el resto de ellas, son ineficientes y además no superan el promedio.

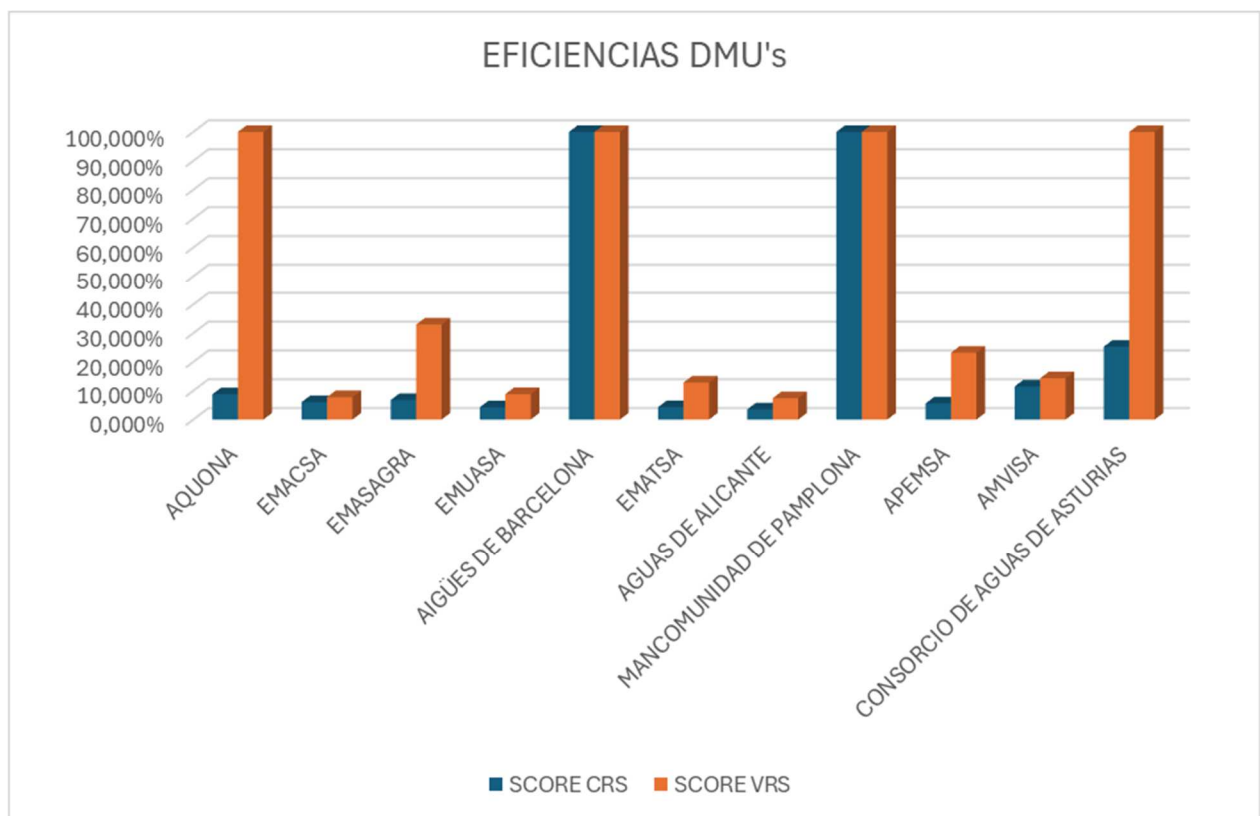


Ilustración 32. SCORES de ambas tecnologías Modelo 4 2019

Se representan en la ilustración 32 los SCORES de cada una de las empresas para ambas tecnologías. Se observa gráficamente el crecimiento comentado al inicio del apartado de las entidades AQUONA y Consorcio de Aguas de Asturias. De las empresas no eficientes, se puede comentar que ninguna de ellas alcanza el 50%, siendo EMASAGRA la que más cerca se encuentra del mismo para VRS, con un porcentaje poco superior al 30%, quedando el resto muy por debajo de este.

Año 2020

DMU	SCORE CRS
AQUONA	9,420%
EMACSA	5,611%
EMASAGRA	6,210%
EMUASA	4,079%
AIGÜES DE BARCELONA	100,000%
EMATSA	3,398%
AGUAS DE ALICANTE	4,044%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	5,150%
AMVISA	10,582%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	18,730%
	24,293%

Tabla 29. Resultados CRS 2020 Modelo 4

DMU	SCORE VRS
AQUONA	100,000%
EMACSA	7,009%
EMASAGRA	26,893%
EMUASA	11,043%
AIGÜES DE BARCELONA	100,000%
EMATSA	10,190%
AGUAS DE ALICANTE	20,125%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	21,148%
AMVISA	12,710%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%
	46,284%

Tabla 30. Resultados VRS 2020 Modelo 4

En el análisis de este año, de nuevo cabe destacar el caso de AQUONA, cuyo SCORE se multiplica por 11 aproximadamente, teniendo un 9,42% y convirtiéndose en eficiente con una mejora de 90,58 puntos y Consorcio de Aguas de Asturias, cuyo SCORE se multiplica por algo más de 5, puesto que, partiendo de un 18,73%, alcanza la eficiencia aumentando 81,27 puntos sobre su valor en escala constante. En cuanto al número de empresas eficientes, se mantiene en dos para la tecnología CRS y en cuatro para VRS, con respecto al año anterior. Las empresas eficientes ahora son las mismas que en el año anterior.

Para el año 2020 también se ha calculado el promedio de los SCORES con el fin de realizar una comparación general. Se aprecia en este caso que estos son muy parecidos a los obtenidos para el año 2019, con diferencias muy leves. Esto se debe a que los porcentajes de cada una de las unidades participantes en el estudio se han mantenido prácticamente igual, salvo algún aumento insignificante.

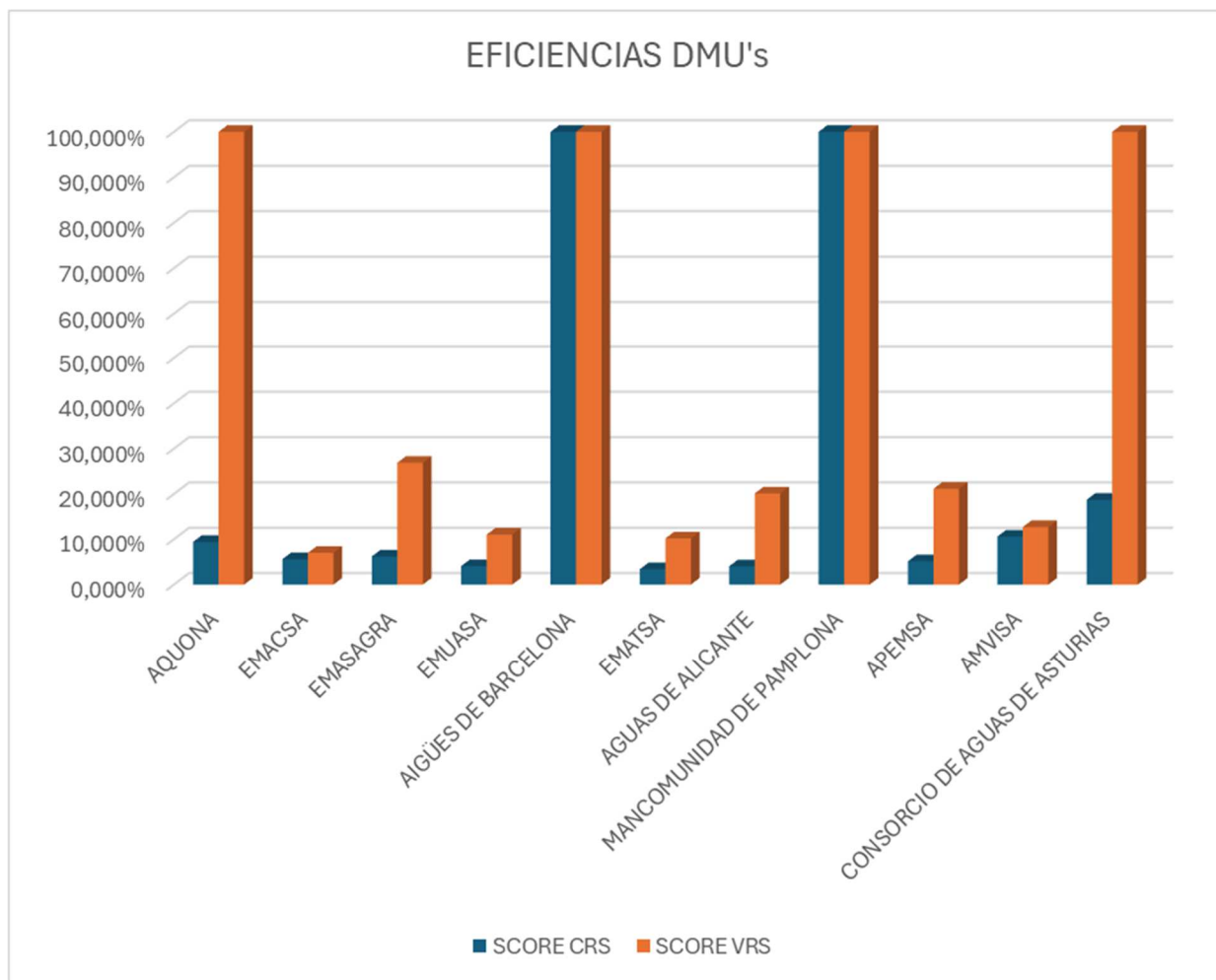


Ilustración 33. SCORES de ambas tecnologías Modelo 4 2020

Con respecto a la ilustración 33, que representa los SCORES de cada una de las empresas para ambas tecnologías, destacan de nuevo AQUONA y Consorcio de Aguas de Asturias, como. Como se ha comentado anteriormente, este segundo año de estudio para el Modelo 4 ha arrojado unos resultados muy similares al año 2019, por lo que esta gráfica también difiere poco de la anterior. Como se comentó en 2019, las empresas no eficientes no logran alcanzar el 50% en ningún momento, quedando de hecho muy por debajo de este.

Año 2021

DMU	SCORE CRS	DMU	SCORE VRS
AQUONA	14,339%	AQUONA	100,000%
EMACSA	8,375%	EMACSA	10,940%
EMASAGRA	9,702%	EMASAGRA	30,198%
EMUASA	6,859%	EMUASA	26,503%
AIGÜES DE BARCELONA	100,000%	AIGÜES DE BARCELONA	100,000%
EMATSA	5,649%	EMATSA	16,257%
AGUAS DE ALICANTE	6,208%	AGUAS DE ALICANTE	22,142%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,000%
APEMSA	8,023%	APEMSA	33,337%
AMVISA	17,013%	AMVISA	20,567%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	32,928%	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,000%
	28,100%		50,904%

Tabla 31. Resultados CRS 2021 Modelo 4

Tabla 32. Resultados VRS 2021 Modelo 4

En el último año analizado para el modelo 4, de nuevo se pueden apreciar aumentos significativos de una tecnología a la otra. Caben destacar los casos de AQUONA, que por tercer año consecutivo experimenta un aumento notable, cuyo SCORE se multiplica por algo menos de 7, teniendo un 14,34% y convirtiéndose en eficiente con una mejora de 85,66 puntos, y Consorcio de Aguas de Asturias, que por tercera vez también, multiplica su SCORE por 3 aproximadamente, puesto que, partiendo de un 32,93%, alcanza una eficiencia del 100% aumentando 67,07 puntos sobre su valor en escala constante.

De nuevo para este año, 2021, se ha calculado el promedio de los SCORES con el fin de realizar una comparación general. A primera vista, lo primero a comentar es que ambos promedios han aumentado y son los mayores obtenidos en los tres años analizados. Pasando de un 28,10% para CRS, a un 50,90% para VRS, las conclusiones extraídas de estos datos son que, para retornos de escala constante, el número de empresas eficientes supone un 18,18% (2 de las 11 empresas), las que están por encima del promedio conforman el 27,27% (3 de las 11 empresas), siendo el resto ineficientes. Para el caso de retornos de escala variable, el 36,36% de ellas supera el promedio, y de estas 4 empresas, las cuatro son las eficientes. El aumento del promedio de ambas tecnologías se debe a un aumento individual de cada una de las entidades, que, desde 2019, han ido incrementándose, aunque no de manera muy significativa, hasta el año 2021.

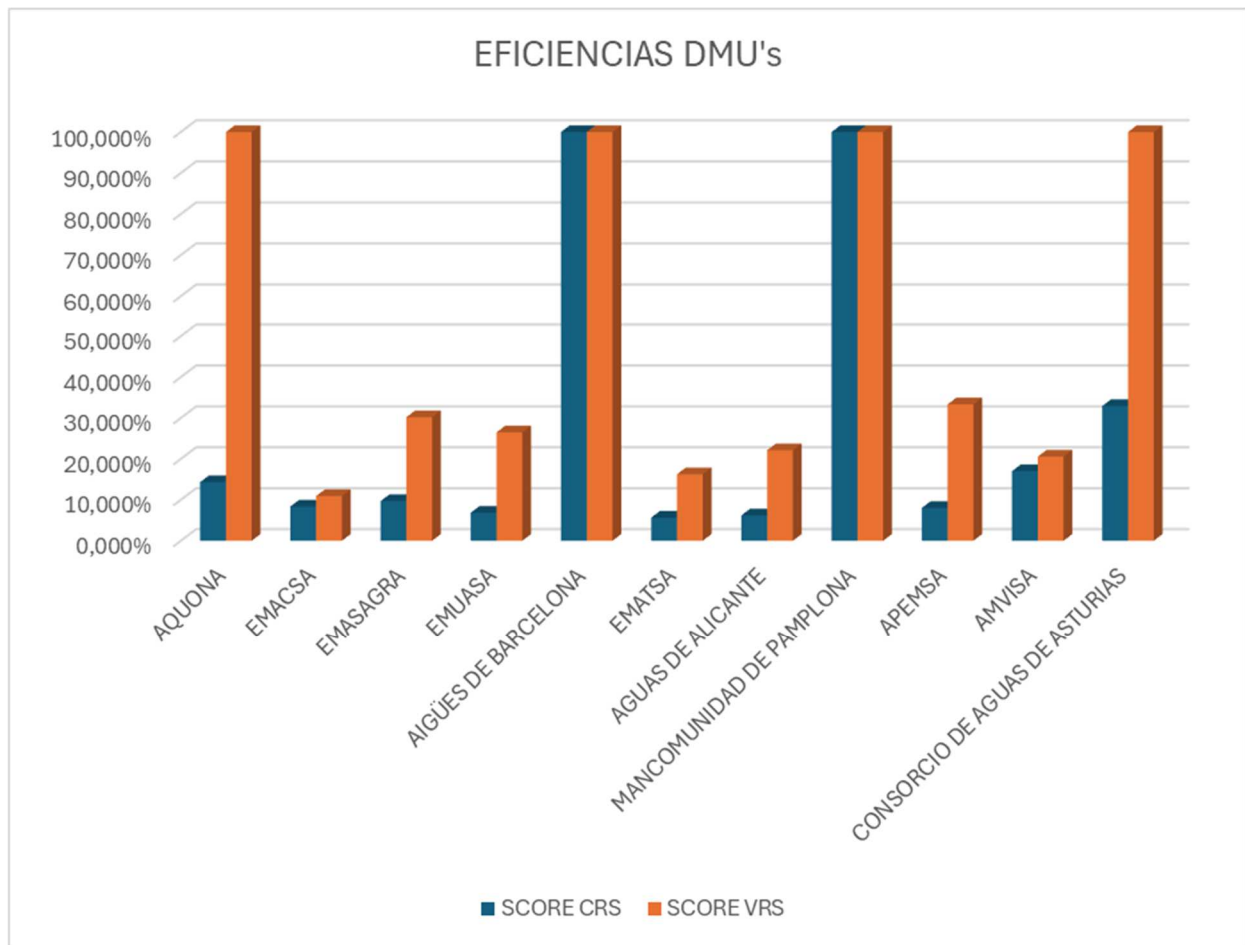


Ilustración 34. SCORES de ambas tecnologías Modelo 4 2021

Acorde a la ilustración 34, se observan gráficamente el crecimiento de AQUONA y Consorcio de Aguas de Asturias, como se ha comentado ya en dos ocasiones. En este caso, como en los dos anteriores, puesto que el modelo se mantiene bastante estable e invariante a los años, las empresas ineficientes lo son con porcentajes bajos, siendo el mayor alcanzado de un 30% aproximadamente.

A modo de cierre del modelo 4, se adjunta la siguiente figura, ver ilustración 35, que contiene los scores de las dos tecnologías los tres años partícipes del estudio, para cada una de las entidades que lo forman. A comentar se prestan los casos de AQUONA y Consorcio de Aguas de Asturias, de las que ya se hizo referencia en los apartados anteriores por el aumento que han experimentado durante los tres años analizados y el caso de Aigües de Barcelona y Mancomunidad de Pamplona, por la estabilidad que han presentado manteniéndose eficientes los tres años consecutivos para las dos tecnologías analizadas, por lo que han demostrado ser las que mejor gestionan el costo permanente que tiene la empresa para el funcionamiento del producto, negocio o sistema. En general, este modelo ha demostrado ser poco variable ante el paso de los años, siguiendo una línea ligeramente ascendente de un año a otro, por lo que los resultados han sido muy similares, como se comprueba en la gráfica de la ilustración 32.

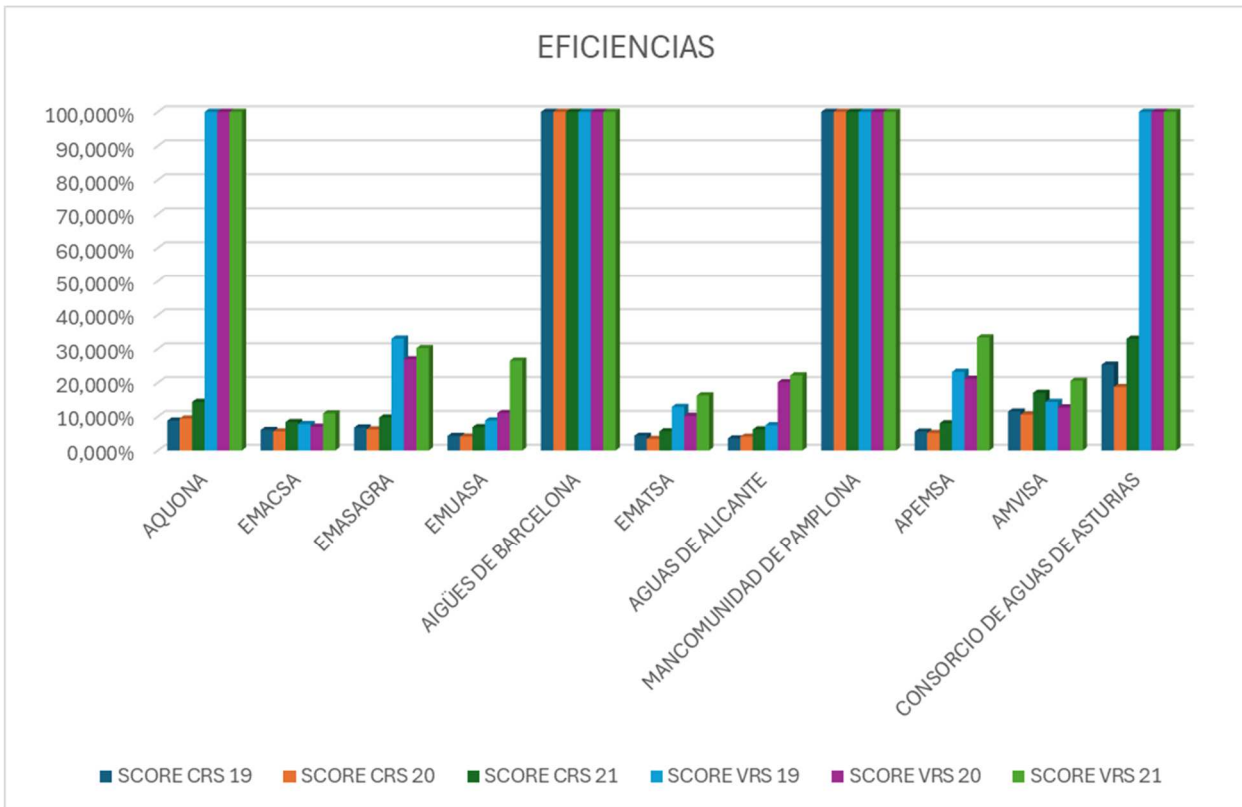


Ilustración 35. SCORES de ambas tecnologías para los tres años y las 11 empresas

Para este cuarto modelo, las empresas eficientes y por tanto referentes para el resto han sido las representadas en el siguiente gráfico, ver ilustración 36, mostrando el número de veces que las entidades eficientes son referencia para las entidades no eficientes de forma acumulada para las tres anualidades y en las dos tecnologías utilizadas.

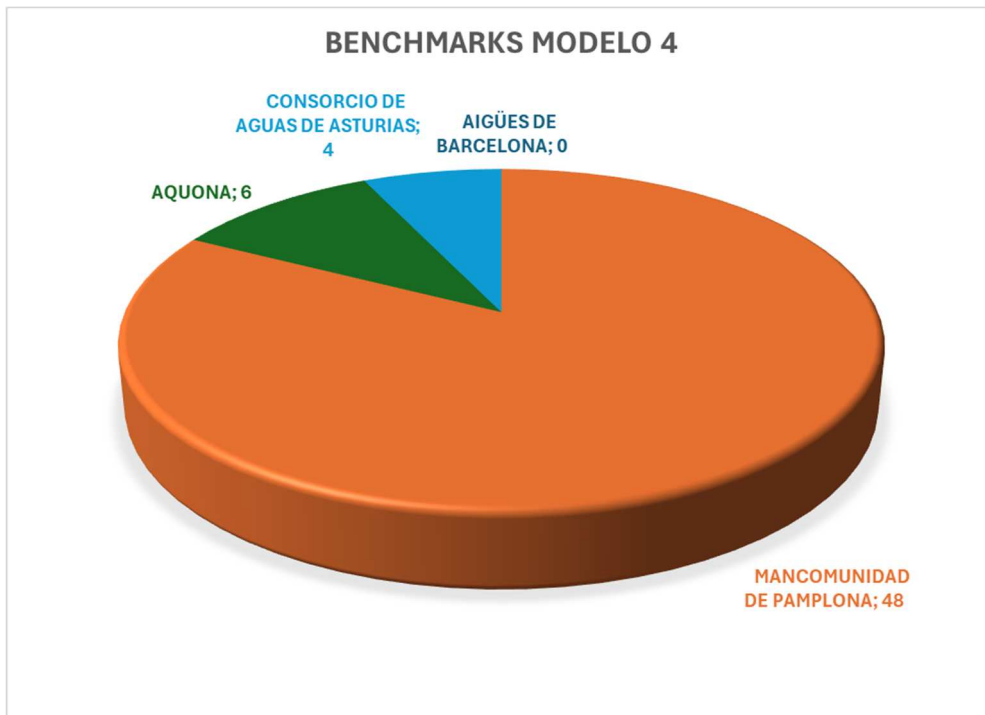


Ilustración 36. Benchmarks Modelo 4

En esta cabe destacar la posición de Mancomunidad de Pamplona, que se ha mantenido eficiente durante los tres años para ambas tecnologías, y ha sido, por tanto, la principal referente para el resto.

Aigües de Barcelona, sin embargo, aun habiendo sido eficiente los tres años consecutivos para ambas tecnologías, no ha servido de referencia para ninguna de las demás entidades, y, como se ha comentado ya en otras ocasiones, esto se debe a que ha coincidido con otras empresas también eficientes que se han asemejado más a las ineficientes.

4.5 Modelo 5. Beneficio bruto

Se muestran a continuación los resultados del modelo 5, que, como se expuso anteriormente, evalúa el beneficio bruto de la empresa. Las eficiencias contenidas en las tablas que se adjuntan en este apartado han sido escaladas, puesto que, al tratarse de modelos orientados a la salida, el software las devuelve mayores que el 100% para las empresas no eficientes, y menores que el 100% para las que si lo son, por lo que escaladas son más intuitivas.

Año 2019

DMU	SCORE CRS
AQUONA	24,852%
EMACSA	82,539%
EMASAGRA	99,569%
EMUASA	68,458%
AIGÜES DE BARCELONA	63,139%
EMATSA	70,309%
AGUAS DE ALICANTE	100,000%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	57,394%
APEMSA	100,000%
AMVISA	100,000%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	0,000%
	69,660%

Tabla 33. Resultados CRS 2019 Modelo 5

DMU	SCORE VRS
AQUONA	30,378%
EMACSA	83,308%
EMASAGRA	100,000%
EMUASA	75,920%
AIGÜES DE BARCELONA	100,000%
EMATSA	77,964%
AGUAS DE ALICANTE	100,000%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	61,132%
APEMSA	100,000%
AMVISA	100,000%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	0,000%
	75,337%

Tabla 34. Resultados VRS 2019 Modelo 5

Para finalizar el estudio realizado en este proyecto, se añade el modelo 5, en el que ha simple vista ocurre lo que se lleva comentando a lo largo de los 4 modelos anteriores, los resultados obtenidos para VRS siempre son mejores que para CRS, y esto ocurre por la flexibilidad de la tecnología en lo que a la creación de la frontera eficiente se refiere. Para el caso de CRS, el número de empresas eficientes es de 3, mientras que para VRS, se aumentan a 5 las DMU's eficientes.

En este modelo, a diferencia del resto de los modelos analizados a lo largo de este apartado, se puede comprobar que los aumentos no son tan significativos como los que se ha tenido oportunidad de presenciar en alguno otro. No obstante, cabe destacar el caso de EMASAGRA, que para CRS no ha logrado alcanzar la eficiencia por pocas décimas, alcanzándola para VRS, y el caso de Aigües de Barcelona, cuyo aumento si que ha sido más notable, pasando de un 63,13% a lograr la eficiencia, escalando 36,87 puntos.

Para realizar una comparación general, se ha calculado el promedio de los SCORES para cada una de las tecnologías, pasando de un 69,66% en CRS, a un 75,33% para VRS. Las conclusiones extraídas de estos datos son que, para retornos de escala constante, el número de empresas eficientes supone un 27,27% (3 de las 11 empresas), las que están por encima del promedio conforman el 54,54% (6 de las 11 empresas), siendo el resto ineficientes. Para el caso de retornos de escala variable, el 72,72% de ellas supera el promedio, siendo 5 de estas las eficientes, y el resto de ellas, son ineficientes y además no superan el promedio. Cabe destacar para este caso que, son los promedios más altos obtenidos para todos los modelos analizados hasta ahora.

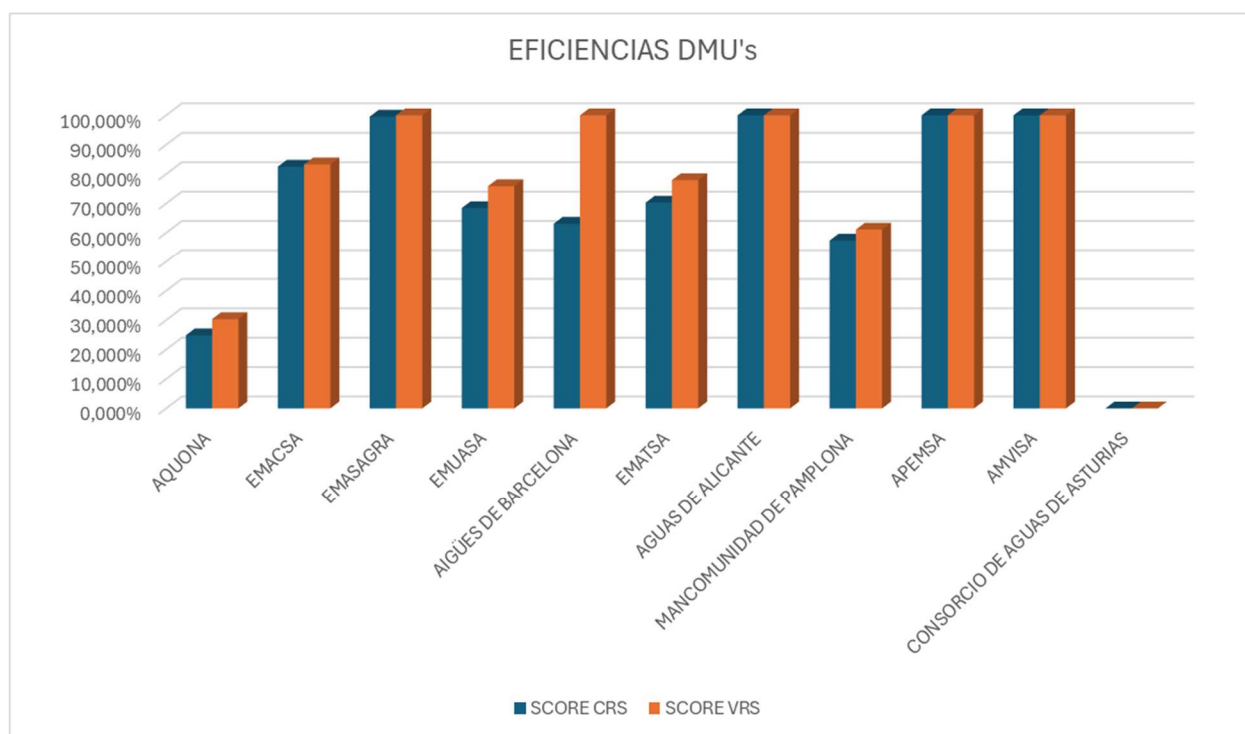


Ilustración 37. SCORES de ambas tecnologías Modelo 5 2019

Adjunta la ilustración 37, que representa los SCORES de cada una de las empresas para ambas tecnologías, se observa gráficamente el crecimiento comentado al inicio del apartado de las entidades EMASAGRA, siendo casi imperceptible a simple vista, y Aigües de Barcelona, siendo este más notable. De las empresas no eficientes, se puede comentar que la mayoría de ellas alcanza el 50%, a excepción de AQUONA, que se queda en un 30% aproximadamente, y el caso de Consorcio de Asturias, que es la que peor resultados arroja con diferencia, siendo su gráfica prácticamente despreciable con respecto al resto de entidades.

Año 2020

DMU	SCORE CRS
AQUONA	22,763%
EMACSA	80,565%
EMASAGRA	96,247%
EMUASA	68,433%
AIGÜES DE BARCELONA	44,302%
EMATSA	64,431%
AGUAS DE ALICANTE	100,000%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	33,287%
APEMSA	100,000%
AMVISA	100,000%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	0,000%
	64,548%

Tabla 35. Resultados CRS 2020 Modelo 5

DMU	SCORE VRS
AQUONA	30,112%
EMACSA	80,574%
EMASAGRA	96,256%
EMUASA	79,773%
AIGÜES DE BARCELONA	100,000%
EMATSA	75,809%
AGUAS DE ALICANTE	100,000%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	36,662%
APEMSA	100,000%
AMVISA	100,000%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	0,000%
	72,653%

Tabla 36. Resultados VRS 2020 Modelo 5

En el análisis del año 2020, de nuevo cabe destacar el caso de Aigües de Barcelona, cuyo SCORE se multiplica por 2 aproximadamente, teniendo un 44,30% y convirtiéndose en eficiente con una mejora de 55,7 puntos y quedando ahora fuera de este comentario EMASAGRA, puesto que no alcanza la eficiencia para ninguna de las dos tecnologías. En cuanto al número de empresas eficientes, se mantiene en tres para la tecnología CRS y desciende a cuatro para VRS, con respecto al año anterior.

Las empresas eficientes ahora son las mismas que en el año anterior, a excepción de EMASAGRA.

Para el año 2020 también se ha calculado el promedio de los SCORES con el fin de realizar una comparación general. Se aprecia en este caso que estos son muy parecidos a los obtenidos para el año 2019, con diferencias muy leves. Esto se debe a que los porcentajes de cada una de las unidades participantes en el estudio se han mantenido prácticamente igual, salvo algún aumento o disminución insignificante en alguna de las entidades.

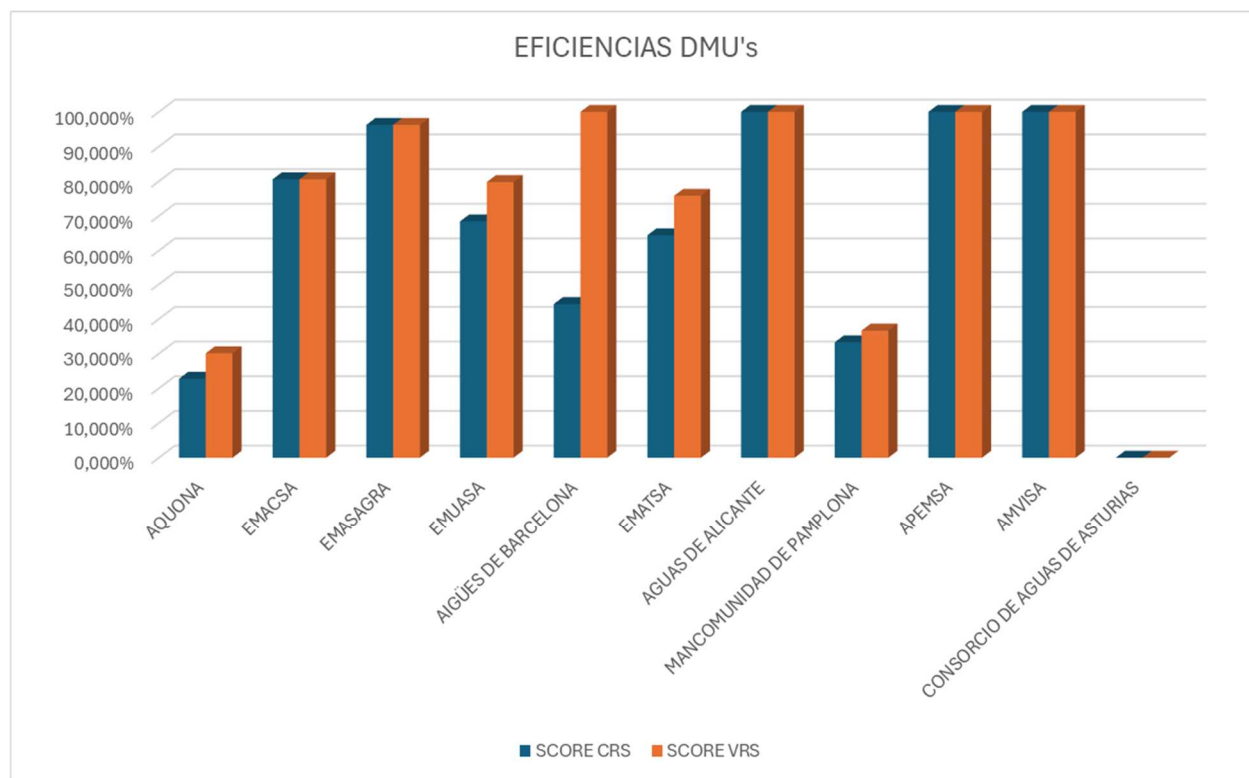


Ilustración 38. SCORES de ambas tecnologías Modelo 5 2020

En referencia a la figura anterior, la ilustración 38, que representa los SCORES de cada una de las empresas para ambas tecnologías, se observa gráficamente el crecimiento comentado al inicio del apartado de Aigües de Barcelona, como ocurría para el año anterior. De las empresas no eficientes, se puede comentar que la mayoría de ellas alcanza el 50%, a excepción de AQUONA, que se queda en un 30% aproximadamente, al igual que Mancomunidad de Pamplona y el resultado para la tecnología CRS de Aigües de Barcelona. Con respecto al caso de Consorcio de Asturias, ocurre lo mismo que para 2019, arrojando unos resultados totalmente distintos y enormemente menores que los obtenidos por el resto de entidades.

Año 2021

DMU	SCORE CRS
AQUONA	24,781%
EMACSA	69,981%
EMASAGRA	92,741%
EMUASA	72,071%
AIGÜES DE BARCELONA	44,664%
EMATSA	74,572%
AGUAS DE ALICANTE	100,000%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	68,939%
APEMSA	100,000%
AMVISA	100,000%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	0,000%
	67,977%

Tabla 37. Resultados CRS 2021 Modelo 5

DMU	SCORE VRS
AQUONA	32,840%
EMACSA	70,199%
EMASAGRA	93,074%
EMUASA	84,054%
AIGÜES DE BARCELONA	100,000%
EMATSA	87,660%
AGUAS DE ALICANTE	100,000%
MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	75,891%
APEMSA	100,000%
AMVISA	100,000%
CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	0,000%
	76,702%

Tabla 38. Resultados VRS 2021 Modelo 5

Para el último análisis realizado tanto para el modelo 5 como para el proyecto, de nuevo se puede apreciar un aumento significativo de una tecnología a la otra por tercer año consecutivo para el caso de Aigües de Barcelona, cuyo SCORE se multiplica por algo más de 2, teniendo un 44,66% y convirtiéndose en eficiente con una mejora de 55,34 puntos. En esta ocasión, EMASAGRA se queda fuera de la eficiencia de nuevo, aunque se queda muy cerca de la frontera eficiente. En cuanto al número de empresas eficientes, se mantiene en tres para la tecnología CRS y en cuatro para VRS, con respecto al año anterior. Las empresas eficientes ahora son las mismas que en los dos años anteriores, a excepción de EMASAGRA.

De nuevo para este año, 2021, se ha calculado el promedio de los SCORES con el fin de realizar una comparación general. Lo primero a comentar es que ambos promedios han aumentado y son los mayores obtenidos en los tres años analizados. Pasando de un 67,97% para CRS, a un 76,70% para VRS, las conclusiones extraídas de estos datos son que, para retornos de escala constante, el número de empresas eficientes supone un 27,27% (3 de las 11 empresas), las que están por encima del promedio conforman el 72,72% (8 de las 11 empresas), siendo el resto ineficientes. Para el caso de retornos de escala variable, el 63,63% de ellas supera el promedio, y de estas 7 empresas, cuatro de ellas son las eficientes. El aumento del promedio de ambas tecnologías se debe a un aumento individual de cada una de las entidades, consiguiendo, como se ha comentado anteriormente, alcanzar el mayor promedio con respecto a los dos años anteriores para ambas tecnologías.

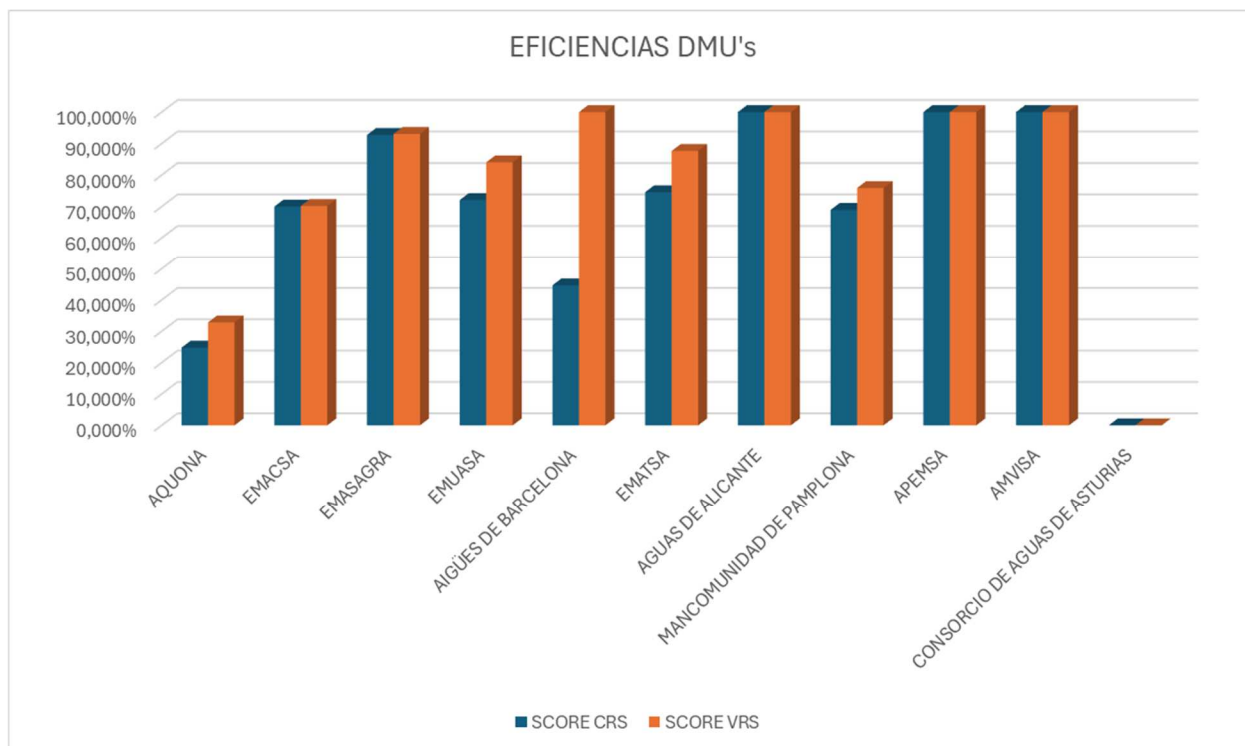


Ilustración 39. SCORES de ambas tecnologías Modelo 5 2021

Apuntando a la gráfica adjunta justo encima, la ilustración 39, que representa los SCORES de cada una de las empresas para ambas tecnologías, se observa gráficamente el crecimiento comentado al inicio del apartado de Aigües de Barcelona, produciéndose este por tercer año consecutivo. De las empresas no eficientes, se puede comentar que la mayoría de ellas alcanza el 50%, a excepción de AQUONA, que se queda en un 30% aproximadamente, al igual que se quedó en los dos años anteriores y el resultado para la tecnología CRS de Aigües de Barcelona, que supera el 40% pero sin alcanzar el 50%, también por tercera vez. Con respecto al caso de Consorcio de Asturias, por tercera vez consecutiva demuestra ser ineficiente y además con resultados muy distintos a las empresas que comparten el estudio con ella.

Finalizando el modelo 5, y con él el estudio realizado a lo largo de tres años para cinco modelos distintos, se adjunta la siguiente figura, ver ilustración 40, que contiene los scores de las dos tecnologías los tres años partícipes del estudio, para cada una de las entidades que lo forman. A comentar se prestan los casos de EMASAGRA, que, como se ha ido comentando a lo largo del estudio, consiguió alcanzar la eficiencia el primer año, pero, sin embargo, los dos últimos, aun quedándose muy cerca, no ha logrado conseguirla; el caso de Aigües de Barcelona, que ha experimentado durante tres años consecutivos aumentos notables, consiguiendo siempre la eficiencia para la tecnología VRS, y, por último, las entidades de Aguas de Alicante, APEMSA y AMVISA, por la estabilidad que han presentado manteniéndose eficientes los tres años consecutivos para las dos tecnologías analizadas, por lo que han demostrado ser las que tienen mejor rentabilidad operativa y capacidad de generación de ingresos. En cuanto a la entidad Consorcio de Aguas de Asturias, como se ha comentado en los distintos apartados, ha demostrado ser ineficiente, con SCORES muy bajos para ambas tecnologías los tres años y difiriendo estos muchísimo de los de las demás empresas, por lo que se llega a la conclusión de que esta empresa quizá no debería haber formado parte de este modelo, ya que se ha comprobado que no es de la misma índole que las demás.

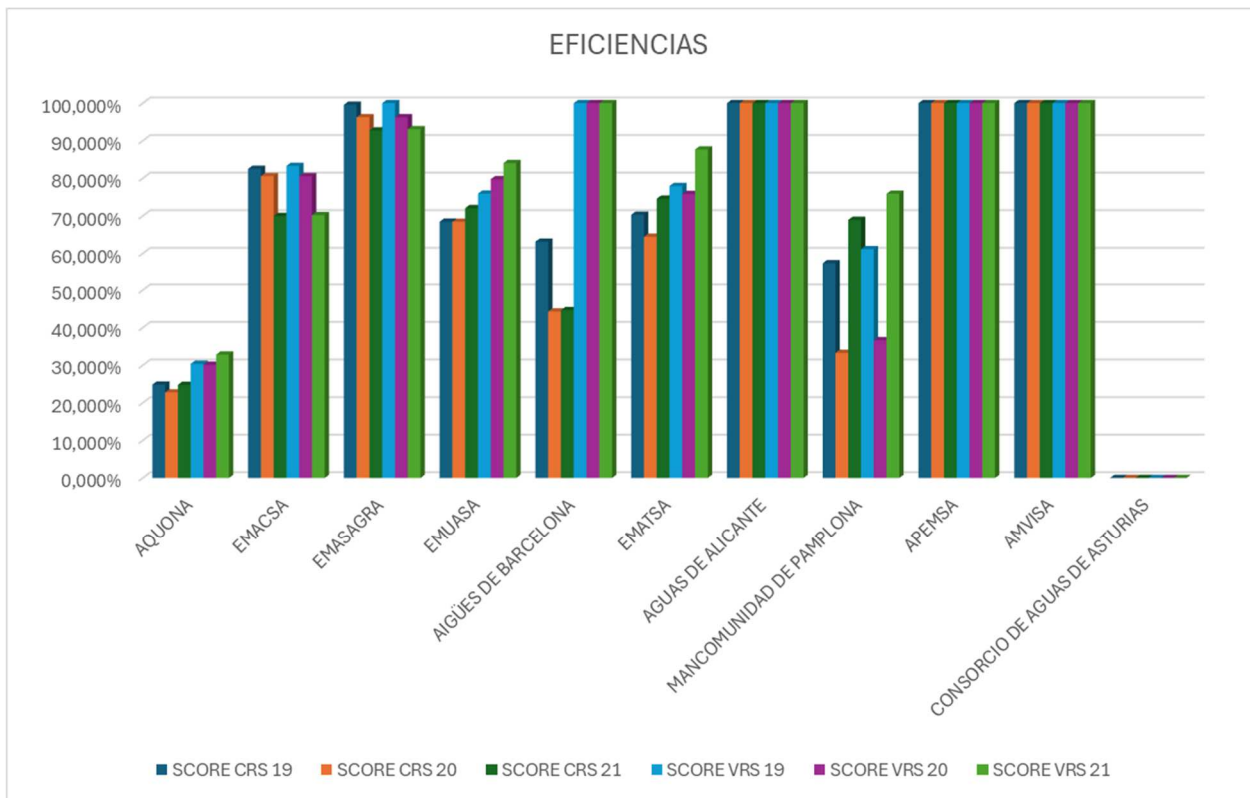


Ilustración 40. SCORES de ambas tecnologías para los tres años y las 11 empresas

Con respecto al quinto y último modelo, las empresas eficientes y por tanto referentes para el resto han sido las representadas en el siguiente gráfico, ver ilustración 41, el cual muestra el número de veces que las entidades eficientes son referencia para las entidades no eficientes de forma acumulada para las tres anualidades y en las dos tecnologías utilizadas.

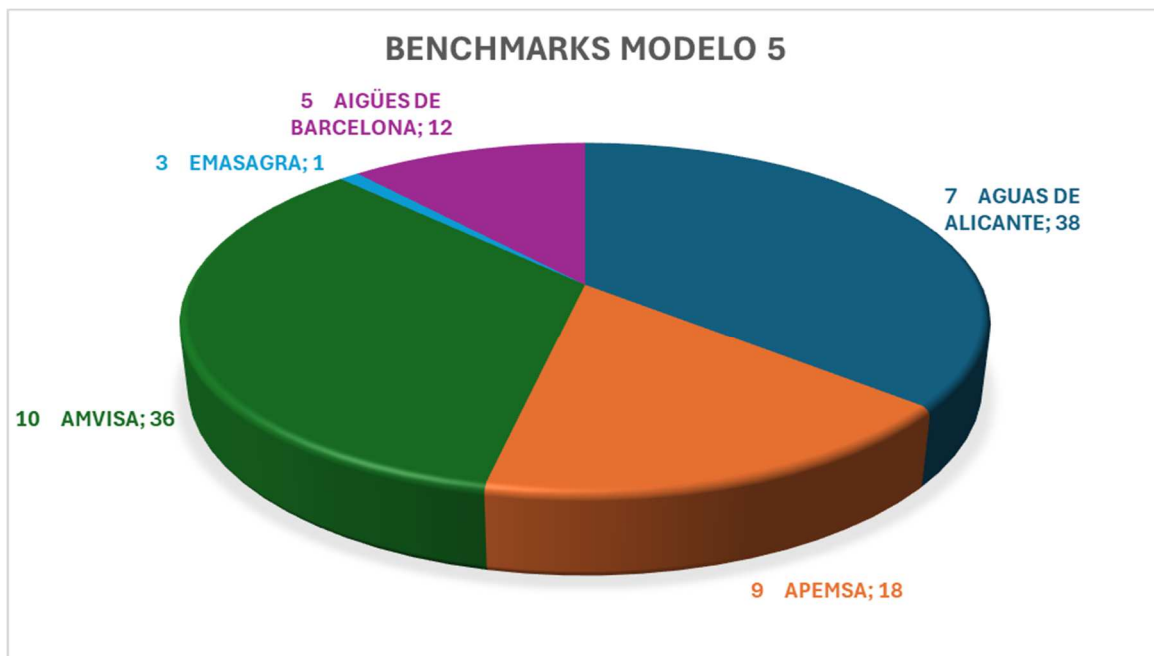


Ilustración 41. Benchmarks Modelo 5

Para este último caso, las cuñas del queso parecen estar bastante igualadas dos a dos a simple vista, sin embargo, es Aguas de Alicante la empresa que más veces ha servido de referencia para el resto. Esta entidad ha sido eficiente a lo largo de todo el estudio. Por el contrario, EMASAGRA, la única vez que ha conseguido la eficiencia, tan solo ha servido de guía a una de las empresas no eficientes en ese caso.

4.6 Comparación de la eficiencia para las empresas participantes en todos los modelos

Este último apartado se ha reservado para llevar a cabo una comparación de la eficiencia, a lo largo de los cinco modelos, de las empresas que tienen en común todos ellos. Las eficiencias que se van a tomar como referencia van a ser las obtenidas con la tecnología de retornos de escala constante, VRS, puesto que, como se ha comprobado, para esta, la eficiencia obtenida es mayor que con CRS para todas las entidades. El porcentaje a comparar de cada una de las empresas para cada modelo va a ser el promedio de los porcentajes que se han obtenido en los tres años para la misma. Así, finalmente se obtendrá un porcentaje para cada entidad en cada uno de los modelos, lo que va a permitir llevar a cabo un análisis comparativo de cada una de las empresas con respecto al resto de ellas dentro del mismo modelo, y con respecto a si misma para otros modelos. Este estudio va a estar liderado por siete de las diecisiete empresas que han formado parte de este trabajo, puesto que son las que han aparecido en los cinco modelos, a diferencia del resto, que han aparecido solo en algunos.

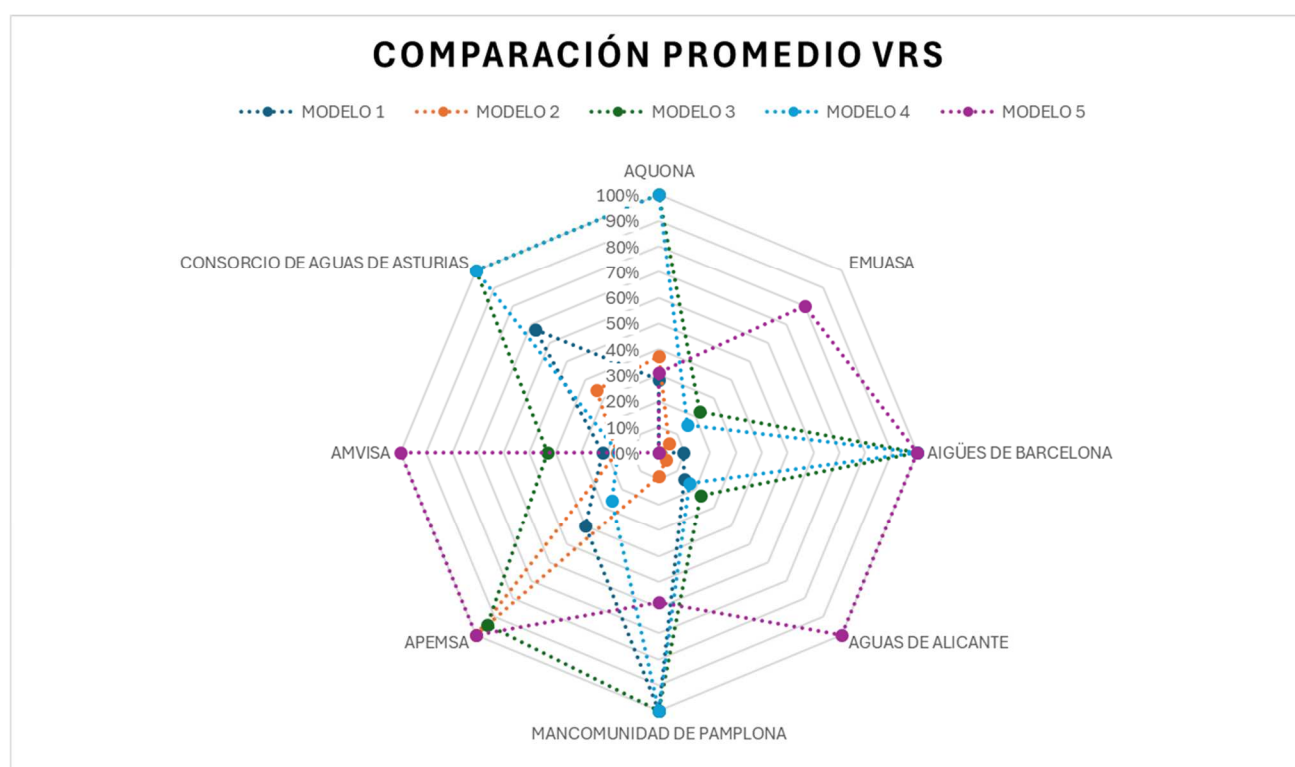


Ilustración 42. Comparación promedio VRS

Quedan representados por tanto en la ilustración 42 los porcentajes promedios mencionados con anterioridad para cada una de las empresas en los 5 modelos. Con estos resultados obtenidos, la primera conclusión que se puede extraer es que ninguna de las entidades ha logrado mantener la eficiencia a lo largo de los cinco modelos, siendo las que más cerca se han quedado de alcanzarlo Aigües de Barcelona y Mancomunidad de Pamplona, obteniéndola para tres de los cinco modelos. En el lado opuesto se encuentra EMUASA, entidad que no ha sido eficiente en ningún momento a lo largo del estudio, siendo su porcentaje superior de un 80%.

En cuanto a los modelos, es el cinco el que más empresas eficientes acumula, con un total de 4. Los modelos uno y dos, de manera contraria, son los que menos entidades eficientes abarcan, siendo solo 1 en cada caso. Esto nos lleva a la conclusión de que las empresas, sean de carácter público, privado o mixto, tienen todas un mismo objetivo, y no es más que obtener beneficios económicos, reflejándose esto claramente en el modelo cinco, en el que la mayoría de las entidades obtienen porcentajes de

eficiencia muy altos. Ocurre lo contrario con el modelo uno y dos, que muestran unos niveles de eficiencia muy bajos en general. En cuanto al 1, la conclusión obtenida es que la capacidad económica de las empresas para hacer frente a cualquier tipo de gasto tan solo destaca en una de las entidades, por lo que se entiende que la mayoría de ellas no sería capaz de afrontar un gasto significativo a corto plazo. En cuanto al modelo 2, este arroja resultados que quedan muy por debajo de lo esperado, puesto que tan solo una de las empresas es eficiente en cuanto al volumen de agua no registrada que se contabiliza anualmente, estando el resto muy por debajo, lo que significa que estas deben recorrer todavía un largo camino hasta conseguir esa eficiencia sostenible, y minimizar todo lo posible esas pérdidas, sean por el motivo que sean.

5 CONCLUSIONES

En primer lugar, cabe recordar el objeto de este Trabajo Fin de Grado, que no ha sido más que llevar a cabo un análisis temporal por envoltura de datos de empresas españolas gestoras del ciclo integral del agua. Se ha enfocado por un lado en el sector económico, y por otro y no menos importante, en el sector medioambiental, a través de las pérdidas de agua que registran cada año las empresas de aguas, cuyo objetivo es minimizar, y, actualmente con más énfasis, dada la situación de sequía que atraviesa el país.

Como se ha comentado en el párrafo anterior, se ha realizado un análisis por envoltura de datos de la mano de la metodología DEA, y la herramienta que se ha usado para la obtención de los resultados ha sido el software EMS. Para ello, se han resuelto cinco modelos, y cada uno de ellos para tres años distintos, para realizar una comparativa temporal de cada modelo, alcanzándose dicho objetivo.

Los valores de eficiencia obtenidos con los datos encontrados varían mucho según el modelo analizado. Comenzando por el modelo 1, en el que han participado un mayor número de empresas y que, por tanto, tiene mayor representación a nivel geográfico y de situaciones, destaca por valores muy bajos de eficiencia. Los resultados obtenidos indican que, salvo las entidades eficientes, el resto escasamente supera el 50%, habiendo incluso varios casos en los que no se alcanza el 1%. En esta última situación se encuentran EMASAGRA y EMUASA, empresas pequeñas con respecto a la población servida, y, directamente proporcional, al agua servida, y que, por tanto, disponen de menor fondo para poder maniobrar y cumplir con pagos y obligaciones a corto plazo. A diferencia de ellas, se encuentra Mancomunidad de Pamplona, que resulta totalmente eficiente y por tanto capaz de afrontar cualquier tipo de gasto en un breve periodo de tiempo.

La situación de sequía devastadora que actualmente, aunque desde primavera más aliviada, atraviesa España, fue la razón de aliento para este Trabajo Fin de Grado. El hecho de analizar cuánta cantidad de agua se pierde de una forma u otra, o más bien, de muchas formas distintas, en un momento en el que en el país hay restricciones tan duras como cortes de agua de más de medio día en gran cantidad de lugares, fue la motivación de comenzar a indagar sobre las empresas que gestionan el ciclo del agua en este, y más en concreto, el dato de las pérdidas, que es, en términos medioambientales, lo que más interesa. Sin embargo, acceder al mismo es algo complicado en la actualidad, y no todas las empresas lo ofrecen de manera pública, puesto que, cuanto menos, es controvertido, ya que se habla de un bien totalmente imprescindible, y por desgracia, en la actualidad muy escaso. Surgió de aquí el modelo 2, cuyo objetivo no ha sido más que evaluar la eficiencia sostenible de las empresas con este dato como principal protagonista. En principio y como se ha comentado ya, el número de empresas se vio muy mermado, puesto que sólo algunas de ellas comparten este dato, pero, aun así, 10 empresas han sido una muestra suficiente para obtener conclusiones sobre este tema. La primera de ellas no del todo buena, puesto que, la mitad de las entidades analizadas no ha superado, para ninguno de los años, el 50% de eficiencia, quedando algunas muy por debajo de este, como es el caso de Aigües de Barcelona, cuyo porcentaje más alto apenas supera el 1%. Para la otra mitad de las entidades, tampoco se ha alcanzado la eficiencia para todos los años, siendo APEMSA la más eficiente, alcanzándola dos de tres para CRS, y los tres para VRS, y siguiéndola Aguas de León, siendo eficiente dos de tres años para ambas tecnologías. Estos resultados, finalmente confirman lo que se buscaba al inicio de este estudio, y es la baja eficiencia que, en general, tienen las empresas españolas en lo que a pérdida de agua se refiere, suponiendo esto un desgaste económico, pero, sobre todo, medioambiental para el país y sus habitantes, los que lo sufren. La mejora no es una opción, es una obligación, y esto se demuestra a través de las holguras.

En cuanto a los modelos que restan, tres, cuatro y cinco, estos están orientados de lleno a la economía. El objetivo del 3 es evaluar la eficiencia de las empresas utilizando sus recursos económicos, puesto que una gestión eficaz de estos permite a la entidad operar de manera eficiente, crecer y mantenerse competitiva en su sector. Tras la obtención de los resultados, se comprueba que, tan solo 1 de las 11 empresas participantes en el estudio es completamente eficiente, para ambas tecnologías los tres años, y esta es Mancomunidad de Pamplona, siguiéndole Consorcio de Aguas de Asturias, que, salvo el primer año en retornos de escala constante, el resto ha alcanzado la eficiencia. Sin embargo, hay un porcentaje alto, mayor al 50%, que no ha conseguido ser eficiente en ningún momento, y esto sólo indica una gestión mejorable de sus recursos, puesto que estos son esenciales para el buen funcionamiento de la empresa.

El cuarto y el quinto comparten variables, las salidas de uno son las entradas del otro, sin embargo, el objetivo es muy diferente. En el modelo 4 lo que se pretende analizar es el costo permanente que sufragan las empresas para el funcionamiento de estas, y el resultado obtenido ha sido muy dispar. Por un lado, Aigües de Barcelona y Mancomunidad de Pamplona han resultado ser completamente eficientes, por lo que el costo que estas emplean en el buen desarrollo de su actividad se ha comprobado que es el necesario. Por otro lado, AQUONA y Consorcio de Aguas de Asturias han alcanzado también la eficiencia durante tres años, pero tan solo para una de las tecnologías, VRS, por lo que no lo son completamente. Y, por último, el resto, formado por casi el 64% de las empresas, ha resultado ser ineficiente y, además, con porcentajes que en ninguno de los casos ha superado el 40%, estando la mayoría muy por debajo de ellos, llegando a la conclusión de que estas entidades no dedican la parte económica que deberían para el buen funcionamiento de estas, y, si lo hacen, no se gestiona bien, por lo que tienen un gran margen de mejora. Por el contrario, la finalidad del modelo 5 es evaluar el beneficio bruto que obtienen las empresas, y es aquí donde radica la gran diferencia con el modelo 4. Para este caso se han obtenido resultados muy prometedores, con Aguas de Alicante, APEMSA y AMVISA como entidades totalmente eficientes, y aproximadamente el 55% de ellas con porcentajes muy elevados, alcanzándose en varios casos la eficiencia para algunos de los años participantes, por lo que esto señala que las empresas obtienen su recompensa económica por la labor que ejercen. Esto es algo que, naturalmente, es propio de las empresas, y más de las privadas, puesto que su fin es generar beneficios económicos. Sin embargo, hay dos casos que destacan en este modelo, y son, Consorcio de Aguas de Asturias en primer lugar, con valores de eficiencia menores al 1% a lo largo de todo el estudio, cosa que llama la atención en una situación con porcentajes generalmente altos, lo que significa una ineficiencia abismal en su obtención de beneficios, y, por tanto, debe llevar a cabo un extenso trabajo de mejora que le ayude a incrementar esos porcentajes. Por otro lado, aunque menos acusado, se encuentra el caso de AQUONA, que llama menos la atención, pero, aun así, necesita mejorar esos porcentajes.

A lo largo del estudio se ha ido apreciando la variación de eficiencia en las empresas según el modelo. Se ha observado la estabilidad de alguna, manteniendo valores muy parecidos entre años, o incluso de un modelo a otro, y las que lo han sido de manera esporádica, apareciendo y desapareciendo, porque al final son datos reales, y como en cualquier aspecto de la vida, puede haber situaciones sobrevenidas que provoquen cambios, para bien o para mal. Para cada una de las comparaciones realizadas, las empresas referentes han sido las que han obtenido un 100% de eficiencia, puesto que han sido las que teóricamente indican ser las mejores en el análisis realizado. Sin embargo, no hay que olvidar que el modelo se ha resuelto con los datos proporcionados para cada una de las unidades productivas, por lo que este resultado no indica que la empresa que ha obtenido este nivel de eficiencia sea la mejor del sector o incluso de otros sectores, en este caso, sólo lo es con respecto a las demás que forman parte del estudio, que además forman parte del mismo ámbito laboral.

En definitiva, se ha llevado a cabo un amplio estudio de empresas gestoras del ciclo integral del agua en España, integrantes de un sector imprescindible para cualquier aspecto de la vida, y garantizar su servicio de calidad a la población en un país que es el segundo en la Unión Europea que más reutiliza sus aguas, pero a su vez, ocupa el tercer lugar en estrés hídrico, es la difícil tarea que deben llevar a

cabo diariamente. En concreto para las empresas que han resultado ser ineficientes, y de las que no ha sido posible obtener datos, que contribuirían al incremento de estas, sería muy interesante conocer los motivos que le impiden alcanzar la eficiencia, y trabajar en ellos, con las mejoras posibles, para alcanzarla.

REFERENCIAS

- [1] Robles-Velasco, A.; Rodríguez-Palero, M.; Muñuzuri, J.; Onieva, L. Sustainable Development and Efficiency Analysis of the Major Urban Water Utilities in Spain. *Water* 2022, 14, 1519. <https://doi.org/10.3390/w14091519>
- [2] Caro, G. V. (2003). Análisis por envoltura de datos (DEA): Nuevos modelos y aplicaciones (Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla).
- [3] Bureau vanDijk. SABI: Sistema de Análisis de Balances Ibéricos. Recuperado en marzo de 2024, de <https://sabi.bvdinfo.com/version-2022221/home.serv?product=sabineo&>
- [4] Organización de las Naciones Unidas. (2018). Objetivos de desarrollo sostenible, recuperado en abril de 2024, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- [5] MEMRSE: Memorias de Responsabilidad Social. 2023 - Ministerio de Trabajo y Economía Social. Recuperado en marzo de 2024, de <https://expinterweb.mites.gob.es/membrse/entrada/listadoMemoriasPublicadas.action>
- [6] Informes de Sostenibilidad. Ecovadis. Recuperado en marzo 2024, <https://ecovadis.com/es/glossary/sustainability-reporting/>
- [7] AQUONA. Recuperado en marzo en 2024, de <https://www.aquona-sa.es/>
- [8] EMACSA. Recuperado en marzo de 2024, de <https://www.emacsa.es/>
- [9] AGUAS DE BURGOS. Recuperado en marzo de 2024, de <https://aguasdeburgos.com/>
- [10] EMASAGRA. Recuperado en marzo de 2024, de <https://www.emasagra.es/>
- [11] AGUAS DE LEÓN. Recuperado en marzo de 2024, de <https://www.aguasdeleon.com/>
- [12] EMUASA. Recuperado en marzo de 2024, de <https://www.emuasa.es/>
- [13] EMASESA. Recuperado en marzo de 2024, de <https://www.emasesa.com/>
- [14] AIGÜES DE BARCELONA. Recuperado en marzo de 2024, de <https://www.aiguesdebarcelona.cat/es/web/ab-corporativa>
- [15] EMATSA. Recuperado en marzo de 2024, de <https://www.ematsa.cat/>
- [16] AGUAS DE ALICANTE. Recuperado en marzo de 2024, de <https://www.aguasdealicante.es/>
- [17] EMAYA. Recuperado en marzo de 2024, de <https://www.emaya.es/es>
- [18] MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA. Recuperado en marzo de 2024, de <https://www.mcp.es/>
- [19] APEMSA. Recuperado en marzo de 2024, de <https://www.apemsa.es/;jsessionid=A65C3A8062F73C72CFBDF48782B6EDF2>
- [20] AMVISA. Recuperado en marzo de 2024, de <https://www.vitoria-gasteiz.org/we001/was/we001Action.do?accionWe001=ficha&accion=home>
- [21] CHICLANA NATURAL. Recuperado en marzo de 2024, de <https://chiclananatural.com/>
- [22] CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS. Recuperado en marzo de 2024, de <https://consorcioaa.com/>
- [23] AQUAVALL. Recuperado en marzo de 2024, de <https://aquavall.es/>

DATOS

A continuación, se adjuntan las tablas con los datos recopilados para cada una de las empresas, para, posteriormente, resolver los cinco modelos propuestos. Se ha añadido el año 2018 porque ha servido para el cálculo de alguno de los parámetros como es el CAPEX.

AQUONA

AQUONA (mil eur)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	6327	6044	5296	5638
ACTIVOS FIJOS	154466	148344	129436	123988
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	5974	6082	5882	5874
GASTOS OPERATIVOS	58314	59395	59682	62949
FONDO DE MANIOBRA	22838	21104	21253	23836
TOTAL ACTIVOS	189670	186240	174845	166284
CAPEX		-40	-13026	426
M3 AGUA ABASTECIDA (m3)	76.000.000	76.000.000	88.670.000	88.670.000
PÉRDIDAS (m3)		814.099	482.000,00	482.000,00
HABITANTES ABASTECIDOS	1.100.000	1.100.000	1.100.000,00	1.100.000,00
M3 DE SANEAMIENTO (HM3)	49	44	45,38	45,38

Tabla 39. AQUONA

EMACSA

EMACSA (eur)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	10130159	10601553	9713536	8190964
ACTIVOS FIJOS	64451516	64966563	65043061	67470388
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	5578144	5442247	5428873	5282462
GASTOS OPERATIVOS	33718812	33600535	34345598	35605856
FONDO DE MANIOBRA	13730515	13312737	13810242	11197384
TOTAL ACTIVOS	91923602	93041538	96897489	98329189
CAPEX		5957294	5505371	7709789
M3 AGUA ABASTECIDA	22.432.623	23.377.301	22.887.289	20.633.727
HABITANTES ABASTECIDOS	325.708	329.224	321.544	323.763
M3 DE SANEAMIENTO	26091717	24115660	25.838.000	26663939

Tabla 40. EMACSA

AGUAS DE BURGOS

AGUAS DE BURGOS (Eur)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	9645294	8816147	8811717	9196856
ACTIVOS FIJOS	177123536	175217408	172092959	168623940
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	3870008	3896751	3692373	3702655
GASTOS OPERATIVOS	18697879	19953543	19210728	19214905
FONDO DE MANIOBRA	4100279	3207581	1351350	2254306
TOTAL ACTIVOS	190190265	188071712	183646379	185919304
CAPEX		1990623	567924	233636
M3 AGUA ABASTECIDA	25.245.848	24.684.638	24.666.096	
PÉRDIDAS (%ANR)	13,38	13,16	14,44	
HABITANTES ABASTECIDOS	175.921	175.821	176.418,00	
M3 DE SANEAMIENTO	36.193.210	34.884.353	35.670.262	

Tabla 41. AGUAS DE BURGOS

EMASAGRA

EMASAGRA (EUR)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	12518405	13517869	12274489	11578902
ACTIVOS FIJOS	72755759	72147765	71547820	70088339
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	6020347	6238528	6291765	5781826
GASTOS OPERATIVOS	41329317	41040759	39305565	39907965
FONDO DE MANIOBRA	-3692478	-4564482	-1735263	-3932239
TOTAL ACTIVOS	78207663	77041464	78472411	77191405
CAPEX		5630534	5691820	4322345
M3 AGUA ABASTECIDA	37.338.119	39.229.851	35.000.000	35.000.000
HABITANTES ABASTECIDOS	385.677	387.847	425.000,00	648.000,00
M3 DE SANEAMIENTO (HM3)	25	25	24	23,56

Tabla 42. EMASAGRA

AGUAS DE LEÓN

AGUAS DE LEÓN (EUR)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	2940336	3103818	2624509	3096153
ACTIVOS FIJOS	21100021	19943256	18913348	17758352
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	1333130	1336609	1344072	1404066
GASTOS OPERATIVOS	5921109	5929569	6060453	5277264
FONDO DE MANIOBRA	1438304	1770507	2122078	2218998
TOTAL ACTIVOS	27434928	26883140	25731567	25204438
CAPEX		179844	314164	249070
M3 AGUA ABASTECIDA	14.000.000	13.900.000	13.900.000	13.100.000
PÉRDIDAS (m3 ANR)	3000000,00	20263,00	3.280.000,00	44.387,00
HABITANTES ABASTECIDOS	130.000	149.000	149.000,00	144.622,00

Tabla 43. AGUAS DE LEÓN

EMUASA

EMUASA (EUR)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	14151704	13173307	12495925	12644268
ACTIVOS FIJOS	56185257	51223810	46857486	43630220
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	7328359	6911030	6744411	6358696
GASTOS OPERATIVOS	67484205	68580555	73350698	70383577
FONDO DE MANIOBRA	-8426849	-7480790	-6180347	-7191754
TOTAL ACTIVOS	76651300	70690552	68159326	65843822
CAPEX		1949583	2378087	3131430
M3 AGUA ABASTECIDA	29.904.453	30.851.857	31.893.871	41.961.832
PÉRDIDAS (ANR m3)	4360736,00	4617832,00	4.831.577	4.514.261
HABITANTES ABASTECIDOS	447.182	453.258	459.403,00	460.349,00
M3 DE SANEAMIENTO	38.403.706	41.553.755	45.085.504	31.636.516

Tabla 44. EMUASA

EMASESA

EMASESA (MIL EUR)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	56741	52630	47868	50020
ACTIVOS FIJOS	439148	480756	455649	439355
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	47488	45121	49061	47920
GASTOS OPERATIVOS	121265	125595	137152	141584
FONDO DE MANIOBRA	15039	14832	14978	9312
TOTAL ACTIVOS	490762	531967	521266	494090
CAPEX		86729	23954	31626
HABITANTES ABASTECIDOS	1.065.000	1.065.770	1.100.000	1.100.000

Tabla 45. EMASESA

AIGÜES DE BARCELONA

AIGÜES DE BARCELONA (MIL EUR)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	78712	77724	51830	50202
ACTIVOS FIJOS	545092	541754	535826	537637
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	42229	42467	41792	41754
GASTOS OPERATIVOS	390324	394790	389486	396091
FONDO DE MANIOBRA	13966	7742	8422	7697
TOTAL ACTIVOS	711499	718710	733271	648345
CAPEX		39129	35864	43565
M3 AGUA ABASTECIDA	113.960.000	196.480.000	191.800.000	188.210.000
PÉRDIDAS (m3)	17.048.416	29177280,00	32.318.300,00	31.562.817,00
HABITANTES ABASTECIDOS	2.892.313	2.921.310	2.964.777,00	2.964.777
M3 DE SANEAMIENTO (HM3)	278,33	265,31	284,08	249,49

Tabla 46. AIGÜES DE BARCELONA

EMATSA

EMATSA (EUR)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	3997969	3884461	3334269	3765656
ACTIVOS FIJOS	21431095	20656327	20372878	19636413
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	1723369	1794251	1873638	1991618
GASTOS OPERATIVOS (EUR)	21906611	20363210	23624868	23959291
FONDO DE MANIOBRA	4909387	3697862	3172497	3423799
TOTAL ACTIVOS	30212937	26954655	27800661	25676261
CAPEX		1019483	1590189	1255153
M3 AGUA ABASTECIDA	10.599.864	10.578.935	8.914.257	10.389.333
HABITANTES ABASTECIDOS	147.224	149.636	141.199	150.981
M3 DE SANEAMIENTO	10.927.798	10645396	11.606.743	10.723.027

Tabla 47. EMATSA

AGUAS DE ALICANTE

AGUAS DE ALICANTE (EUR)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	16604645	15929472	15238819	14902319
ACTIVOS FIJOS	74085166	71283349	67818879	67342559
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	5561354	5702553	6028553	6361719
GASTOS OPERATIVOS (EUR)	67573366	69136072	69166039	71987333
FONDO DE MANIOBRA	6114983	1745500	18051391	21243680
TOTAL ACTIVOS	101572030	100550654	101373442	98927020
CAPEX		2900736	2564083	5885399
M3 AGUA ABASTECIDA	38.382.272	29.820.000	38.660.000	39.100.000
PÉRDIDAS (M3)	5.565.429	4607190,00	6.610.860,00	5.755.520,00
HABITANTES ABASTECIDOS	483.196	487.977	492.344	492.101
M3 DE SANEAMIENTO	27,942	28,82	30,05	28,94

Tabla 48. AGUAS DE ALICANTE

EMAYA

EMAYA (EUR)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	10987423	11382647	11117300	11708832
ACTIVOS FIJOS	101277812	86582031	124981556	132307770
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	11221254	11072544	10755707	10642264
GASTOS OPERATIVOS	111318497	118587443	114284042	123225688
FONDO DE MANIOBRA	18535609	19910889	25970864	31761927
TOTAL ACTIVOS	135179832	132056082	194246403	200088136
CAPEX		-3623237	49155232	17968478
M3 AGUA ABASTECIDA	40.630.000	41.320.000	33.000.000	34.000.000
PÉRDIDAS (m3)	6.094.500	6198000,00	5.280.000,00	5.803.800,00
HABITANTES ABASTECIDOS	409.661	416 065	422.587	424.837

Tabla 49. EMAYA

MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA

MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA (EUR)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	9860378,09	9956539,19	5509267,2	10946754,26
ACTIVOS FIJOS	123750116,3	109581872	112546479,2	144656015
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	15069395,24	14853737	14500086,81	13049710,4
GASTOS OPERATIVOS	2656574,47	2618175,66	2407448,57	3895129,12
FONDO DE MANIOBRA	50003074,24	62375540,5	53845819,93	30851961,81
TOTAL ACTIVOS	192953033	190680390	189788094,5	200101400,9
CAPEX		685492,81	17464693,81	45159246,17
M3 AGUA ABASTECIDA	26.359.862	27.010.880	26.079.462	26.399.392
PÉRDIDAS (m3)	2577994,50	2584941,22	3046081,16	2661058,71
HABITANTES ABASTECIDOS	595.226	595.226	544.758	590.127
M3 DE SANEAMIENTO	41.961.652	37.593.129	35.712.461	35.572.770

Tabla 50. MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA

APEMSA

APEMSA (EUR)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	2647354	3142438	2576567	2550350
ACTIVOS FIJOS	32672266	29686415	28196449	26580850
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	2436967	2388486	2396431	2373597
GASTOS OPERATIVOS (EUR)	11378232	11282732	11383722	11684263
FONDO DE MANIOBRA	3261275	3407863	3441730	4103323
TOTAL ACTIVOS	42558671	40712858	40687075	39444550
CAPEX		-597365	906465	757998
M3 AGUA ABASTECIDA	7.499.091	8.022.089	7.794.993	8.022.194
PÉRDIDAS (m3)	1.484.820	1419909,00	1.021.144,08	890.463,53
HABITANTES ABASTECIDOS	48.556	45.648	48.951	49.301
M3 DE SANEAMIENTO	6.470.075	6.863.330	6.718.575	6.312.695

Tabla 51. APEMSA

AMVISA

AMVISA (EUR)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	15053807	14122948	13445103	12702922
ACTIVOS FIJOS	161412393	159766811	162932187	164903621
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	8024035	7728118	7824235	7817247
GASTOS OPERATIVOS (EUR)	17100534	18271365	18941163	18938808
FONDO DE MANIOBRA	14838920	14795866	14402471	13498385
TOTAL ACTIVOS	207906769	207966749	209996365	207899125
CAPEX		6082536	10989611	9788681
M3 AGUA ABASTECIDA	18.170.960	18.491.450	18.576.304	18.457.000
PÉRDIDAS (m3)	1.562.703	1479316,00	1.783.325,18	1.845.700,00
HABITANTES ABASTECIDOS	256.668	259.163	258.396	259.008
M3 DE SANEAMIENTO	36.681.896	34.578.618	34.028.967	33.980.000

Tabla 52. AMVISA

CHICLANA NATURAL

CHICLANA NATURAL (EUR)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	1578000	1077000	-1523000	1188018
ACTIVOS FIJOS	11098000	10539000	10165000	12055601
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	663000	662000	550000	528703
GASTOS OPERATIVOS (EUR)	24355000	25210000	27818000	27653548
FONDO DE MANIOBRA	20232000	18513000	14354000	10472341
TOTAL ACTIVOS	36112000	36353000	32501000	34451943
CAPEX		103000	176000	2419304
HABITANTES ABASTECIDOS	35.923	36.196	36.383	36.914
M3 DE SANEAMIENTO	5.384.541	4917909	5067564	5.233.778

Tabla 53. CHICLANA NATURAL

CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS

CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS (EUR)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	-14115726	-12144489	-20280953,3	-16535821,6
ACTIVOS FIJOS	172368153	171804456	111996018	108463964
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	8688671	8449227	4300637,78	3946440,4
GASTOS OPERATIVOS	25533000	25774808	32697236,59	31498948,72
FONDO DE MANIOBRA	1191828	1231208	93445389,86	102771655,7
TOTAL ACTIVOS	345052979	348155381	207467602,7	212123935,5
CAPEX		7885530	-55507800,23	414386,43
M3 AGUA ABASTECIDA	50.706.416	52.924.588	56.082.186	54.732.077
PÉRDIDAS (m3)	3.042.385	3048456,27	1.962.876,51	2.052.452,89
HABITANTES ABASTECIDOS	850.000	850.000	813.000	813.615
M3 DE SANEAMIENTO (HM3)	120,9	113,6	104,9	115,7

Tabla 54. CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS

AQUAVALL

AQUAVALL (eur)	2018	2019	2020	2021
EBITDA	13630193,06	14744311,1	15456318,67	11138132,4
ACTIVOS FIJOS	211696820,1	210753822	210243457,9	210058153,6
AMORTIZACIÓN ACUMULADA	9195680,9	9425940,05	9795156,13	10178529,79
GASTOS OPERATIVOS	15239683	20695679	15360834	16369294
FONDO DE MANIOBRA	19421554,16	25501940,8	28185617,02	28794158,13
TOTAL ACTIVOS	231961215,7	239205089	244715684,9	242644735
CAPEX		8482942,26	9284791,67	9993225,52
M3 AGUA ABASTECIDA	27.887.095	27.000.000	27.520.625	27.483.405
HABITANTES ABASTECIDOS	344.600	344.600	345.700	344.630
M3 DE SANEAMIENTO	47.736.525	43.827.351	43.500.000	40.391

Tabla 55. AQUAVALL

MODELOS

A continuación, se adjuntan las tablas de resultados obtenidas del software EMS para cada uno de los modelos los tres años analizados. En amarillo se han señalado las empresas eficientes en ese caso.

Modelo 1. Capacidad económica

Año 2019

Columna1	DMU	Score	X1 (I V)	X2 (I V)	Y1 (O V)	Benchmarks	{S} X1 (I)	{S} X2 (I)	{S} Y1 (O)
1	AQUONA	1184,36%	11,99	-0,14	1	12 (3,77) 13 (4,39)	0	0,00030981	0
2	EMACSA	4418,85%	10,75	33,44	1	12 (9,39) 13 (0,80)	0	0,00030953	0
3	AGUAS DE BURGOS	7286,79%	26,49	46,38	1	12 (3,70) 13 (0,91)	0	0,00017456	0
4	EMASAGRA	59553585499,25%	174774162	420761693	1	12 (9,47) 13 (1,44)	0	0,00003215	0
5	AGUAS DE LEÓN	2185,30%	14,26	7,59	1	12 (0,60) 13 (0,39)	0	0,00001308	0
6	EMUASA	43774331439,39%	292053786	145689529	1	12 (6,77) 13 (4,51)	0	0,00013555	0
7	EMASESA	20173,82%	201,74	0	1	12 (47,97)	0	52845613,7	0
8	AIGÜES DE BARCELONA	59484,46%	217,16	377,69	1	12 (72,84) 13 (18,09)	0	0,00346949	0
9	EMATSA	4405,31%	23,45	20,6	1	12 (2,55) 13 (1,21)	0	0,00005795	0
10	AGUAS DE ALICANTE	29286,01%	168,67	124,19	1	12 (7,96) 13 (4,28)	0	0,0002489	0
11	EMAYA	1176,50%	25,36	-13,6	1	12 (3,22) 13 (9,76)	0	0,00015693	0
12	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	4,41%	0,03	0,01	1		15		
13	APEMSA	big	0	0	1		11		
14	AMVISA	2942,02%	29,42	0	1	12 (6,98)	0	1298712,14	0
15	CHICLANA NATURAL	621,48%	5,8	0,42	1	12 (1,74) 13 (1,83)	0	0,02553263	0
16	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	49874,61%	498,75	0	1	12 (9,84)	0	1137148,3	0
17	AQUAVALL	1933,40%	19,33	0	1	12 (7,90)	0	3064382,25	0

Tabla 56. Resultados CRS 2019 Modelo 1

Columna1	DMU	Score	X1 (I V)	X2 (I V)	Y1 (O V)	Benchmarks	{S} X1 (I)	{S} X2 (I)	{S} Y1 (O)
1	AQUONA	261,68%	0	-0,02	1	11 (0,17) 12 (0,83)	37250213,5	0,00071788	0
2	EMACSA	468,54%	0	0	1	12 (1,00)	30982358,9	5271800,99	0
3	AGUAS DE BURGOS	1944,63%	0	0	1	12 (1,00)	17335365,8	1305129,74	0
4	EMASAGRA	6237554003,92%	0,01	0,01	1	12 (1,00)	38422582,9	4945040,99	0
5	AGUAS DE LEÓN	big	261948340	53660688,6	1		0		
6	EMUASA	6237554005,33%	0	0,08	1	12 (1,00)	65962378,8	1264089,93	0
7	EMASESA	420,55%	0	0	1	12 (1,00)	122976824	85043507	0
8	AIGÜES DE BARCELONA	805,68%	0	0	1	12 (1,00)	392171823	38443506,8	0
9	EMATSA	1686,80%	0	0	1	12 (1,00)	17745034	333989,994	0
10	AGUAS DE ALICANTE	3573,51%	0	0	1	12 (1,00)	66517893,8	2215242,49	0
11	EMAYA	big	0	0	1		2		
12	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	big	9498,16	0,02	1		13		
13	APEMSA	big	0	0	1		0		
14	AMVISA	421,57%	0	0	1	12 (1,00)	15653188,9	5397042,97	0
15	CHICLANA NATURAL	305,92%	0	0,05	1	11 (0,14) 12 (0,86)	6914050,86	0,00565216	0
16	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	5066,21%	0	0	1	12 (1,00)	23156627,9	7200036,55	0
17	AQUAVALL	244,59%	0	0	1	12 (1,00)	18077503	7797449	0

Tabla 57. Resultados VRS 2019 Modelo 1

Año 2020

Columna1	DMU	Score	X1 (I V)	X2 (I V)	Y1 (O V)	Benchmarks	{S} X1 (I)	{S} X2 (I)	{S} Y1 (O)
1	AQUONA	1707,86%	18,41	-1,34	1	12 (4,10) 16 (1,52)	0	0,51326436	0
2	EMACSA	1717,67%	16,31	0,87	1	12 (2,96) 16 (0,83)	0	0,33241369	0
3	AGUAS DE BURGOS	9413,54%	93,22	0,92	1	12 (1,54) 16 (0,47)	0	0,13930105	0
4	EMASAGRA	27014561877,87%	257741947	12403672,3	1	12 (3,36) 16 (0,95)	0	0,02254762	0
5	AGUAS DE LEÓN	1904,99%	18,73	0,32	1	12 (0,49) 16 (0,15)	0	0,00196374	0
6	EMUASA	48617153658,77%	480989185	5182351,48	1	12 (5,89) 16 (1,81)	0	0,00753996	0
7	EMASESA	6353,05%	60,05	3,49	1	12 (11,91) 16 (3,32)	0	0,0023689	0
8	AIGÜES DE BARCELONA	31253,47%	303,25	9,28	1	12 (32,34) 16 (9,53)	0	0,01098883	0
9	EMATSA	4992,37%	48,83	1,09	1	12 (1,93) 16 (0,58)	0	0,00837536	0
10	AGUAS DE ALICANTE	2543,50%	25,13	0,31	1	12 (5,57) 16 (1,71)	0	0,01321006	0
11	EMAYA	3298,02%	28,86	4,12	1	12 (11,28) 16 (2,66)	0	0,20281575	0
12	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	12,78%	0,13	0	1		15		
13	APEMSA	2226,29%	21,69	0,57	1	12 (0,94) 16 (0,28)	0	0,00226809	0
14	AMVISA	1028,67%	8,62	1,66	1	12 (2,00) 16 (0,43)	0	0,00021955	0
15	CHICLANA NATURAL	1273,49%	12,71	0,03	1	12 (2,20) 16 (0,69)	0	0,00161261	0
16	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	big	0	0	1		15		
17	AQUAVALL	429,16%	3,57	0,72	1	12 (1,64) 16 (0,35)	0	0,00020972	0

Tabla 58. Resultados CRS 2020 Modelo 1

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	X2 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} Y1 {O}
1	AQUONA	439,68%	0	0	1	16 (1,00)	26984763,4	42481800,2	0
2	EMACSA	676,64%	0	0	1	16 (1,00)	1648361,24	61013171,1	0
3	AGUAS DE BURGOS	5610,22%	18,59	0	1	12 (0,45) 16 (0,55)	0,02390462	23584768	0
4	EMASAGRA	9344539003,07%	0,03	0	1	16 (1,00)	6608328,25	61199620	0
5	AGUAS DE LEÓN	big	20730652,8	446068,21	1		0		
6	EMUASA	9344539014,92%	0	0	1	16 (1,00)	40653461,2	57885887,1	0
7	EMASESA	623,88%	0	0	1	16 (1,00)	104454763	79461799,9	0
8	AIGÜES DE BARCELONA	1109,54%	0	0	1	16 (1,00)	356788763	91371797,5	0
9	EMATSA	2571,62%	9,74	0	1	12 (0,30) 16 (0,70)	0,0208808	35241336,6	0
10	AGUAS DE ALICANTE	517,66%	0	0	1	16 (1,00)	36468797,5	58071878,6	0
11	EMAYA	359,81%	0	0	1	16 (1,00)	81586802,9	104663029	0
12	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	big	213116,72	0	1		6		
13	APEMSA	1905,47%	4,32	0	1	12 (0,70) 16 (0,30)	0,0217867	5066916,09	0
14	AMVISA	523,95%	1,72	0	1	12 (0,45) 16 (0,55)	0,6046766	33357032,2	0
15	CHICLANA NATURAL	606,57%	2,53	0	1	12 (0,16) 16 (0,84)	0,08748567	43929010,4	0
16	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	big	0	0	1		14		
17	AQUAVALL	251,12%	0,71	0	1	12 (0,57) 16 (0,43)	0,00885901	23026682,4	0

Tabla 59. Resultados VRS 2020 Modelo 1

Año 2021

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	X2 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} Y1 {O}
1	AQUONA	443,25%	0	4,43	1	16 (1,03)	30567264,5	0,00297496	0
2	EMACSA	1063,50%	10,36	0,28	1	12 (0,16) 16 (1,11)	0,00016558	0,03329784	0
3	AGUAS DE BURGOS	2570,36%	0	25,7	1	16 (0,56)	1455422,92	0,00002475	0
4	EMASAGRA	13173512470,27%	129996593	1738531,67	1	12 (0,08) 16 (1,26)	0,00039431	0,0458762	0
5	AGUAS DE LEÓN	779,20%	7,75	0,05	1	12 (0,00) 16 (0,17)	0,00009124	0,06772847	0
6	EMUASA	23052767189,89%	229268147	1259524,77	1	12 (0,05) 16 (2,23)	0,15124858	17,9522673	0
7	EMASESA	5089,32%	49,53	1,37	1	12 (0,66) 16 (4,41)	0,00053343	0,10097421	0
8	AIGÜES DE BARCELONA	16990,43%	167,63	2,28	1	12 (0,85) 16 (12,47)	0,00414333	0,48692361	0
9	EMATSA	2294,24%	22,79	0,15	1	12 (0,02) 16 (0,76)	0,00810245	0,31164549	0
10	AGUAS DE ALICANTE	1114,96%	11,04	0,11	1	12 (0,11) 16 (2,27)	0,0006364	0,06287755	0
11	EMAYA	1286,52%	12,64	0,23	1	12 (0,36) 16 (3,87)	0,01811889	0,13738283	0
12	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	41,19%	0,41	0	1		13		
13	APEMSA	934,98%	9,28	0,07	1	12 (0,01) 16 (0,37)	0,00015723	0,03124005	0
14	AMVISA	486,20%	4,57	0,29	1	12 (0,21) 16 (0,58)	0,00544277	0,78889656	0
15	CHICLANA NATURAL	869,45%	8,6	0,09	1	12 (0,05) 16 (0,87)	0,00028041	0,02127432	0
16	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	12,07%	0,11	0,01	1		15		
17	AQUAVALL	192,46%	1,79	0,13	1	12 (0,22) 16 (0,49)	0,00297302	0,62696746	0

Tabla 60. Resultados CRS 2021 Modelo 1

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	X2 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} Y1 {O}
1	AQUONA	431,16%	0	0	1	16 (1,00)	31450049,9	11613,2642	0
2	EMACSA	917,82%	0	0	1	16 (1,00)	4106906,18	7295402,27	0
3	AGUAS DE BURGOS	big	0,09	5,5106E+10	1		0		
4	EMASAGRA	10277165656,01%	1,28	0,26	1	16 (1,00)	8409015,53	3907958,4	0
5	AGUAS DE LEÓN	big	11794241,1	97651,06	1		5		
6	EMUASA	10277165606,17%	0	0,07	1	16 (1,00)	38884628	2717043,47	0
7	EMASESA	1103,65%	0	0	1	16 (1,00)	110085049	31211613,3	0
8	AIGÜES DE BARCELONA	1335,22%	0	0	1	16 (1,00)	364592051	43150613,6	0
9	EMATSA	2176,83%	26,8	0,28	1	5 (0,27) 12 (0,02) 16 (0,71)	0,00015193	0,00493855	0
10	AGUAS DE ALICANTE	483,78%	0	0	1	16 (1,00)	40488384,2	5471012,55	0
11	EMAYA	323,57%	0	0	1	16 (1,00)	91726739,1	17554091,5	0
12	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	big	102728,53	0	1		5		
13	APEMSA	661,46%	10,91	0,14	1	5 (0,74) 12 (0,01) 16 (0,24)	0,00082241	0,08918995	0
14	AMVISA	457,45%	5,37	0,55	1	5 (0,26) 12 (0,21) 16 (0,53)	0,03804039	0,15717299	0
15	CHICLANA NATURAL	855,19%	10,11	0,17	1	5 (0,10) 12 (0,05) 16 (0,86)	0,00248783	0,28945718	0
16	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	11,92%	0,11	0,01	1		13		
17	AQUAVALL	174,74%	2,1	0,25	1	5 (0,35) 12 (0,22) 16 (0,43)	0,01025941	0,09528851	0

Tabla 61. Resultados VRS 2021 Modelo 1

Modelo 2. Eficiencia Sostenible

Año 2019

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	X2 {I}{V}	X3 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} X3 {I}	{S} Y1 {O}
1	AQUONA	19030,89%	-1,15	0	191,46	1	2 (4,74) 6 (0,25)	0,00036885	291934,852	0,00249854	0
2	AGUAS DE LEÓN	2,47%	0	0	0,02	1		7			
3	EMUASA	50582,57%	0	0	505,83	1	2 (2,22)	1550408,8	122543,849	0,00033663	0
4	AIGÜES DE BARCELONA	2035375,81%	0	0	20353,76	1	2 (14,14)	36586859,8	815157,482	0,00855264	0
5	AGUAS DE ALICANTE	48778,14%	0	0	487,78	1	2 (2,15)	2514912,39	168323,763	0,06401138	0
6	EMAYA	big	0	0	0	1		1			
7	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	24789,68%	0	0	247,9	1	2 (1,94)	336014,77	305684,912	0,00329068	0
8	APEMSA	big	0	0	0	1		0			
9	AMVISA	9712,11%	0	0	97,12	1	2 (1,33)	5843285,9	60945,2992	0,09968687	0
10	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	57282,10%	0	0	572,82	1	2 (3,81)	7200769,6	282678,877	0,00244769	0

Tabla 62. Resultados CRS 2019 Modelo 2

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	X2 {I}{V}	X3 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} X3 {I}	{S} Y1 {O}
1	AQUONA	3786,17%	-0,42	0	0	0	1 2 (0,94) 6 (0,06)	0,01170235	935561,821	60514936,9	0
2	AGUAS DE LEÓN	1,52%	0	0	0	1	7				
3	EMUASA	22789,48%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	1769739	304258	16951857	0
4	AIGÜES DE BARCELONA	143992,89%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	38949156	2772310	182580000	0
5	AGUAS DE ALICANTE	22736,96%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	2720892	338977	15920000	0
6	EMAYA	big	0	0	0	1	1				
7	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	12756,95%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	505648,634	446225,987	13110879,1	0
8	APEMSA	big	0	0	0	1	0				
9	AMVISA	7300,58%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	5902692	110163	4591450	0
10	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	15044,45%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	7705686	701000	39024588	0

Tabla 63. Resultados VRS 2019 Modelo 2

Año 2020

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	X2 {I}{V}	X3 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} X3 {I}	{S} Y1 {O}
1	AQUONA	478,45%	-0,77	0	5,55	1	8 (8,67) 10 (0,38)	0,00529462	369798,308	0,01358195	0
2	AGUAS DE LEÓN	604,71%	0,13	0	5,92	1	8 (1,63) 10 (0,02)	0,00025002	52036,4709	0,0007977	0
3	EMUASA	2141,59%	1,4	0	20,01	1	8 (3,94) 10 (0,02)	0,00028502	249229,454	0,00093578	0
4	AIGÜES DE BARCELONA	89302,83%	0	0	893,03	1	8 (24,61)	13559940,4	1760311,29	0,02825919	0
5	AGUAS DE ALICANTE	3526,19%	2,07	0	33,19	1	8 (4,74) 10 (0,03)	0,0006098	235217,01	0,00150386	0
6	EMAYA	2510,24%	0	0	25,1	1	8 (4,23)	45317724,4	215353,588	0,89672897	0
7	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	1144,48%	0	0	11,44	1	8 (3,35)	14431962,7	380984,185	0,00067545	0
8	APEMSA	9,14%	0	0,09	0	1	8				
9	AMVISA	477,26%	0	0	4,77	1	8 (2,38)	8829407,73	141740,519	0,00030315	0
10	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	big	0	0	0	1	4				

Tabla 64. Resultados CRS 2020 Modelo 2

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	X2 {I}{V}	X3 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} X3 {I}	{S} Y1 {O}
1	AQUONA	46,83%	-0,07	0	0	1	7				
2	AGUAS DE LEÓN	391,91%	0	0	0,54	1	1 (0,08) 8 (0,92)	459418,182	20708,5246	0,00019887	0
3	EMUASA	679,60%	0	0	1,81	1	1 (0,30) 8 (0,70)	5623173,71	97263,7537	0,01378889	0
4	AIGÜES DE BARCELONA	6705,04%	0	0	0	1	1 (1,00)	48889999,7	1864777,01	103130001	0
5	AGUAS DE ALICANTE	982,51%	0	0	3,01	1	1 (0,38) 8 (0,62)	6974781,25	42272,3575	0,07042998	0
6	EMAYA	749,55%	0	0	2,05	1	1 (0,31) 8 (0,69)	52590873,3	46072,5366	0,00707789	0
7	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	407,62%	0	0	0,93	1	1 (0,23) 8 (0,77)	19708123,3	258182,627	0,01674903	0
8	APEMSA	big	0	0	0	1	6				
9	AMVISA	222,89%	0	0	0,39	1	1 (0,13) 8 (0,87)	11940459,4	69331,4278	0,01915379	0
10	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	big	0	0	0	1	0				

Tabla 65. Resultados VRS 2020 Modelo 2

Año 2021

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	X2 {I}{V}	X3 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} X3 {I}	{S} Y1 {O}
1	AQUONA	1857,29%	1	0	0	0	1 2 (1,71)	0,00010995	852643,948	66264250,6	0
2	AGUAS DE LEÓN	100,00%	0,64	0,36	0	1	9				
3	EMUASA	32373,06%	0	1	0	0	1 2 (3,18)	2338609,76	0,00232693	262975,772	0
4	AIGÜES DE BARCELONA	1021624,65%	0	0	1	1	1 2 (14,37)	39986567,4	886967,333	0,0189738	0
5	AGUAS DE ALICANTE	38702,07%	0	0	3,01	1	1 2 (2,98)	5141991,57	60442,9695	0,01592132	0
6	EMAYA	33936,28%	0	0	1	1	1 2 (2,60)	17322036	49482,19	0,45484481	0
7	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	12081,51%	0	0	1	1	1 2 (2,02)	44657315	298681,743	0,00014198	0
8	APEMSA	683,88%	0	1	0	1	1 2 (0,34)	673091,138	0,00000577	3556461,96	0
9	AMVISA	5858,62%	0	0	1	1	1 2 (1,41)	9437758,34	55245,5374	0,0519392	0
10	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	7693,10%	1	0	0	1	1 2 (1,66)	0,00258673	573002,345	32937151,1	0

Tabla 66. Resultados CRS 2021 Modelo 2

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	X2 {I}{V}	X3 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} X3 {I}	{S} Y1 {O}
1	AQUONA	1085,90%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	176929,929	955377,997	75569999,6	0
2	AGUAS DE LEÓN	big	0	0	0	1	8				
3	EMUASA	10170,23%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	2882360	315727	28861832	0
4	AIGÜES DE BARCELONA	71108,25%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	43315930	2820155	175110000	0
5	AGUAS DE ALICANTE	12966,68%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	5636329	347479	26000000	0
6	EMAYA	13075,45%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	17719408	280215	20900000	0
7	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	5995,13%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	44910176	445505	13299392	0
8	APEMSA	big	0	0	0	1	0				
9	AMVISA	4158,20%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	9539611	114386	5357000	0
10	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	4624,00%	0	0	0	0	1 2 (1,00)	165316,192	668992,989	41632076,3	0

Tabla 67. Resultados VRS 2021 Modelo 2

Modelo 3. Recursos económicos

Año 2019

Columna1	DMU	Score	X1 {I}H{V}	X2 {I}H{V}	Y1 {O}H{V}	Y2 {O}H{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} Y1 {O}	{S} Y2 {O}
1	AQUONA	55,48%	1,01	-0,01	1	1	0 8 (2,09) 9 (2,44)	0	0,00002337	0,0065594	255368,679
2	EMACSA	8,99%	0,3	0,7	1	1	0 8 (0,84) 9 (0,07)	0,03648612	0,00172383	0,10223214	176501,129
3	EMASAGRA	14,68%	0,36	0,64	1	1	0 8 (1,39) 9 (0,21)	0,02073923	0,00155197	0,16978316	448927,274
4	EMUASA	14,08%	0,73	0,27	1	1	0 8 (0,95) 9 (0,63)	0,0079179	0,0003228	0,01645673	143375,118
5	AIGÜES DE BARCELONA	8,78%	0,5	0,5	1	1	0 8 (7,27)	31264573,6	0,65987047	53,7351979	1408427,71
6	EMATSA	13,48%	0,6	0,4	1	1	0 8 (0,34) 9 (0,16)	0,00264782	0,00006043	0,00225966	62028,114
7	AGUAS DE ALICANTE	11,96%	0,65	0,35	1	1	0 8 (0,95) 9 (0,51)	0,00051893	0,00004144	0,0127413	102039,582
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,00%	0,6	0,4	0	1		9			
9	APEMSA	100,00%	113039,77	-113038,77	1	0		6			
10	AMVISA	9,81%	1	0	1	1	0 8 (0,68)	0,01160461	127401,119	0,00772104	148324,346
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	19,90%	1	0	1	1	0 8 (1,96)	0,0577375	226328,908	0,03657174	316274,135

Tabla 68. Resultados CRS 2019 Modelo 3

Columna1	DMU	Score	X1 {I}H{V}	X2 {I}H{V}	Y1 {O}H{V}	Y2 {O}H{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} Y1 {O}	{S} Y2 {O}
1	AQUONA	100,00%	446,82	-445,82	1	0		3			
2	EMACSA	9,82%	0,46	0,54	0,99	0,01	8 (0,92) 9 (0,08)	0,00197875	0,00954401	2142958,02	222860,1
3	EMASAGRA	37,35%	0,89	0,11	1	0	1 (0,14) 8 (0,65) 11 (0,21)	0,00199544	0,00318403	0,00086158	330701,577
4	EMUASA	18,16%	0,64	0,36	1	0	1 (0,15) 8 (0,68) 9 (0,18)	0,01082917	0,00003403	0,00024077	119414,489
5	AIGÜES DE BARCELONA	100,00%	0,5	0,5	0	1		0			
6	EMATSA	26,60%	0,75	0,25	0,98	0,02	8 (0,68) 9 (0,32)	0,01318919	0,02647764	10299268,1	268096,621
7	AGUAS DE ALICANTE	14,68%	0,55	0,45	1	0	1 (0,11) 8 (0,75) 9 (0,14)	0,07546549	0,00007932	0,00277477	86854,7423
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,00%	1	0	0	1		6			
9	APEMSA	100,00%	183194963	-183194962	0,87	0,13		4			
10	AMVISA	14,33%	1	0	0,86	0,14	8 (1,00)	0,03427919	186097,964	8519428,77	336062,964
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,00%	1	0	1	0		1			

Tabla 69. Resultados VRS 2019 Modelo 3

Año 2020

Columna1	DMU	Score	X1 {I}H{V}	X2 {I}H{V}	Y1 {O}H{V}	Y2 {O}H{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} Y1 {O}	{S} Y2 {O}
1	AQUONA	46,11%	1,07	-0,07	1	1	0 8 (1,89) 11 (0,70)	0	0,00259044	0,09770618	500317,547
2	EMACSA	18,47%	0,95	0,05	1	1	0 8 (0,55) 11 (0,15)	0,00032191	0,01360156	0,00604266	101415,183
3	EMASAGRA	24,79%	0,96	0,04	1	0	8 (0,83) 11 (0,24)	0,00151071	0,00189433	0,07284208	221248,308
4	EMUASA	12,50%	0,99	0,01	1	0	8 (0,74) 11 (0,23)	0,01633859	0,22883636	0,48306193	125685,424
5	AIGÜES DE BARCELONA	100,00%	0,5	0,76	0,04	0,96		0			
6	EMATSA	10,74%	0,98	0,02	1	0	8 (0,21) 11 (0,06)	0,00003921	0,00040584	0,00745593	22669,5357
7	AGUAS DE ALICANTE	16,05%	0,99	0,01	1	0	8 (0,89) 11 (0,27)	0,13897539	0,80784788	2,95313949	217065,114
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,00%	1	0	0	1		8			
9	APEMSA	19,42%	0,98	0,02	1	0	8 (0,18) 11 (0,05)	0,00055217	0,02389269	0,00021827	94445,2535
10	AMVISA	24,30%	0,85	0,15	1	0	8 (0,49) 11 (0,10)	0,00071092	0,02494362	0,01268929	92004,6766
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,00%	2794521,14	-2794520,14	1	0		8			

Tabla 70. Resultados CRS 2020 Modelo 3

Columna1	DMU	Score	X1 {I}H{V}	X2 {I}H{V}	Y1 {O}H{V}	Y2 {O}H{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} Y1 {O}	{S} Y2 {O}
1	AQUONA	100,00%	1	0	1	0		2			
2	EMACSA	26,36%	0,94	0,06	0,67	0,33	8 (0,78) 11 (0,22)	0,08190704	0,39485784	9776075,78	282077,944
3	EMASAGRA	28,32%	0,99	0,01	1	0	1 (0,05) 8 (0,75) 11 (0,20)	0,11789316	3,51750488	0,15206602	199303,857
4	EMUASA	12,99%	0,99	0,01	1	0	8 (0,76) 11 (0,24)	0,0431163	0,11689061	1239141,81	148417,043
5	AIGÜES DE BARCELONA	100,00%	0,5	0,5	0	1		0			
6	EMATSA	39,76%	0,97	0,03	0,51	0,49	8 (0,77) 11 (0,23)	0,00288902	0,0483227	24085850,3	465433,639
7	AGUAS DE ALICANTE	20,88%	1	0	1	0	1 (0,11) 8 (0,70) 11 (0,19)	0,03995207	1,81858121	0,06061404	164402,52
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,00%	1	0	0	1		7			
9	APEMSA	82,12%	0,97	0,03	0,74	0,26	8 (0,77) 11 (0,23)	0,00103954	0,00177809	25159057,7	57269,866
10	AMVISA	41,09%	0,81	0,19	0,66	0,34	8 (0,82) 11 (0,18)	0,00171213	0,28855208	12827277,9	333962,752
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,00%	77845,63	-77844,63	1	0		7			

Tabla 71. Resultados VRS 2020 Modelo 3

Año 2021

Columna1	DMU	Score	X1 {I}H{V}	X2 {I}H{V}	Y1 {O}H{V}	Y2 {O}H{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} Y1 {O}	{S} Y2 {O}
1	AQUONA	100,00%	0	1	1	0		0			
2	EMACSA	32,43%	0,92	0,08	0	1	8 (0,05) 11 (0,36)	0,00197405	0,00696218	453502,998	0,00568134
3	EMASAGRA	60,45%	0,96	0,04	0	1	8 (0,05) 11 (0,76)	0,0055091	0,02514208	7914410,73	0,00049723
4	EMUASA	34,04%	0,99	0,01	1	0	8 (0,02) 11 (0,76)	0,00057622	0,00415813	0,00105825	166721,632
5	AIGÜES DE BARCELONA	16,22%	0,5	0,5	0	1	11 (3,64)	101051870	0,01960268	11231265	0,02193842
6	EMATSA	24,71%	0,99	0,01	1	0	8 (0,01) 11 (0,19)	0,0008419	0,04519729	0,0036764	4478,76169
7	AGUAS DE ALICANTE	30,73%	0,98	0,02	1	0	8 (0,03) 11 (0,70)	0,0022252	0,00578557	0,00587929	95787,7214
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,00%	1	0	0	1		7			
9	APEMSA	39,01%	0,98	0,02	1	0	8 (0,01) 11 (0,14)	0,0002371	0,00104652	0,0004068	70985,3016
10	AMVISA	49,80%	0,89	0,11	1	0	8 (0,11) 11 (0,29)	0,00222386	0,0050996	0,00471707	36184,7589
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,00%	0,99	0,01	0	1		8			

Tabla 72. Resultados CRS 2021 Modelo 3

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	X2 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Y2 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} X2 {I}	{S} Y1 {O}	{S} Y2 {O}
1	AQUONA	100,00%	0	1	1	0		0			
2	EMACSA	48,54%	0,9	0,1	0	1	8 (0,07) 9 (0,62) 11 (0,31)	0,00279766	0,0035516	3140394,39	0,00013558
3	EMASAGRA	65,31%	0,95	0,05	0	1	8 (0,05) 9 (0,20) 11 (0,75)	0,00498385	0,00171851	8843516,61	0,00050469
4	EMUASA	36,74%	0,98	0,02	1	0	8 (0,01) 9 (0,26) 11 (0,72)	0,00104388	0,08765434	0,00425361	147768,201
5	AIGÜES DE BARCELONA	100,00%	0,5	0,5	0	1		0			
6	EMATSA	59,69%	0,98	0,02	0	1	8 (0,00) 9 (0,87) 11 (0,13)	0,00637026	0,01289804	3834728,91	0,00025927
7	AGUAS DE ALICANTE	33,83%	0,97	0,03	1	0	8 (0,03) 9 (0,31) 11 (0,65)	0,00556535	0,01896341	0,0156787	73608,0469
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,00%	1	0	0	1		6			
9	APEMSA	100,00%	0,96	0,04	0,86	0,14		6			
10	AMVISA	73,54%	0,8	0,2	0	1	8 (0,15) 9 (0,68) 11 (0,17)	0,00295856	0,01143597	233000,092	0,0010497
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	100,00%	0,99	0,01	0	1		6			

Tabla 73. Resultados VRS 2021 Modelo 3

Modelo 4. Costo permanente**Año 2019**

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Y2 {O}{V}	Y3 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} Y1 {O}	{S} Y2 {O}	{S} Y3 {O}
1	AQUONA	8,78%	1	0,71	0	0,29	8 (1,94)	0	23703530	52432,5987	28785038,6
2	EMACSA	6,05%	1	0,56	0	0,44	8 (0,56)	0	8345632,61	2021,70108	4917264,5
3	EMASAGRA	6,77%	1	0,68	0	0,32	8 (0,66)	0	21521963,3	2373,27509	569934,558
4	EMUASA	4,29%	1	0,51	0	0,49	8 (0,78)	0	9861325,89	9300,31581	12339609,6
5	AIGÜES DE BARCELONA	100,00%	1	0,45	0	0,55		0			
6	EMATSA	4,34%	1	0,58	0	0,42	8 (0,25)	0	3693779,25	2088,89097	1062792,24
7	AGUAS DE ALICANTE	3,54%	1	0,59	0	0,41	8 (0,83)	0	7305290,14	8168,91387	2515463
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,00%	1	0	1	0		9			
9	APEMSA	5,56%	1	0,62	0	0,38	8 (0,08)	0	5838096,42	2479,60315	3823698,61
10	AMVISA	11,50%	1	0,43	0	0,57	8 (0,45)	0	6441380,16	6378,63793	17807604,6
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	25,30%	1	0,39	0	0,61	8 (1,66)	0	8051484,84	138847,372	51146634,7

Tabla 74. Resultados CRS 2019 Modelo 4

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Y2 {O}{V}	Y3 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} Y1 {O}	{S} Y2 {O}	{S} Y3 {O}
1	AQUONA	143,26%	1	3,29	0	0		0			
2	EMACSA	7,79%	1	0	0	0	8 (1,00)	0	3633579	266002	11755129
3	EMASAGRA	32,98%	1	0,85	0	0	8 (0,53) 11 (0,4)	0	808048277	327511,411	48216924,1
4	EMUASA	8,82%	1	0,4	0	0	8 (0,85) 11 (0,1)	0	0,00897151	179731,066	7305250,86
5	AIGÜES DE BARCELONA	big	1	0	0	0		0			
6	EMATSA	12,86%	1	0	0	0	8 (1,00)	0	16431945	445590	26947733
7	AGUAS DE ALICANTE	7,42%	1	0,39	0	0	8 (0,89) 11 (0,1)	0	0,02689395	134867,23	17012490,8
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	809,13%	1	0	4,1	0		7			
9	APEMSA	23,21%	1	0	0	0	8 (1,00)	0	18988791	549578	30729799
10	AMVISA	14,33%	1	0	0	0	8 (1,00)	0	8519429,95	336062,998	3014510,91
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	518,01%	1	0	0	7,59		3			

Tabla 75. Resultados VRS 2019 Modelo 4

Año 2020

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Y2 {O}{V}	Y3 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} Y1 {O}	{S} Y2 {O}	{S} Y3 {O}
1	AQUONA	9,42%	1	0,73	0	0,27	8 (2,20)	0	31364678,8	97015,9569	33092249,5
2	EMACSA	5,61%	1	0,55	0	0,45	8 (0,61)	0	6911512,53	12164,1921	3961234,54
3	EMASAGRA	6,21%	1	0,66	0	0,34	8 (0,81)	0	13844519,7	16903,8507	4479702,48
4	EMUASA	4,08%	1	0,49	0	0,51	8 (0,89)	0	8629017,54	26562,2514	13227287,8
5	AIGÜES DE BARCELONA	100,00%	1	0,43	0,01	0,56		0			
6	EMATSA	3,40%	1	0,51	0	0,49	8 (0,28)	0	1731317,85	8841,00928	1770634,25
7	AGUAS DE ALICANTE	4,04%	1	0,64	0	0,36	8 (0,95)	0	13956073,7	23681,1613	3778841,19
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,00%	1	0	1	0		9			
9	APEMSA	5,15%	1	0,61	0	0,39	8 (0,10)	0	5239089,77	4437,69568	3218595,14
10	AMVISA	10,58%	1	0,43	0	0,57	8 (0,50)	0	5511394,75	14508,933	16138258,1
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	18,73%	1	0,42	0	0,58	8 (1,72)	0	11192019	124683,361	43428703,6

Tabla 76. Resultados CRS 2020 Modelo 4

Columna1	DMU	Score	X1 {I}{V}	Y1 {O}{V}	Y2 {O}{V}	Y3 {O}{V}	Benchmarks	{S} X1 {I}	{S} Y1 {O}	{S} Y2 {O}	{S} Y3 {O}
1	AQUONA	198,33%	1	3,91	0	0		3			
2	EMACSA	7,01%	1	0	0	0	8 (1,00)	0	3192173	223214	9874460,99
3	EMASAGRA	26,89%	1	0,81	0	0	1 (0,14) 8 (0,86)	0	0,00973096	198892,283	12600299,8
4	EMUASA	11,04%	1	0,39	0	0,03	1 (0,03) 8 (0,84)	0	0,05075334	137208,766	1,30684701
5	AIGÜES DE BARCELONA	big	1	0	0	0		0			
6	EMATSA	10,19%	1	0	0	0	8 (1,00)	0	17165205	403559	24105718
7	AGUAS DE ALICANTE	20,12%	1	0,51	0	0	1 (0,20) 8 (0,80)	0	0,00112082	164016,221	7605611,82
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	1047,35%	1	0	6,31	0		7			
9	APEMSA	21,15%	1	0	0	0	8 (1,00)	0	18284469	495807	28993886
10	AMVISA	12,71%	1	0	0	0	8 (1,00)	0	7503157,99	286361,999	1683493,99
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	337,14%	1	0	0	5		1			

Tabla 77. Resultados VRS 2020 Modelo 4

Año 2021

Columna1	DMU	Score	X1 (I)(V)	Y1 (O)(V)	Y2 (O)(V)	Y3 (O)(V)	Benchmarks	{S} X1 (I)	{S} Y1 (O)	{S} Y2 (O)	{S} Y3 (O)
1	AQUONA	14,34%	1	0,72	0	0,28	8 (1,92)	0	38044403,4	31674,9803	22837203,8
2	EMACSA	8,38%	1	0,51	0	0,49	8 (0,55)	0	6148201,56	43,6872483	7144918,83
3	EMASAGRA	9,70%	1	0,67	0	0,33	8 (1,12)	0	5524804,44	10882,9289	16157367,4
4	EMUASA	6,86%	1	0,64	0	0,36	8 (0,79)	0	21136280,2	5181,32875	3574408,26
5	AIGÜES DE BARCELONA	100,00%	1	0,49	0	0,51	0				
6	EMATSA	5,65%	1	0,57	0	0,43	8 (0,26)	0	3532065,14	2305,02951	1482965,07
7	AGUAS DE ALICANTE	6,21%	1	0,65	0	0,35	8 (0,84)	0	16899002,6	4175,7693	975499,271
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	100,00%	1	0	1	0	9				
9	APEMSA	8,02%	1	0,63	0	0,37	8 (0,30)	0	1,22311769	130025,63	4497088,26
10	AMVISA	17,01%	1	0,42	0	0,58	8 (0,44)	0	6756602,65	2540,40216	18213897
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	32,93%	1	0,39	0	0,61	8 (1,54)	0	14182787,2	92816,1299	61057677,9

Tabla 78. Resultados CRS 2021 Modelo 4

Columna1	DMU	Score	X1 (I)(V)	Y1 (O)(V)	Y2 (O)(V)	Y3 (O)(V)	Benchmarks	{S} X1 (I)	{S} Y1 (O)	{S} Y2 (O)	{S} Y3 (O)
1	AQUONA	197,30%	1	3,85	0	0		3			
2	EMACSA	10,94%	1	0	0	0	8 (1,00)	0	5765665	266364	8908831
3	EMASAGRA	30,20%	1	0,83	0	0	1 (0,14) 8 (0,86)	0	0,00098626	12548,9525	13367312,4
4	EMUASA	26,50%	1	0,57	0	0	1 (0,25) 8 (0,75)	0	0,00063202	257203,574	6387241,06
5	AIGÜES DE BARCELONA	big	1	0	0	0		0			
6	EMATSA	16,26%	1	0	0	0	8 (1,00)	0	16010059	439146	24849743
7	AGUAS DE ALICANTE	22,14%	1	0,52	0	0	1 (0,20) 8 (0,80)	0	0,04255968	202018,833	8633043,83
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	659,93%	1	0	3,93	0		7			
9	APEMSA	33,34%	1	0	0	0	8 (1,00)	0	18377198	540826	29260075
10	AMVISA	20,57%	1	0	0	0	8 (1,00)	0	7942391,99	331119	1592769,99
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	478,73%	1	0	0	6,73		0			

Tabla 79. Resultados VRS 2021 Modelo 4

Modelo 5. Beneficio bruto

Año 2019

Columna1	DMU	Score	X1 (I)(V)	X2 (I)(V)	X4 (I)(V)	Y1 (O)(V)	Benchmarks	{S} X1 (I)	{S} X2 (I)	{S} X4 (I)	{S} Y1 (O)
1	AQUONA	402,38%	0	0	4,02	1	7 (1,53)	30473281,4	354996,953	0,01611	0
2	EMACSA	121,15%	0,2	0,32	0,69	1	7 (0,51) 9 (0,51) 10 (0,22)	0,07976041	0,00079236	0,00318482	0
3	EMASAGRA	100,43%	0	0,26	0,74	1	7 (0,74) 9 (0,55)	12629454,6	0,00060906	0,00330231	0
4	EMUASA	146,07%	0,22	0,36	0,89	1	7 (0,53) 9 (0,24) 10 (0,72)	0,01026408	0,00003901	0,00073126	0
5	AIGÜES DE BARCELONA	158,38%	0,23	0,39	0,96	1	7 (3,45) 9 (1,11) 10 (4,57)	0,09481479	0,00033869	0,00608867	0
6	EMATSA	142,23%	0,25	0,4	0,77	1	7 (0,26) 9 (0,25) 10 (0,04)	0,02354485	0,0002145	0,0233287	0
7	AGUAS DE ALICANTE	85,20%	0,23	0	0,62	1		7			
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	174,24%	0,78	0	0,96	1	7 (0,48) 10 (0,69)	0,0037324	183082,299	0,00873777	0
9	APEMSA	79,16%	0	0,79	0	1		5			
10	AMVISA	65,84%	0,41	0,24	0	1		6			
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	4042144906,56%	40421449,1	0	0,01	1	10 (2,86)	0,00066246	108246,649	14632146,7	0

Tabla 80. Resultados CRS 2019 Modelo 5

Columna1	DMU	Score	X1 (I)(V)	X2 (I)(V)	X4 (I)(V)	Y1 (O)(V)	Benchmarks	{S} X1 (I)	{S} X2 (I)	{S} X4 (I)	{S} Y1 (O)
1	AQUONA	329,19%	0	0	1,9	1	5 (0,06) 7 (0,94)	35482301,2	456830,371	0,00997681	0
2	EMACSA	120,04%	0,02	0,45	0,68	1	3 (0,10) 7 (0,43) 9 (0,19) 10 (0,28)	1,84168755	0,0023947	0,02726302	0
3	EMASAGRA	99,26%	0	0,43	0,52	1		1			
4	EMUASA	131,72%	0	0,4	0,45	1	5 (0,04) 7 (0,38) 10 (0,58)	910987,464	0,00004242	0,00646371	0
5	AIGÜES DE BARCELONA	20,49%	0	0	0	1		4			
6	EMATSA	128,26%	0,82	0	0,77	1	7 (0,08) 9 (0,85) 10 (0,07)	0,08249523	52028,7557	0,22325286	0
7	AGUAS DE ALICANTE	85,18%	0,24	0	0,63	1		5			
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	163,58%	0,58	0	0,41	1	5 (0,02) 7 (0,39) 10 (0,58)	0,00109836	185319,743	0,01685888	0
9	APEMSA	big	0	0	0	1		2			
10	AMVISA	65,74%	0,77	0	0	1		5			
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	2642701943,78%	18911662,6	0,28	0,15	1	5 (0,19) 10 (0,81)	0,09416222	75825,923	34384772,4	0

Tabla 81. Resultados VRS 2019 Modelo 5

Año 2020

Columna1	DMU	Score	X1 (I)(V)	X2 (I)(V)	X4 (I)(V)	Y1 (O)(V)	Benchmarks	{S} X1 (I)	{S} X2 (I)	{S} X4 (I)	{S} Y1 (O)
1	AQUONA	439,30%	0	0	4,39	1	7 (1,53)	30473282,3	354996,95	0,01837438	0
2	EMACSA	124,12%	0	0,5	0,74	1	7 (0,50) 10 (0,33)	2378045,09	0,00026693	0,00532675	0
3	EMASAGRA	103,90%	0	0,47	0,57	1	7 (0,73) 10 (0,12)	15210290	0,00106641	0,01085447	0
4	EMUASA	146,13%	0	0,54	0,92	1	7 (0,52) 10 (0,77)	1117464,68	0,00011183	0,00121334	0
5	AIGÜES DE BARCELONA	225,72%	0	0,84	1,42	1	7 (3,43) 10 (4,81)	5183384,77	0,00091307	0,01489847	0
6	EMATSA	155,20%	0	0,67	0,89	1	7 (0,26) 10 (0,09)	1185691,57	0,00026288	0,03980132	0
7	AGUAS DE ALICANTE	82,61%	0,19	0	0,64	1		7			
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	300,41%	1,37	0	1,63	1	7 (0,48) 10 (0,69)	0,00346521	183082,299	0,00978959	0
9	APEMSA	91,91%	0	0,92	0	1		0			
10	AMVISA	64,54%	0,3	0,34	0	1		7			
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	3848138122,99%	38481381,2	0	0,01	1	10 (2,86)	0,00031293	108246,649	14632146,7	0

Tabla 82. Resultados CRS 2020 Modelo 5

Columna1	DMU	Score	X1 (I)(V)	X2 (I)(V)	X4 (I)(V)	Y1 (O)(V)	Benchmarks	(S) X1 (I)	(S) X2 (I)	(S) X4 (I)	(S) Y1 (O)
1	AQUONA	332,09%	0	0	0	1,29	1 5 (0,06) 7 (0,94)	35482301,2	455830,371	0,0077073	0
2	EMACSA	124,11%	0	0,5	0,74	1	7 (0,50) 9 (0,21) 10 (0,29)	1395686,96	0,00116082	0,00211557	0
3	EMASAGRA	103,89%	0	0,47	0,57	1	7 (0,74) 9 (0,19) 10 (0,08)	14348442,6	0,00421881	0,04439552	0
4	EMUASA	125,36%	0	0,34	0,2	1	5 (0,04) 7 (0,38) 10 (0,58)	910983,995	0,00891978	10,87951	0
5	AIGÜES DE BARCELONA	29,40%	0	0	0	1	4				
6	EMATSA	131,91%	0,95	0	0,89	1	7 (0,08) 9 (0,85) 10 (0,07)	0,0006734	52028,752	0,00119548	0
7	AGUAS DE ALICANTE	82,54%	0,2	0	0,67	1	6				
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	272,76%	0,86	0	0,22	1	5 (0,02) 7 (0,39) 10 (0,58)	0,01369758	185319,74	1,24466599	0
9	APEMSA	big	0	0	0	1	3				
10	AMVISA	64,40%	0,8	0	0	1	6				
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	2087093154,84%	11413682,8	0	0,01	1	5 (0,19) 10 (0,81)	0,01317837	75825,9218	34384772	0

Tabla 83. Resultados VRS 2020 Modelo 5

Año 2021

Columna1	DMU	Score	X1 (I)(V)	X2 (I)(V)	X4 (I)(V)	Y1 (O)(V)	Benchmarks	(S) X1 (I)	(S) X2 (I)	(S) X4 (I)	(S) Y1 (O)
1	AQUONA	403,54%	0	0	0	4,04	1 7 (1,53)	30473282,4	354996,949	0,01490226	0
2	EMACSA	142,90%	0,07	0,58	0,77	1	7 (0,51) 9 (0,51) 10 (0,22)	2,0651066	0,00032155	0,20177181	0
3	EMASAGRA	107,83%	0	0,47	0,6	1	7 (0,74) 9 (0,55)	12629455,4	0,00031093	0,00656925	0
4	EMUASA	138,75%	0,06	0,52	0,8	1	7 (0,53) 9 (0,24) 10 (0,72)	0,27467503	0,00001906	0,00090648	0
5	AIGÜES DE BARCELONA	223,89%	0,1	0,84	1,29	1	7 (3,45) 9 (1,11) 10 (4,57)	1,46212848	0,00014995	0,00576128	0
6	EMATSA	134,10%	0,07	0,58	0,69	1	7 (0,26) 9 (0,25) 10 (0,04)	0,45822631	0,00014638	0,0090796	0
7	AGUAS DE ALICANTE	79,74%	0,18	0	0,62	1	7				
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	145,06%	0,74	0	0,71	1	7 (0,48) 10 (0,69)	0,00122524	183082,299	0,00765964	0
9	APEMSA	87,73%	0	0,88	0	1	5				
10	AMVISA	66,92%	0,32	0,35	0	1	6				
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	3635717660,46%	36357176,6	0	0,01	1	10 (2,86)	0,0002025	108246,649	14632146,7	0

Tabla 84. Resultados CRS 2021 Modelo 5

Columna1	DMU	Score	X1 (I)(V)	X2 (I)(V)	X4 (I)(V)	Y1 (O)(V)	Benchmarks	(S) X1 (I)	(S) X2 (I)	(S) X4 (I)	(S) Y1 (O)
1	AQUONA	304,51%	0	0	0	1,16	1 5 (0,06) 7 (0,94)	35482301,2	455830,371	0,00567926	0
2	EMACSA	142,45%	0	0,63	0,77	1	7 (0,50) 9 (0,21) 10 (0,29)	1395687,08	0,00052352	0,00574654	0
3	EMASAGRA	107,44%	0	0,53	0,53	1	7 (0,74) 9 (0,19) 10 (0,08)	14348442,5	0,00145849	0,02671423	0
4	EMUASA	118,97%	0	0,38	0,13	1	5 (0,04) 7 (0,38) 10 (0,58)	910986,33	0,00859753	7,76831673	0
5	AIGÜES DE BARCELONA	29,68%	0	0	0	1	4				
6	EMATSA	114,08%	0,9	0	0,69	1	7 (0,08) 9 (0,85) 10 (0,07)	0,00078757	52028,752	0,00301492	0
7	AGUAS DE ALICANTE	79,69%	0,19	0	0,64	1	6				
8	MANCOMUNIDAD DE PAMPLONA	131,77%	0,49	0	0,03	1	5 (0,02) 7 (0,39) 10 (0,58)	0,00202186	185319,743	0,13153975	0
9	APEMSA	big	0	0	0	1	3				
10	AMVISA	66,78%	0,82	0	0	1	6				
11	CONSORCIO DE AGUAS DE ASTURIAS	1996738263,25%	11150286,1	0,01	0,02	1	5 (0,19) 10 (0,81)	0,02113588	75825,9184	34384773,2	0

Tabla 85. Resultados VRS 2021 Modelo 5