



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ANÁLISIS ECONÓMICO Y VIABILIDAD DE LA CO-DIGESTIÓN ANAEROBIA Y PRETRATAMIENTOS

Autor: Ángel Gil Ramil

Director: Carlos Morales Polo

Madrid

Julio de 2019

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Ángel Gil Ramil

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Análisis Económico y Viabilidad de la co-digestión anaerobia y pretratamientos, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 22 de Julio de 2019

ACEPTA

Fdo: Ángel Gil Ramil



Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Análisis Económico y Viabilidad de la Co-digestión Anaerobia y
Pretratamientos
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2018/2019 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Ángel Gil Ramil

Fecha: 22/07/2019



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Carlos Morales Polo

Fecha: 22/07/2019





COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ANÁLISIS ECONÓMICO Y VIABILIDAD DE LA CO-DIGESTIÓN ANAEROBIA Y PRETRATAMIENTOS

Autor: Ángel Gil Ramil

Director: Carlos Morales Polo

Madrid

Julio de 2019

ANÁLISIS ECONÓMICO Y VIABILIDAD DE LA CO-DIGESTIÓN ANAEROBIA Y PRETRATAMIENTOS

Autor: Gil Ramil, Ángel.

Director: Morales Polo, Carlos.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia de Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Introducción

Debido al notable aumento de la demanda de energía eléctrica, a la cada vez más preocupante presencia del cambio climático y a que los recursos utilizados para generar gran parte de la energía convencional son limitados, supone algo crucial el desarrollo de fuentes de energía renovable. Entre las distintas fuentes de energía renovable se encuentra el biogás, la cual destaca por su rentabilidad económica y su viabilidad ecológica. Por tanto resulta de gran interés estudiar cualquier proceso que pueda mejorar su rentabilidad.

Un proceso por el cual se lleva a cabo la producción de biogás es la digestión anaerobia, en la cual se produce biogás a partir de aguas residuales o residuos agroalimentarios entre otros. Tradicionalmente se suelen tratar las aguas residuales y los residuos alimentarios por separado, por lo que podría resultar beneficioso el estudio de la digestión anaerobia de ambos de manera simultánea.

Este proyecto llevará a cabo un estudio de distintos tipos de escenarios para comprobar si existen beneficios económicos al llevar a cabo este proceso de digestión conjunta de varias clases de residuos. También se considerará el pretratamiento de los residuos para mejorar la producción de biogás. Una vez estudiados todos los posibles casos, se hará una comparativa para decidir qué escenario es el más rentable de todos.

Metodología

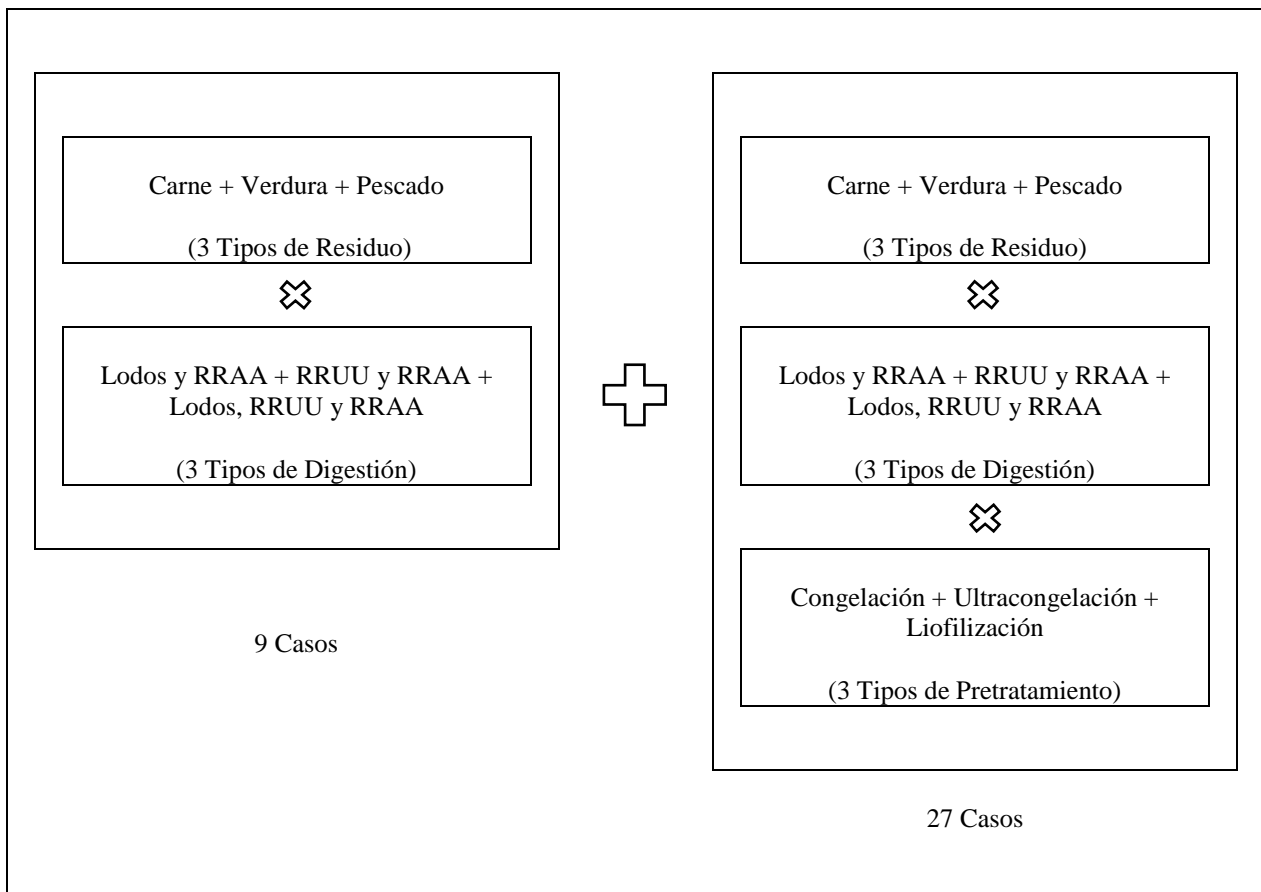
Para llevar a cabo este estudio de rentabilidad económica y viabilidad se propondrán tres escenarios principales de digestión anaerobia:

- Llevar a cabo una digestión conjunta de lodos de aguas residuales de EDAR y residuos agroindustriales en las instalaciones de la EDAR de La Gavia.
- Llevar a cabo una digestión conjunta de residuos urbanos y residuos agroindustriales en las instalaciones del Parque Tecnológico de Valdemingómez.
- Llevar a cabo una co-digestión de lodos de aguas residuales de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales en unas instalaciones propias.

Estos residuos agroindustriales serán de tres tipos: carne, pescado y verdura. Serán tratados independientemente unos de otros en cada escenario, aunque económicamente se considerarán conjuntamente.

Además, también se estudiará la posibilidad de aplicar pretratamientos a los residuos agroindustriales para mejorar sus características de cara a la digestión anaerobia con el resto de residuos. Los pretratamientos estudiados serán de tres clases: congelación, ultrcongelación y liofilización.

Las distintas combinaciones de escenarios, residuos y pretratamientos dan lugar a un total de 36 casos. La siguiente figura trata de explicar de forma esquematizada en qué constarán los 36 casos:



36 Casos

Para analizar económicamente los 36 casos se recogerán datos de la producción de biogás de cada uno de ellos y se obtendrán las ganancias y los costes correspondientes dependiendo del escenario y del pretratamiento (o ausencia de este) que se esté llevando a cabo.

Hay que tener en cuenta que en los dos primeros escenarios las instalaciones son cedidas, mientras que en el tercero las instalaciones son propias, por tanto los ingresos y los costes serán muy diferentes.

Resultados

En este apartado se muestran los beneficios acumulados a lo largo de doce años para el caso más desfavorable y el más rentable económicamente obtenidos en función de las características de cada caso.

El caso más desfavorable es aquel en el que se lleva a cabo la digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con congelación. Como se puede observar, este caso conlleva pérdidas muy elevadas:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	-1,166,174 €	-2,345,760 €	-3,538,910 €	-4,745,782 €	-5,966,533 €	-7,201,322 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	-8,450,312 €	-9,713,665 €	-10,991,546 €	-12,284,124 €	-13,591,565 €	-14,914,043 €

Por otro lado, el caso más rentable económicamente es aquel en el que se lleva a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos industriales y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con liofilización. Los beneficios de este caso, al contrario que en el caso anterior, son muy altos:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	2,400,563 €	4,828,732 €	7,284,826 €	9,769,164 €	12,282,073 €	14,823,879 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	17,394,917 €	19,995,521 €	22,626,033 €	25,286,795 €	27,978,156 €	30,700,468 €

Conclusiones

Finalmente, una vez estudiados los 36 casos, se contabilizan los beneficios acumulados totales del periodo de estudio, del año 2019 al 2030. Para esto, se han sumado los beneficios de los tres tipos de residuos agroindustriales para cada combinación de tipo de escenario y pretratamiento.

Una vez hecho esto se tiene una comparativa final de cuál es el tipo de digestión más rentable. Así, el caso de produce mayores beneficios económicos es aquel en el que se lleva a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales tratados con liofilización en los digestores de unas instalaciones propias:

Instalaciones Propias con liofilización	
Residuo Agroindustrial	Beneficio Acumulado 2030
Carne	28,894,491 €
Verdura	30,700,468 €
Pescado	28,852,578 €
Coste de la Inversión	10,098,000 €
78,349,537 €	

Los ingresos obtenidos son tal altos que, a pesar de los costes por tratarse de unas instalaciones propias y el coste de inversión que ha de ser cubierto, los beneficios siguen siendo muy elevados.

Una vez finalizado este estudio se pueden sacar en claro los siguientes highlights:

- La opción más rentable es la co-digestión con liofilización.
- La co-digestión en unas instalaciones propias es el escenario con más beneficios.
- El escenario menos rentable es aquel en que las instalaciones son cedidas por La Gavia.
- Los pretratamientos suponen costes elevados.
- El pretratamiento más costoso es la congelación y el más rentable es la liofilización.

ECONOMIC ANALYSIS AND VIABILITY OF THE ANAEROBIC CO-DIGESTION AND PRETREATMENTS

Author: Gil Ramil, Ángel

Supervisor: Morales Polo, Carlos

Partner entity: ICAI – Universidad Pontificia de Comillas

ABSTRACT

Introduction

Due to the increasing electric energy demand, the worrying consequences of the climate change and the limited resources necessary to generate the great part of conventional energy, it is critical to develop renewable energy resources. One of this renewable energies is the biogas, which can be distinguished by its economic profitability and its ecologic viability. This is why it is very interesting to study any process that can improve its profitability.

The anaerobic digestion is one of the processes that generates this biogas, being produced from residual waters and food waste. Traditionally, the residual waters and the food waste are treated separately, so it could be profitable to study the simultaneous digestion of both of them.

This project will carry out a study of different types of scenarios to check if there are any economic benefits in performing a simultaneous anaerobic digestion of different waste types. It will also be considered the pretreatment of the waste to improve the biogas production. Once all the cases have been studied, they will be compared to decide which scenario is the most profitable of them.

Methodology

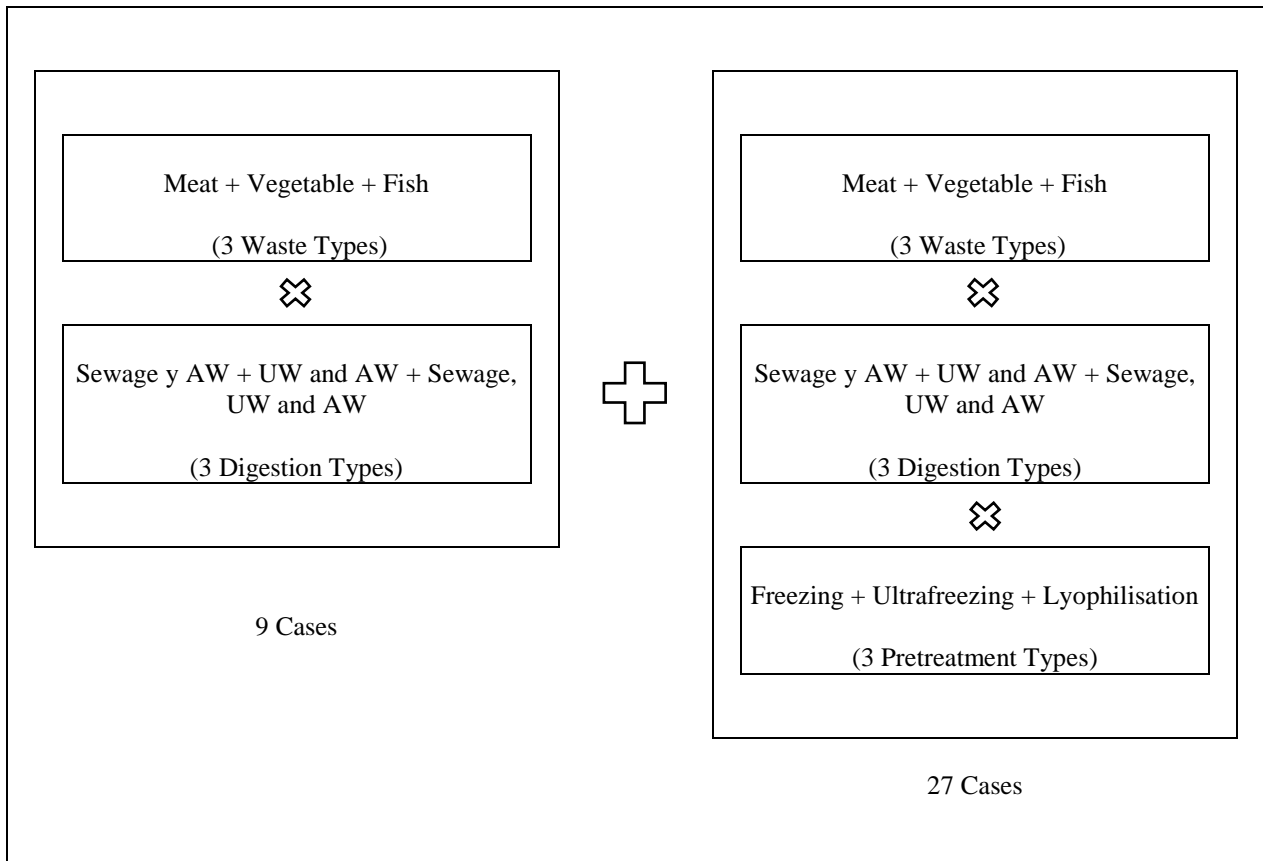
In order to carry out an economic profitability and viability study three scenarios will be considered:

- To carry out a simultaneous digestion of sewage from water treatment plant and agroindustrial waste at La Gavia facilities.
- To carry out a simultaneous digestion of urban waste and agroindustrial waste at the Parque Tecnológico de Valdemingómez facilities.
- To carry out a co-digestion of sewage from water treatment plant, urban waste and agroindustrial waste at owned facilities.

Three types of agroindustrial waste will be studied: meat, vegetables and fish. They will be digested independently each one from the others in each scenario, but they will be considered simultaneously in economic terms.

Besides, it will also be studied the possibility of applying pretreatments to the agroindustrial waste to improve its properties in the anaerobic digestion respect to the other types of waste. There will be three types of pretreatments considered: freezing, ultrafreezing and lyophilisation.

The different possible scenario, waste and pretreatments combinations lead to an amount of 36 different cases:



36 Cases

In order to economically analyze this 36 cases biogas production data of each of them will be collected and depending on the scenario and the pretreatment, the different gains and losses will be calculated.

It has to be taken in account that in the first two scenarios the facilities will be given, but in the third scenario the facilities will be owned, so the gains and losses will differ from one case to another.

Results

In this section accumulated profit along twelve years will be shown for the worst and the best case.

The worst case is that one where there is an anaerobic digestion with sludge sewage from depuration station and meat agroindustrial waste pretreated with freezing. This case leads to very high losses as can be seen below:

Year	1	2	3	4	5	6
Accumulated Profits	-1,166,174 €	-2,345,760 €	-3,538,910 €	-4,745,782 €	-5,966,533 €	-7,201,322 €
Year	7	8	9	10	11	12
Accumulated Profits	-8,450,312 €	-9,713,665 €	-10,991,546 €	-12,284,124 €	-13,591,565 €	-14,914,043 €

On the other hand, the most profitable case is that one where there is an anaerobic co-digestion with sludge sewage from depuration station, urban waste and vegetable agroindustrial waste pretreated with lyophilisation. On the contrary to the case above, profits are huge:

Year	1	2	3	4	5	6
Accumulated Profits	2,400,563 €	4,828,732 €	7,284,826 €	9,769,164 €	12,282,073 €	14,823,879 €
Year	7	8	9	10	11	12
Accumulated Profits	17,394,917 €	19,995,521 €	22,626,033 €	25,286,795 €	27,978,156 €	30,700,468 €

Conclusions

Finally, once the 36 cases are studied, accumulated of the whole study period profits are accounted, from year 2019 to year 2030. The three agroindustrial waste profits have been added for each scenario and pretreatment combination.

Then, a final comparison is available that make it possible to choose which case is the most profitable. So the most profitable case is that one where a co-digestion of sludge sewage from depuration station, urban waste and agroindustrial waste treated with lyophilisation is carried out in own facilities:

Owned facilities with lyophilisation	
Agroindustrial Waste	Accumulated Profit 2030
Meat	28,894,491 €
Vegetable	30,700,468 €
Fish	28,852,578 €
Investment Cost	10,098,000 €
78,349,537 €	

The obtained profits are such high that, despite all the owned facilities costs and the investment cost, economic benefits still being enormous.

Once this study has been finished it is possible to state some highlights:

- The most profitable option is the co-digestion with lyophilisation.
- The co-digestion carried out in own facilities is the most profitable scenario.
- The less profitable scenario is that one where the facilities are given by La Gavia.
- Pretreatments mean very high costs.
- The most expensive pretreatment is the freezing and the most profitable is the lyophilisation.

Contenido

1.	Introducción.....	1
1.1.	Contexto.....	1
1.2.	Objetivos.....	2
2.	Estado del Arte	3
2.1.	Biogás	3
2.2.	Digestión Anaerobia	4
2.3.	Aguas Residuales	6
2.3.1.	EDARs.....	7
2.4.	Residuos Agroindustriales	10
2.5.	Codigestión Anaerobia	12
2.5.1.	Instalaciones de Co-digestión anaerobia en la actualidad.	13
2.6.	Situación actual y potencial del biogás.....	14
3.	Objetivos.....	17
4.	Metodología.....	19
4.1.	La Gavia.....	20
4.2.	Parque Tecnológico de Valdemingómez	23
4.3.	Residuos estudiados	26
4.4.	Pretratamientos	29
4.5.	Datos utilizados.....	31
4.5.1.	Datos de los residuos agroindustriales.....	31

4.5.2.	Datos de la EDAR de La Gavia.....	36
4.5.3.	Datos del Parque Tecnológico de Valdemingómez.....	37
4.5.4.	Datos de la Co-digestión	39
5.	Resultados.....	45
5.1.	CASO I: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo carne en los digestores de la EDAR de La Gavia.....	45
5.2.	CASO II: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo pescado en los digestores de la EDAR de La Gavia	48
5.3.	CASO III: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo pescado en los digestores de la EDAR de La Gavia.....	52
5.4.	CASO IV: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con congelación en los digestores de la EDAR de La Gavia	56
5.5.	CASO V: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con congelación en los digestores de la EDAR de La Gavia	60
5.6.	CASO VI: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con congelación en los digestores de la EDAR de La Gavia	64
5.7.	CASO VII: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con ultracongelación en los digestores de la EDAR de La Gavia	68
5.8.	CASO VIII: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con ultracongelación en los digestores de la EDAR de La Gavia	72

5.9. CASO IX: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con ultracongelación en los digestores de la EDAR de La Gavia	76
5.10. CASO X: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con liofilización en los digestores de la EDAR de La Gavia	80
5.11. CASO XI: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con liofilización en los digestores de la EDAR de La Gavia	84
5.12. CASO XII: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con liofilización en los digestores de la EDAR de La Gavia.....	88
5.13. CASO XIII: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez.....	92
5.14. CASO XIV: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez.....	95
5.15. CASO XV: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez.....	98
5.16. CASO XVI: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con congelación en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez	101
5.17. CASO XVII: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con congelación en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez	105

5.18. CASO XVIII: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con congelación en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez.....	109
5.19. CASO XIX: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con ultracongelación en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez.....	113
5.20. CASO XX: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con ultracongelación en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez.....	117
5.21. CASO XXI: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con ultracongelación en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez.....	121
5.22. CASO XXII: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con liofilización en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez.....	125
5.23. CASO XXIII: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con liofilización en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez.....	129
5.24. CASO XXIV: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con liofilización en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez.....	133
5.25. CASO XXV: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne en los digestores de unas instalaciones propias	137
5.26. CASO XXVI: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura en los digestores de unas instalaciones propias	143

5.27.	CASO XXVII: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado en los digestores de unas instalaciones propias	149
5.28.	CASO XXVIII: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con congelación en los digestores de unas instalaciones propias.....	155
5.29.	CASO XXIX: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con congelación en los digestores de unas instalaciones propias.....	161
5.30.	CASO XXX: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con congelación en los digestores de unas instalaciones propias.....	167
5.31.	CASO XXXI: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con ultracongelación en los digestores de unas instalaciones propias	173
5.32.	CASO XXXII: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con ultracongelación en los digestores de unas instalaciones propias	179
5.33.	CASO XXXIII: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con ultracongelación en los digestores de unas instalaciones propias	185
5.34.	CASO XXXIV: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con liofilización en los digestores de unas instalaciones propias.....	191
5.35.	CASO XXXV: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con liofilización en los digestores de unas instalaciones propias	197

5.36. CASO XXXVI: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con liofilización en los digestores de unas instalaciones propias	203
6. Conclusiones.....	211
7. Highlights	217
8. Bibliografía.....	219

1. Introducción

1.1. Contexto

Debido al notable aumento de la demanda de energía eléctrica, a la cada vez más preocupante presencia del cambio climático y a que los recursos utilizados para generar gran parte de la energía convencional son limitados, supone algo crucial el desarrollo de fuentes de energía renovable.

Entre las distintas fuentes de energía renovable se encuentra el biogás, la cual destaca por su rentabilidad económica y su viabilidad ecológica, siendo “la única energía renovable que puede usarse para cualquiera de las grandes aplicaciones energéticas” según el Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía (IDAE). Teniendo entonces en cuenta que las fuentes de energía renovable serán el futuro para la producción energética, resulta de gran interés estudiar cualquier proceso que pueda mejorar su rentabilidad.

Un proceso por el cual se lleva a cabo la producción de biogás es la digestión anaerobia, en la cual se produce biogás a partir de aguas residuales o residuos agroalimentarios entre otros. Tradicionalmente se suelen tratar las aguas residuales y los residuos alimentarios por separado, por lo que puede que resulte beneficioso el estudio de la digestión anaerobia de ambos de manera simultánea.

El hecho de que, por un lado, se pueda mejorar el rendimiento de la producción de biogás y, por otro lado, se pueda alcanzar un ahorro económico, hace que esta tecnología pueda ser crucial para el futuro de la generación de biogás y de las energías renovables en España.

1.2. Objetivos

Los principales objetivos de este proyecto se recogen a continuación:

- Realización de un análisis económico de la co-digestión conjunta de aguas residuales de EDAR junto con residuos urbanos y residuos agroindustriales, así como un estudio del rendimiento de la producción de biogás.
- Realización de un análisis económico del pretratamiento de residuos agroindustriales junto con un estudio del rendimiento de la producción de biogás.
- Se llevará a cabo una comparativa entre los procesos estudiados y los procesos convencionales llevados a cabo actualmente.
- Se concluirá si es recomendable llevar a cabo los procesos estudiados o si resulta más beneficioso seguir utilizando los procesos actuales.

2. Estado del Arte

2.1. Biogás

[1] El biogás es un gas que está formado principalmente por metano (CH_4) y por dióxido de carbono (CO_2), pudiendo variar estos componentes su proporción en función de la materia orgánica a partir de la cual se haya generad el biogás. Como fuentes principales de producción de biogás se pueden destacar los residuos ganaderos y agroindustriales, los lodos provenientes de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDARs) y la fracción orgánica de los residuos domésticos.

De entre todas las fuentes de energía renovable, el biogás es la única que puede ser usada para generar cualquiera de los tres grandes tipos de energía: eléctrica, térmica o carburante. Las aplicaciones del biogás son tan amplias que puede desde ser canalizado para uso directo en una caldera especializada para su combustión, hasta inyectarse en las infraestructuras de gas natural existentes al purificarse a biometano.

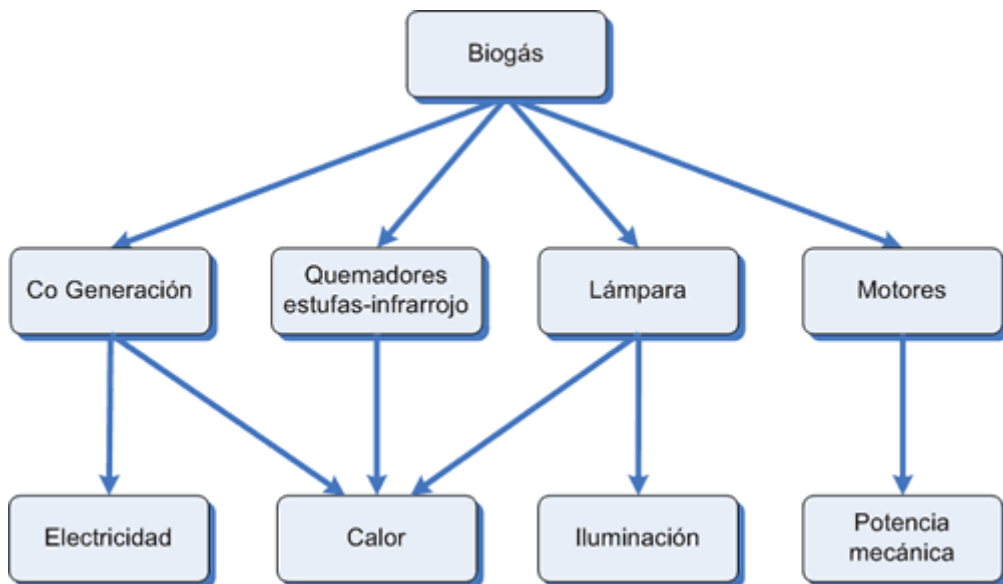


Figura 1: Aplicaciones del biogás. Fuente [1]

[2] la generación de biogás ocurre cuando la materia orgánica se biodegrada debido a la acción de microorganismos y otros factores, en un ambiente anaeróbico (en ausencia de oxígeno), pudiendo ocurrir tanto en medios naturales como en dispositivos específicos. Entre estos dispositivos específicos destacan los biodigestores, que dan lugar a la digestión anaerobia.

2.2. Digestión Anaerobia

[3] La digestión anaerobia se define como una fermentación microbiana en ausencia de oxígeno a partir de la cual se produce biogás, ya explicado anteriormente, y lodo, una suspensión acuosa en la que se encuentran los microorganismos que llevan a cabo la degradación de la materia orgánica. Este tipo de tratamiento tiene resultados óptimos cuando la materia prima introducida es una biomasa residual que contenga altos contenidos de humedad como, por ejemplo, restos de comida, residuos ganaderos o aguas residuales.

[3] Aunque la cantidad de biogás producida durante la digestión anaerobia es muy variable, la cantidad producida suele estar alrededor de un valor de 350 litros por kilogramo de sólido degradable. Este biogás puede ser utilizado para procesos muy variados como actuar de fuente de calor, la combustión en calderas de vapor para calefacción o como combustible de motores acoplados a generadores eléctricos.

Una de las principales aplicaciones de la digestión anaerobia es en la depuración de aguas residuales y residuos orgánicos fermentables. Alternativamente a la digestión anaerobia existe la digestión aerobia pero, debido a la producción de biogás, a la no necesidad de oxígeno en el proceso y a la reducción de costos de tratamiento de los lodos gracias a que se generan en menor medida, el proceso anaerobio resulta mucho más ventajoso.

[3] Durante el proceso de digestión anaerobia una gran cantidad de microorganismos degradan la materia orgánica en cuatro etapas sucesivas:

- Hidrólisis o liquefacción: Se produce la conversión de los polímeros en sus respectivos monómeros.
- Acidogénesis: Los compuestos orgánicos solubles producidos en la hidrólisis se convierten en ácidos orgánicos
- Acetogénesis: Los productos de la acidogénesis se convierten en ácido acético, hidrógeno y CO.
- Metanogénesis: En esta etapa se produce CH_4 a partir de los productos de la acetogénesis.

El siguiente diagrama esquematiza las distintas etapas que se han tenido en cuenta en la digestión anaerobia:

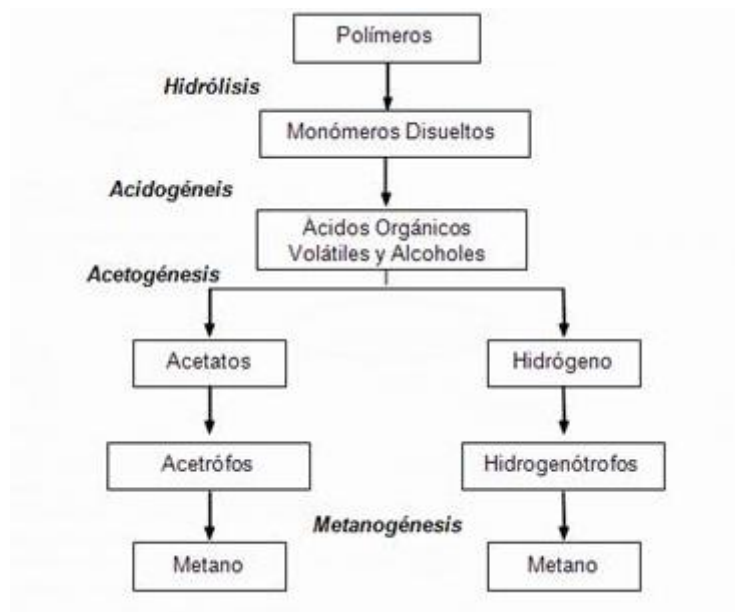


Figura 2: Etapas durante la digestión anaerobia. Fuente [3]

[3] En términos de la depuración de aguas residuales, la digestión anaerobia tiene una gran cantidad de ventajas respecto a otros procesos, entre las que se pueden destacar:

- Un consumo de energía muy bajo debido a aspectos como la ausencia de oxígeno o la no necesidad de un mezclado intenso.
- La mayor parte del componente orgánico presente es convertido en biogás, el cual se puede transformar en energía aprovechable en la propia planta de producción de biogás o pudiendo proveerse a la red
- La producción de lodos es muy pequeña.
- Tiene costes de inversión bajos ya que se aplican altas cargas orgánicas al reactor y los tiempos de la retención son cortos.

2.3. Aguas Residuales

[4] Como aguas residuales se entienden aquellas que, tras haber sido usadas por el hombre, suponen un peligro y, al contener un gran número de sustancias y microorganismos, se han de desechar.

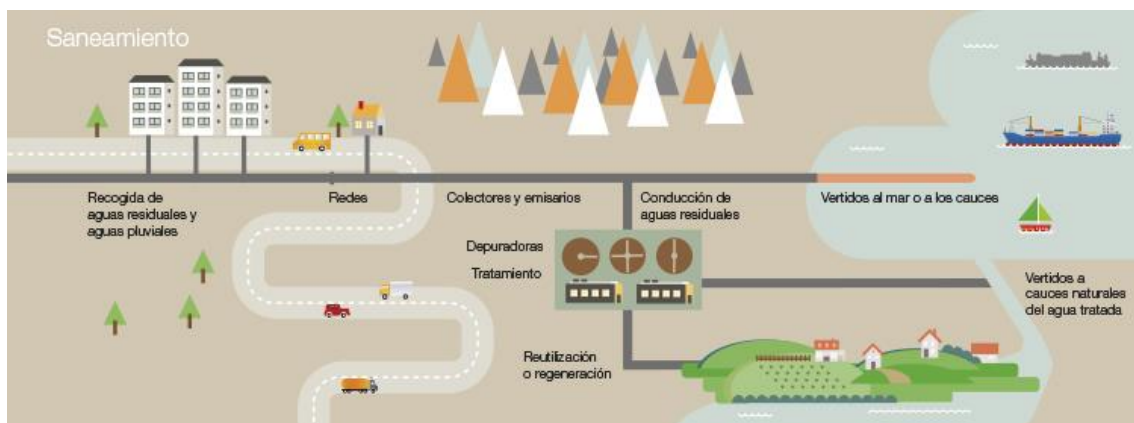


Figura 3: Ciclo de las aguas residuales. Fuente [21]

Las aguas residuales pueden tener distintos orígenes:

- Aguas residuales domésticas o aguas negras: Son aquellas que provienen de las heces y la orina humanas, del aseo personal, de la cocina y de la limpieza del hogar. Tienen alto contenido en materia orgánica y microorganismos, restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.
- Aguas blancas: Proviene tanto de fenómenos atmosféricos como la lluvia, la nieve o el hielo, como del riego y limpieza de las calles, parques y lugares públicos.
- Aguas residuales industriales: Son aquellas originadas por los procesos de las fábricas y establecimientos industriales. Se caracterizan por su contenido en aceites, detergentes, antibióticos, ácidos, grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico vegetal o animal.
- Aguas residuales agrícolas: Son las aguas residuales que provienen de las labores agrícolas en las zonas rurales.

Debido a su gran contenido contaminante y tóxico, las aguas residuales, antes de que sean devueltas al medio ambiente, han de ser tratadas mediante depuración, la cual consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que eliminan los contaminantes.

Las aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas son llevadas mediante una red de saneamiento a las estaciones depuradoras de aguas residuales, también conocidas como EDARs para su tratamiento.

2.3.1. EDARs

Como ya se ha mencionado anteriormente, las estaciones depuradoras de aguas residuales o EDARs se encargan de eliminar la contaminación de las aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas para que puedan volver a ser devueltas al medio ambiente.

[5] Los objetivos de una EDAR son los siguientes:

- Reducir la demanda biológica de oxígeno y la demanda química de oxígeno.
- Disminuir la cantidad de sólidos en suspensión.
- Reducir la cantidad de Nitrógeno y Fósforo.
- Disminuir la cantidad de coliformes.
- Estabilizar los fangos para gestionarlos de manera segura.

[5] En toda estación depuradora de aguas residuales se pueden diferenciar la línea de aguas y la línea de fangos, cada una con sus respectivos procesos. La siguiente figura muestra de forma esquemática todos los procesos o etapas que conforman una EDAR.

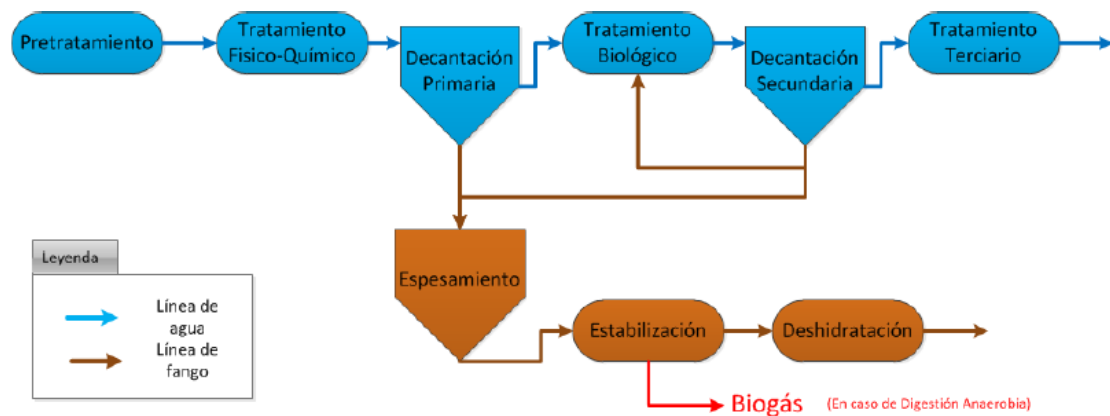


Figura 4: Etapas de una EDAR. Fuente [5]

Respecto a la línea de aguas, los distintos procesos para la depuración de las aguas residuales son los siguientes:

- Pretratamiento: En esta etapa se eliminan todas las materias gruesas, arenas y flotantes que puedan llegar a afectar a cualquiera de los procesos posteriores o que puedan acarrear la avería de algún equipo. El pretratamiento conforma los procesos de desbaste, desarenado y desengrasado.
- Tratamiento primario: El tratamiento primario es el encargado de la decantación de aquellos sólidos en suspensión que, al ser de menor tamaño, los procesos de pretratamiento no han sido capaces de eliminar. Este proceso es conocido como decantación primaria.

- Tratamiento secundario: El objetivo de esta etapa es continuar disminuyendo la cantidad de demanda biológica de oxígeno a partir de la biodegradación de la materia orgánica mediante productos no contaminantes. El tratamiento secundario consta del reactor biológico y de la decantación secundaria. En el reactor biológico se trata de transformar la materia orgánica disuelta en el agua en sus componentes minerales para que después sea separada del agua mediante la decantación secundaria.
- Tratamiento terciario: Este tratamiento se lleva a cabo cuando se necesitan unas condiciones determinadas del agua para usos específicos del agua depurada, las cuales son una demanda biológica de oxígeno inferior a 25 mg/l, una cantidad de sólidos en suspensión inferior a 35 mg/l, la eliminación total de compuestos tóxicos y una mayor reducción de nutrientes.

[5] Los fangos separados de las aguas depuradas provenientes de la decantación primaria y la decantación secundaria son tratados de manera independiente en lo conocido como la línea de fango. Las etapas de la línea de fango son las siguientes:

- Espesamiento: En esta etapa se distinguen los espesadores por gravedad y los espesadores por flotación. Los espesadores por gravedad son típicos de los fangos provenientes de la decantación primaria y son semejantes a un decantador de menor tamaño encargado de separar el lodo del agua. Los espesadores por flotación son característicos de los fangos provenientes de la decantación secundaria. Ya que estos son más ligeros que los fangos primarios, mediante la introducción de agua presurizada y saturada de oxígeno, se hacen flotar los flóculos, separando así el lodo del agua.
- Estabilización: Los objetivos de esta etapa son la disminución de la materia volátil, la mineralización de la materia orgánica, la neutralización de las bacterias y los virus y la concentración de lodos. Se distinguen dos alternativas en esta etapa, la digestión aerobia y la digestión anaerobia. La principal diferencia entre estos dos tipos de digestión es que en el caso de la digestión anaerobia, esta se realiza en ausencia de oxígeno, de forma que se produce biogás, lo cual es el elemento principal de este estudio.

- **Deshidratación del fango:** Es la etapa final del tratamiento de fangos para que estos puedan ser reutilizados en forma de abono o en la agricultura, eliminados, ya sea en vertedero o siendo incinerados, o convertidos en combustible.

Como se puede comprender, este estudio solo se centrará en la digestión anaerobia de la línea de fangos.

2.4. Residuos Agroindustriales

Se conoce como agroindustria a la actividad económica que combina el proceso productivo agrícola con el industrial para generar alimentos o materias primas semielaboradas destinadas al mercado [6]. Son muchísimas las ventajas que conlleva el desarrollo de la agroindustria, pero a su vez, también va en aumento la cantidad de residuos que se generan con ella. Las actividades de este tipo que generan residuos van desde actividades primarias como la agricultura, hasta la producción pecuaria o la transformación de materia prima de origen biológico.

Los residuos agroindustriales tienen muy pocas alternativas desde el punto de vista económico, social y nutricional, además de que suponen importantes fuentes de contaminación de suelo, agua y aire [6]. Por esto existe un gran interés en tratar estos residuos de forma que puedan ser reutilizados y que no contaminen el medio ambiente.



Figura 5: Residuos agroindustriales

Una de las técnicas que cada vez se está utilizando más para el trato de estos residuos es la generación de biogás a partir de ellos. Esta tecnología supone la más interesante en cuanto aprovechamiento energético de los residuos. En España se producen anualmente 50 millones de toneladas de residuos orgánicos agroindustriales, los cuales son potencialmente valorizables para la producción de biogás [7]. Como ya se ha comentado en apartados anteriores, estos residuos serán tratados en un digestor anaerobio para que se lleve a cabo la producción de biogás.

[8] Algunos ejemplos de producción de biogás a partir de residuos orgánicos practicados en Europa son los siguientes:

- Estación de energía bioeléctrica: Una pyme polaca produce biogás, energía eléctrica limpia, energía calorífica y un fertilizante orgánico a partir de plantas y biomasa animal.
- Tecnología para aumentar la eficiencia de plantas de producción de biogás: una pyme sueca suministra tecnologías y servicios de diseño y funcionamiento eficiente de plantas de biogás y ofrece investigación en el área de instrumentación, control y automatización de procesos de digestión anaeróbica.

- Nueva tecnología de filtración híbrida para desulfuración química/biológica de biogás: Una empresa alemana ha desarrollado un sistema de desulfuración basado en una tecnología de filtración híbrida.
- Tecnología y know-how para procesamiento y distribución de residuos orgánicos y transformación en metano: Una empresa islandesa está desarrollando un proceso de producción de biogás limpio como fuente de combustible para automóviles a partir de estiércol y residuos de pescado.

2.5. Codigestión Anaerobia

La co-digestión es un proceso que consiste en el tratamiento conjunto de varios tipos de residuos de distinta naturaleza, los cuales pueden ser tratados independientemente, con el fin de conseguir aspectos positivos tanto desde un punto de vista del proceso como de ahorro económico.

[9]Desde el punto de vista del proceso destacan las siguientes ventajas:

- Aumento en el rendimiento metanogénico o en la capacidad de producir metano.
- Mejora de la estabilidad del proceso debido a la complementariedad de los residuos tratados.
- Posibilidad de tratar residuos que, de manera independiente, resulta inviable o muy problemático.
- Mejora de la calidad del producto final respecto al contenido de nutrientes.

La gran clave de los beneficios de la co-digestión es que, gracias a la intervención de varios residuos, se equilibran ciertos parámetros que marcan la evolución del proceso de la digestión [9].

[9] Más concretamente, en el caso de las instalaciones de depuración de aguas residuales o EDARs, tradicionalmente se ha llevado a cabo un proceso de digestión anaerobia para tratar los lodos o fangos provenientes de las aguas residuales, reduciendo su volumen y disminuyendo los gastos de asociados a su gestión. A pesar de las características beneficiosas de este proceso, el hecho de tratar únicamente los lodos supone que el proceso de digestión no sea óptimo en el ámbito de producción de biogás. Sin embargo, si adicionalmente a los lodos provenientes de las aguas residuales, se realizase una co-digestión conjunta con otros residuos orgánicos con características adecuadas o complementarias a los lodos, se podrían conseguir mayores cantidades de biogás con respecto a la digestión individual.

2.5.1. Instalaciones de Co-digestión anaerobia en la actualidad.

La siguiente tabla muestra a modo de resumen las distintas plantas que trabajan con co-digestión actualmente en España y los distintos residuos y co-residuos que tratan cada una de ellas [18]:

Planta (Ubicación)	Residuos	Co-residuos
Miralcamp (Lérida)	Purín Porcino	Aceite de soja, lodos de agroindustrias, residuos de mermeladas y patata
Vila-Sana (Lérida)	Purín Porcino (80%)	Residuos orgánicos derivados del alcohol, aceites vegetales, frutas, cebolla y leche, lodos de EDAR
Requena (Valencia)	Estiércol Vacuno	Heno, pulpa de naranja (sin limoneno)
Osa de la Vega (Cuenca)	Purín Porcino	Estiércol de oveja, sueros ovinos
Mendigorría (Navarra)	Purín Porcino	Residuos vegetales, lodos lácteos, lodos de agroindustrias
Caparroso (Navarra)	Purín Vacuno	Residuos de agroindustrias

Figura 6: Plantas que trabajan con co-digestión en España en la actualidad. Fuente [18]

2.6. Situación actual y potencial del biogás

[10] Desde Enero de 2012, el biogás atraviesa una situación compleja en España, debido a la publicación del Real –Decreto-ley 1/2012, por la cual se suspenden los procesos de preasignación de retribución y los incentivos económicos para nuevas plantas de generación eléctrica mediante cogeneración, energías renovables y residuos. Sin embargo, el desarrollo de gas natural renovable o el enriquecimiento del biogás para su inyección en la red de gas natural dejan una predicción optimista para el futuro del biogás.

[10] En cambio, la situación del biogás en Europa durante los últimos años ha sido muy diferente. En los principales países europeos se llevaron a cabo leyes de apoyo a la generación de biogás, llegando a un número de más de 20.000 plantas de biogás instaladas en la actualidad. Se estima que en España se produzca un proceso similar, con una urgente descarbonización y sostenibilización del biogás, siendo el gas natural renovable la mejor de las opciones.

[10] Diversas instituciones públicas y privadas como, por ejemplo, el IDEA, la FGER, AEBIG, Naturgy o Enagas, han llevado a cabo estudios sobre el futuro del biogás en nuestro país durante los próximos años, mostrando un gran potencial, sobre todo en el sector agroindustrial. Actualmente, el proyecto más relevante puesto en marcha en la actualidad en España es la planta de biogás con capacidad de 4.5 MW de Navia. Existen también una serie de iniciativas de I+D relacionados con la producción de gas natural renovable o la valorización de digestatos desarrollándose (Life Metamorphosis, In-Brief o Anadry).

En la siguiente tabla se muestra el potencial disponible de la producción de biogás en España[11].

	Potencial Total (ktep/año)	Potencial Accesible (ktep/año)	Potencial Disponible (ktep/año)	
Biogás de la Fracción orgánica de residuo sólido urbano (FORSU)	778,1	311,2	124,5	} Desarrollado
Biogás de Vertedero (VER)	957,9	208,8	145,6	
Biogás de Estaciones depuradoras urbanas de aguas residuales (EDAR)	164,4	123,3	N.D.	
Subtotal FORSU+VER+EDAR	1.122,30	434,5	270,1	
Ganadería	2.925,50	1.361,60	1.130,30	} Por desarrollar
Industrias Alimentarias (Origen Animal)	135,7	135,7	81,4	
Industrias Alimentarias (Origen Vegetal)	215,9	215,9	117,1	
Industrias Alimentarias (Lodos EDARI)	15,9	15,9	12,7	
Distribución Alimentaria (DAL)	33,8	27	27	
Hoteles, Restaurantes y Catering (HRC)	47,4	37,9	37,9	
Plantas de Biocombustibles	93,3	93,3	18,7	
Subtotal AGROINDUSTRIAL	3.467,50	1.887,40	1.425,10	
TOTAL BIOGÁS	4.589,80	2.321,90	1.695,20	

Figura 7: Resultados del potencial total, accesible y disponible del biogás en España. Fuente [11]

El año 2019 presenta una situación bastante optimista con el desarrollo de diversos proyectos de biogás con su posible puesta en marcha en el año 2020. Algunos de los motivos para este optimismo se presentan a continuación:

- España posee una de las industrias agroalimentarias más potentes de Europa, generando cantidades enormes de residuos, lo cual conlleva un gran potencial para la explotación del biogás.
- La puesta en marcha de la descarbonización y el desarrollo del gas natural renovable suponen un importante papel en el futuro mix energético.
- El hecho de que España es un país con gran aridez y escasez de agua da lugar a que se deban desarrollar procesos para optimizar la explotación de recursos orgánicos.
- La estructura empresarial española está lista para ser capaz de promover, construir y operar las plantas de biogás.
- El hecho de que en España el desarrollo del biogás no haya seguido un proceso similar al resto de países Europeos es algo poco peculiar, que se espera que acabe pronto.

3. Objetivos

En la actualidad, la preocupante escasez de recursos y la falta de nuevas maneras de explotarlos, suponen que sea indispensable tratar de sacar la mayor rentabilidad posible de las tecnologías que, aunque ya funcionen, no son llevadas a cabo de manera óptima.

Teniendo en cuenta lo anterior, el fin de este proyecto es encontrar métodos que mejoren la rentabilidad económica del proceso de la digestión anaerobia y la optimización en la generación de biogás.

Dos son los puntos de partida para este estudio: por un lado la generación de biogás a partir de la digestión anaerobia en la línea de fangos de las estaciones de depuración de aguas residuales y, por otro lado, la generación de biogás a partir de la digestión anaerobia en las plantas de tratamiento de residuos orgánicos.

Tradicionalmente, las aguas residuales y los residuos orgánicos urbanos son tratados de manera independiente en plantas totalmente distintas, lo cual supone algo coherente. Sin embargo, este estudio reflexiona sobre la posibilidad de poder llevar a cabo una digestión anaerobia conjunta de estos dos tipos de residuos, cabiendo la posibilidad de introducir otro tipo de residuo (como podrían ser los residuos agroindustriales) para mejorar así las propiedades del digestión, lo que se conoce como co-digestión anaerobia.

Una vez propuesta la idea de una digestión conjunta de estos residuos, cabe preguntarse cómo reaccionarán en el mismo contenedor de digestión y si, de alguna forma, se podrían mejorar las condiciones de alguno de ellos para optimizar la mezcla y, de igual manera la producción de biogás. De esta manera surge la cuestión de si sería posible pretratar los residuos agroindustriales de manera que entren al digestor en condiciones óptimas para reaccionar con los lodos de las aguas residuales o los residuos urbanos o ambos.

Así, ya expuestas las ideas a partir de las cuales surge este estudio, los objetivos del proyecto son los siguientes:

- Realizar un análisis económico de la digestión anaerobia de los lodos de las aguas residuales de una EDAR junto con residuos agroindustriales.
- Llevar a cabo un análisis económico de la digestión anaerobia de los residuos urbanos junto con residuos agroindustriales.
- Realizar un análisis económico de la co-digestión anaerobia conjunta de los lodos de las aguas residuales de una EDAR y los residuos urbanos junto con residuos agroindustriales.
- Llevar a cabo un análisis económico de la co-digestión conjunta de las aguas residuales de una EDAR, los residuos urbanos y los distintos tipos de residuos orgánicos agroindustriales, los cuales han sido sometidos a un pretratamiento previamente.
- Hacer una comparativa entre todos los análisis económicos llevados a cabo con sus distintas condiciones.
- Llegar a una conclusión que muestre cuál es la tecnología más rentable entre las estudiadas.

4. Metodología

El primer paso para llevar a cabo este estudio es elegir las instalaciones de las cuales se tomarán los datos para llevar a cabo los distintos análisis económicos. En el caso de las aguas residuales la instalación elegida es la EDAR de La Gavia, y para los residuos agroindustriales se ha elegido el Parque Tecnológico de Valdemingómez.

Para llevar a cabo el análisis de este proyecto tendremos en cuenta tres situaciones principales:

- Utilizar las instalaciones de la EDAR de La Gavia para realizar la digestión conjunta de lodos y residuos agroindustriales.
- Utilizar las instalaciones del Parque Tecnológico de Valdemingómez para realizar la digestión conjunta de residuos urbanos y residuos agroindustriales.
- Crear unas instalaciones propias con digestores similares a los del Parque Tecnológico de Valdemingómez para llevar a cabo la co-digestión de lodos, residuos urbanos y residuos agroindustriales.

Los siguientes apartados tratarán de explicar la metodología para llevar a cabo cada una de estas situaciones.

4.1. La Gavia

La EDAR de La Gavia es una estación depuradora de aguas residuales que se encuentra en el municipio de Madrid. Es la octava depuradora más grande de la Comunidad de Madrid en términos de población de diseño y la decimotercera de toda España [12].



Figura 8: Vista de la EDAR de La Gavia

[13] La Gavia comenzó a funcionar el 6 de Junio de 2005, convirtiéndose en aquellos días en la EDAR con las instalaciones más modernas de España y en una de las EDARs más grandes y modernas de Europa. Tiene un caudal de diseño de 172.800 m^3 al día para una población equivalente de 950.000 habitantes. Las obras de esta estación depuradora supusieron una inversión de más de 57 millones de euros, financiados en un 85% por los Fondos de Cohesión de la Unión Europea y en un 15% por el Ministerio de Medio Ambiente español.

Mediante un tratamiento biológico avanzado con eliminación de nutrientes, esta EDAR es capaz de alcanzar un 97% de reducción de la materia orgánica y de los sólidos en suspensión y un 85% de reducción en nitrógeno y fósforo [13]. La Gavia está gestionada actualmente por el Canal de Isabel II, la empresa pública responsable de la gestión del ciclo integral del agua en la Comunidad de Madrid [12].

LAS CIFRAS	
Caudal de diseño	Población equivalente
Caudal medio diario: 172.800 m ³ /día	950.000 habitantes equivalentes
Reducción de contaminación después de la depuración	
Materia orgánica	97% (<20 mg/l)
Sólidos en suspensión	97% (<20 mg/l)
Nitrógeno	85% (<10 mg/l)
Fósforo	85% (<1 mg/l)

Figura 9: Cifras técnicas de la EDAR de La Gavia. Fuente [13]

[13] En esta depuradora se encuentran una línea de agua, una línea de fango y una línea de gas interrelacionadas entre sí. En la figura situada más abajo se pueden observar los distintos tratamientos y datos de cada una de las tres líneas. Centrando el enfoque es la línea de gas, que es la que supone un gran interés en este proyecto, el metano que se quema en los digestores es almacenado en los gasómetros, quemándose los gases sobrantes en una antorcha. El gas es conducido desde estos gasómetros hasta el edificio de motogeneración, donde se produce la energía eléctrica que abastece a la planta, y el calor producido es aprovechado para calentar el fango previamente a su entrada a los digestores.

Datos del tratamiento	
Línea de agua	
Pretratamiento	- Cuatro líneas de predebaste y desbaste fino - Desarenado de 2.208 m ³ (8 ud x 276 m ³ /ud)
Tratamiento primario	- Decantación lamelar de 10.320 m ³ (6 ud x 1.720 m ³ /ud)
Tratamiento biológico	- Reactor biológico de 100.800 m ³ (6 ud x 16.800 m ³ /ud) - Decantación de 57.000 m ³ (6 ud x 9.500 m ³ /ud)
Línea de fango	
	- Espesamiento: 1.756 m ³ (2 ud x 878 m ³ /ud) - Digestión: 29.000 m ³ (4 ud x 7.250 m ³ /ud) - Fango deshidratado: 55.000 Kg/día
Línea de gas	
	- Gas producido: 19.564 m ³ /día en esfera de 12 m de diámetro - Almacenamiento de gas: 5.000 m ³ /día en esfera de 12 m de diámetro
Producción de energía eléctrica con gas	
	- Potencia en motogeneración: 1.980 kw - Energía producida: 35.000 kwh/día - 36% de autoabastecimiento

Figura 10: Tratamientos y datos de cada una de las tres líneas de la EDAR de La Gavia. Fuente [13]

Con el fin de solucionar el descenso de las reservas de agua para consumo humano en la Comunidad de Madrid, la Gavia fue concebida con el fin de poder permitir la reutilización del 25% de las aguas depuradas, lo cual equivale a un embalse de 50 hectómetros cúbicos. Esta agua reutilizada estaba pensada para usos agrícolas, industriales, de ocio, riego de parques y jardines y limpieza de calles, de forma que se evitase utilizar agua de consumo humano para estos fines.

4.2. Parque Tecnológico de Valdemingómez

[14] Los inicios del Parque Tecnológico se dieron con su instalación en el antiguo vertedero de residuos urbanos de Valdemingómez en el año 1978, en una época en la que los residuos no tenían ninguna utilidad, y eran destinados en su mayoría a los vertederos. Posteriormente, en 1982, se implantó el primer centro de separación, clasificación y compostaje. Con el tiempo se fueron incorporando nuevos centros, los cuales contaban con las tecnologías más avanzadas en el momento en que fueron instalados. En 2007 se instauraron visitas guiadas al parque, con el fin de nstaurar el Programa Integral de Educación Ambiental. En 2008 ocurre uno de los hitos más importantes al inaugurar una nueva planta de separación y clasificación, dos plantas de biometización, una planta de compostaje y una planta de tratamiento de biogás de biometrización. A continuación se muestra un esquema con los hitos principales del Parque Tecnológico de Valdemingómez desde su apertura:



Hitos principales en la historia del Parque Tecnológico de Valdemingómez



Figura 11: Vista e hitos principales del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

Fuente [14]

[14] En el PTV se tratan desde su apertura las más de cuatro mil toneladas de residuos urbanos generados a diario en la Ciudad de Madrid. El fin principal del Parque es aprovechar al máximo los residuos procesados en él, recuperando todos los materiales y energías posibles contenidos en estos residuos, y mandar al vertedero aquellos que no son recuperables.

[14] En la ciudad de Madrid se producen anualmente 1.2 millones de toneladas de residuos urbanos, aunque menos del 50% de estos son potencialmente reciclables. Del total de los residuos urbanos que llegan al PTV, un 78% de ellos recibe algún tipo de tratamiento y el resto es enviado directamente al vertedero.

La importancia del Parque Tecnológico de Valdemingómez para la Ciudad de Madrid radica en que, gracias a una gestión correcta y a un óptimo aprovechamiento de los residuos urbanos, la ciudad es capaz de ofrecer una mejor calidad de vida a sus ciudadanos.

[15] El biogás producido en el PTV se caracteriza por tener un porcentaje de un 60% en metano con un poder calorífico superior a 23 MJ/Nm^3 y se puede producir de dos maneras diferentes: de manera natural, a partir de la desgasificación en el interior de los vertederos, o de manera industrial, a partir de la digestión anaerobia en las plantas de biometrización.

[14] En las plantas de biometrización, La Paloma y Las Dehesas, se llevan a cabo procesos de desulfuración, concentración de metano, secado, compresión y olorización. Posteriormente el biogás pasa por un sistema de desulfuración y purificación mediante un lavado a presión en contracorriente con agua, y por un sistema de secado mediante absorción a presiones y temperaturas fluctuantes. Finalmente, el biogás ya tratado, es destinado para ser utilizado como biocombustible o para producir energía eléctrica.

4.3. Residuos estudiados

Para llevar a cabo los objetivos de este proyecto, se utilizarán una serie de residuos conjuntos con los residuos que ya tratan habitualmente cada una de las plantas. Esto se hará para estudiar de qué manera sería más rentable tratar estos residuos. Los residuos estudiados son de tipo carne, verdura y pescado, y se irán estudiando de manera independiente entre ellos, pero conjuntamente con los lodos (en el caso de La Gavia), con los residuos urbanos (en el caso del Parque Tecnológico de Valdemingómez) o con los lodos y los residuos urbanos (en el caso de la co-digestión)

Hay que destacar que a lo que se refiere como co-digestión continuamente este estudio es a la digestión conjunta de los lodos de las aguas residuales, los residuos urbanos y los residuos agroindustriales. Sin embargo, a la hora de estudiar la digestión anaerobia en los digestores de La Gavia de los lodos de aguas residuales y de los residuos agroalimentarios, también se está produciendo una co-digestión propiamente dicha, ya que se están digiriendo residuos de naturalezas totalmente distintas. En cambio, al estudiar la digestión en los digestores de Valdemingómez de los residuos urbanos y los residuos agroalimentarios, se trata de una monodigestión, ya que digerimos el mismo tipo de residuo.

Por tanto, para aclarar la metodología de este proyecto, se estudiarán tres situaciones distintas de digestión las cuales son:

- Digestión anaerobia de lodos y residuos agroindustriales en los digestores de la EDAR de la Gavia.
- Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez.
- Digestión anaerobia de lodos, residuos urbanos y residuos agroindustriales en unos digestores propios similares a los del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

Para la tercera situación, los lodos provenientes de las aguas residuales de La Gavia serían recirculados hasta las instalaciones propias creadas. Esta es la situación que en este estudio se mencionará continuamente como el de co-digestión.

Para estudiar el comportamiento de cada una de las tres situaciones, se han llevado a cabo una serie de simulaciones en los laboratorios de la Escuela Técnica de Ingeniería ICAI perteneciente a la Universidad Pontificia de Comillas. Se ha simulado la digestión de 9 casos distintos, uno por cada una de las situaciones comentadas y por cada uno de los residuos agroindustriales (carne, pescado y verdura). La siguiente figura trata de explicar esquemáticamente de donde viene cada uno de estos casos:



Figura 12: Esquema de los casos a estudiar

4.4. Pretratamientos

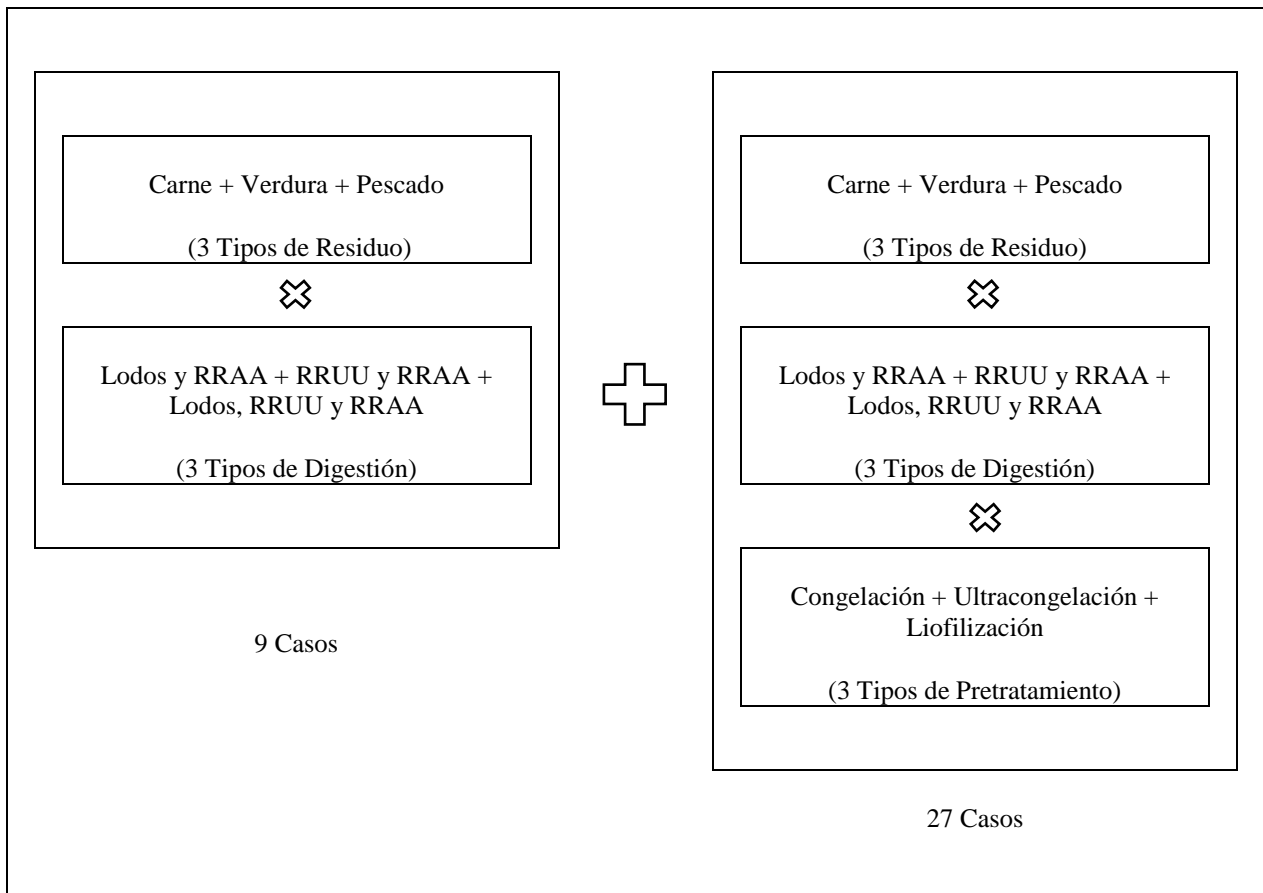
Para seguir buscando maneras de llegar a la máxima rentabilidad de la digestión anaerobia, se han llevado a cabo una serie de pretratamientos sobre los residuos agroindustriales, para estudiar así su comportamiento en cada uno de los casos comentados en el apartado anterior. Esta parte del análisis tratará de analizar si resulta rentable la inversión en los pretratamientos, en comparación con el beneficio en cuanto a la producción de biogás final. En este proyecto se han utilizado tres procesos distintos de pretratamiento de naturaleza física: congelación, ultracongelación y liofilización. Se han elegido estos tres pretratamientos porque son de fácil acceso y la maquinaria necesaria para llevarlos a cabo suele estar presente en las instalaciones analizadas en este estudio.

[16] A continuación se explican algunas de las características de los pretratamientos usados:

- Congelación: Los residuos han sido congelados a una temperatura de 18°C bajo cero durante 24 horas produciéndose una congelación lenta y después son llevados directamente a la digestión.
- Ultracongelación: Los residuos han sido sometidos a un baño de nitrógeno líquido durante dos minutos produciéndose una congelación súbita y a continuación son directamente sometidos al proceso de digestión.
- Liofilización: En este pretratamiento los residuos pasan por dos fases distintas. En primer lugar los residuos son congelados a 80° bajo cero durante 24 horas. En segundo lugar todo el contenido de agua de los residuos es extraído mediante un proceso de vacío junto con congelación durante 24 horas. Después, el sustrato es directamente enviado a la digestión.

[16] Estos pretratamientos van a suponer unos mejores resultados en cuanto a la producción de biogás a partir de los distintos residuos agroalimentarios ya que se producen roturas de fibras por las bajas temperaturas, en el caso de la congelación y la ultracongelación, y rotura de paredes y cambios de textura al ser la humedad extraída mediante vacío, en el caso de la liofilización.

Por tanto, a los 9 casos de análisis expuestos en el apartado anterior, habría que añadirle otros 27 casos más distintos. Esto viene de realizar de nuevo los mismos análisis, pero aplicando a cada uno de los residuos agroindustriales los tres tipos de pretratamientos. La siguiente figura explica esquemáticamente de donde vendrían los 36 distintos casos que se estudian en este proyecto:



36 Casos

Figura 13: Esquema de los casos totales a estudiar co pretratamientos incluidos

4.5. Datos utilizados

En este apartado se van a desarrollar y explicar todos los datos que se utilizan para los tres tipos de digestión, las cuales serán mencionadas como:

- Análisis de la EDAR de la Gavia: lodos y residuos agroindustriales.
- Análisis del Parque Tecnológico de Valdemingómez: residuos urbanos y residuos agroindustriales.
- Análisis de Co-digestión: lodos, residuos urbanos y residuos agroindustriales.

A continuación se van a describir los datos comunes para los tres análisis y los que son específicos de cada uno de ellos.

4.5.1. Datos de los residuos agroindustriales

Para el desarrollo del análisis económico de cada uno de los 36 casos citados, los datos recogidos por las simulaciones llevadas a cabo en la Escuela Técnica de Ingeniería ICAI han sido proporcionados directamente como producción anual de biogás y riqueza en metano.

Las siguientes tablas recogen los datos proporcionados para cada uno de los residuos agroindustriales sin que se les aplique ningún tipo de pretratamiento en el caso de que se traten en los digestores de La Gavia o de Valdemingómez:

	Carne	Verdura	Pescado
Producción Anual de Biogás (Nm³)	843,025.91	576,025.91	485,174.42
Porcentaje en Metano (%)	21.02	32.25	13.68

Figura 14: Tabla de producción de biogás y riqueza en metano de cada uno de los residuos agroindustriales sin pretratamientos en los digestores de la EDAR de La Gavia

	Carne	Verdura	Pescado
Producción Anual de Biogás (Nm³)	1,104,363.94	714,272.13	645,281.98
Porcentaje en Metano (%)	30.9	47.73	22.02

Figura 15: Tabla de producción de biogás y riqueza en metano de cada uno de los residuos agroindustriales sin pretratamientos en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

En el caso de los residuos a lo que se les ha sometido pretratamientos, los datos han sido proporcionados en forma de variación porcentual respecto a la producción de biogás y la riqueza en metano sin pretratamientos. También se han proporcionado los tiempos totales para cada uno de los pretratamientos con el fin de calcular el gasto económico de llevar a cabo estos procesos. Estas variaciones son comunes tanto para los residuos digeridos en La Gavia como en Valdemingómez ya que dependen únicamente de cambios estructurales en el residuo. Los resultados de las simulaciones se recogen en la siguiente tabla:

Congelación	Carne	Verdura	Pescado
Producción Anual de Biogás (Δ%)	10.5	20.2	16.5
Porcentaje en Metano (Δ%)	132.9	85.7	192.7
Tiempo	10 h	7 h	8 h

Ultracongelación	Carne	Verdura	Pescado
Producción Anual de Biogás (Δ%)	-6.9	26.3	11.0
Porcentaje en Metano (Δ%)	104.1	86.6	241.7
Tiempo	85 min	25 min	40 min

Liofilización	Carne	Verdura	Pescado
Producción Anual de Biogás (Δ%)	0.0	14.6	4.5
Porcentaje en Metano (Δ%)	71.0	52.0	175.1
Tiempo (Congelación / Vacío)	85 min / 4 h	25 min / 4h	40 min / 18 h

Figura 16: Tabla de la variación porcentual de la producción de biogás y riqueza en metano de cada uno de los residuos agroindustriales con pretratamientos

A continuación se presentan los datos resultantes de la producción de biogás y de la riqueza en metano una vez aplicadas las variaciones porcentuales obtenidas a partir de los pretratamientos para aquellos residuos que son digeridos en las instalaciones de la EDAR de La Gavia:

Congelación	Carne	Verdura	Pescado
Producción Anual de Biogás (Nm³)	931,543.63	692,383.14	565,228.19
Porcentaje en Metano (%)	48.95	59.88	40.04
Tiempo	10 h	7 h	8 h

Ultracongelación	Carne	Verdura	Pescado
Producción Anual de Biogás (Nm³)	784,857.12	727,520.72	538,543.60
Porcentaje en Metano (%)	44.22	60.17	30.66
Tiempo	85 min	25 min	40 min

Liofilización	Carne	Verdura	Pescado
Producción Anual de Biogás (Nm³)	843,025.91	660,125.69	507,007.26
Porcentaje en Metano (%)	35.94	49.02	37.63
Tiempo (Congelación / Vacío)	85 min / 4 h	25 min / 4h	40 min / 18 h

Figura 17: Tabla de la producción de biogás y riqueza en metano de cada uno de los residuos agroindustriales con pretratamientos en los digestores de la EDAR de La Gavia

A continuación se presentan los datos resultantes de la producción de biogás y de la riqueza en metano una vez aplicadas las variaciones porcentuales obtenidas a partir de los pretratamientos para aquellos residuos que son digeridos en las instalaciones del Parque Tecnológico de Valdemingómez:

Congelación	Carne	Verdura	Pescado
Producción Anual de Biogás (Nm³)	1,220,322.16	858,555.10	751,753.51
Porcentaje en Metano (%)	71.9661	88.638324	64.461321
Tiempo	10 h	7 h	8 h

Ultracongelación	Carne	Verdura	Pescado
Producción Anual de Biogás (Nm³)	1,028,162.83	902,125.70	716,263.00
Porcentaje en Metano (%)	63.0669	89.067912	75.252591
Tiempo	85 min	25 min	40 min

Liofilización	Carne	Verdura	Pescado
Producción Anual de Biogás (Nm³)	1,104,363.94	818,555.86	674,319.67
Porcentaje en Metano (%)	52.839	72.55264	60.585273
Tiempo (Congelación / Vacío)	85 min / 4 h	25 min / 4h	40 min / 18 h

Figura 18: Tabla de la producción de biogás y riqueza en metano de cada uno de los residuos agroindustriales con pretratamientos en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

4.5.2. Datos de la EDAR de La Gavia

Para realizar los distintos análisis económicos en el caso de digerir conjuntamente los residuos agroindustriales y los lodos de aguas residuales en las instalaciones de la EDAR de La Gavia, los datos concretos para este caso utilizados son los siguientes:

EDAR de La Gavia	
Datos Económicos	
Inflación	1.15%
Porcentaje de autoabastecimiento	36%
Porcentaje de ventas de biogás	64%
Datos Energéticos	
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.616
Precio de la energía (€/kWh)	0.125

Figura 19: Tabla de los datos usados para el caso de la EDAR de La Gavia

Respecto a los datos económicos, en cuanto a la tasa de inflación se refiere, se va a utilizar el valor medio del IPC (Índice de Precios al Consumo) de España para el año 2019, lo cual es un valor del 1,15 % [17]. La inflación es la subida generalizada de los precios de una economía, y en concreto servirá en el análisis para estimar la evolución de los costes y beneficios a lo largo de los años estudiados.

A la hora de calcular el beneficio obtenido al comercializar el biogás generado anualmente en la estación de La Gavia, habrá que tener en cuenta, el porcentaje de autoabastecimiento de la misma, el cual es un 36% [12]. Por tanto, si un 36% del biogás generado es utilizado por la misma instalación para autoabastecerse, un 64% del biogás generado será destinado a la venta.

Así mismo, para calcular el beneficio económico de la comercialización de biogás, también habrá que tener en cuenta el precio de la energía. Puesto que todavía no ha terminado el año 2019, se utilizará el precio medio anual del 2018 para tener unos precios totalmente representativos de un año completo, y no de unos pocos meses. Según la compañía eléctrica “Lucera”, el precio medio de la energía del año 2018 fue de aproximadamente 0.125 €/kWh.

La capacidad calorífica del biogás producido se calculará utilizando el rendimiento de los motores de transformación de biomasa en energía y de la riqueza del metano de la siguiente manera: $C = \%CH_4 * \eta_{motores}$ siendo el porcentaje de metano el respectivo para cada residuo y el rendimiento de los motores de 0.616.

En este caso no habrá que tener en cuenta ningún tipo de coste, amortización, interés o impuesto a la hora de calcular el retorno en la inversión, pues las instalaciones estarían siendo cedidas por La Gavia. Por tanto el beneficio final de este caso surgirá simplemente de la comercialización del biogás producido.

4.5.3. Datos del Parque Tecnológico de Valdemingómez

En el segundo caso, es decir en el caso de utilizar las instalaciones del Parque Tecnológico de Valdemingómez para digerir conjuntamente los residuos urbanos junto con los residuos agroindustriales, los datos utilizados, que son fijos para cualquiera de los residuos agroindustriales, se recogen en la siguiente tabla:

Parque Tecnológico de Valdemingómez	
Datos Económicos	
Inflación	1.15%
Cuota de biogás inyectado a la red	75%
Cuota de autoabastecimiento	25%
Datos Energéticos	
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Precio de la energía (€/kWh)	0.125

Figura 20: Tabla de los datos usados para el caso del Parque Tecnológico de Valdemingómez

Para la inflación ,al igual que en el caso de la EDAR de La Gavia, se va a utilizar el valor medio del IPC (Índice de Precios al Consumo) de España para el año 2019, lo cual es un valor del 1,15 % [17]. La inflación servirá en el análisis para estimar la evolución de los costes y beneficios a lo largo de los años estudiados.

Con el fin de obtener el beneficio obtenido a partir de la generación de biogás será necesario tener en cuenta la relación entre el biogás que será inyectado a la red, el cual será comercializado, y el biogás que será destinado a autoabastecimiento, el cual se utilizará para abastecer a la propia instalación. En este caso, del biogás total generado, un 75% de este será destinado a su comercialización, mientras que el 25% restante se dedicará al autoabastecimiento de las instalaciones.

Para deducir el beneficio obtenido por la comercialización del biogás generado, también resulta imprescindible incluir en los cálculos el precio actual de la energía y la capacidad calorífica del biogás.

En cuanto al precio de la energía, como ya se ha explicado en el caso anterior, se utilizará el precio medio del año 2018 proporcionado por la compañía eléctrica “Lucera”, ya que los datos disponibles de 2019 no resultarían del todo representativos al no tener en cuenta una gran cantidad de meses del año. El valor del precio de la energía utilizado será por tanto de 0.125 €/kWh.

De igual manera que para la EDAR de La Gavia, la capacidad calorífica del biogás producido se calculará utilizando el rendimiento de los motores de transformación de biomasa en energía y de la riqueza del metano de la siguiente manera: $C = \%CH_4 * \eta_{motores}$ siendo el porcentaje de metano el respectivo para cada residuo y el rendimiento de los motores de 0.6.

En este caso, como también ocurre para el primero, tampoco habrá que tener en cuenta ningún tipo de coste, amortización, impuestos o intereses. Esto es porque las instalaciones serían cedidas por el Parque Tecnológico de Valdemingómez, y los beneficios que habría que tener en cuenta serían directamente los obtenidos a partir de la comercialización del biogás producido.

4.5.4. Datos de la Co-digestión

Este caso es diferente bastante a los otros dos en cuanto a lo que se refiere al análisis económico. Mientras que en los casos anteriores se estaba suponiendo que las instalaciones eran cedidas para los distintos tipos de digestión, en este caso lo que se va a estudiar es el análisis económico de montar una instalación de digestión propia con todos sus consiguientes beneficios y costes posibles.

Mientras que en los casos anteriores los únicos beneficios económicos que se tenían eran los procedentes de la comercialización del biogás, en este caso, al ser una instalación propia, habrá que tener en cuenta los ingresos debidos al convenio ECOEMBES, a la comercialización del biogás, y a la comercialización del compost. Pero, de igual manera, al tratarse de una instalación propia, habrá que introducir en los cálculos económicos un gran número de costes: los costes de explotación, los del personal en planta, los de mantenimiento y operaciones y los de gestión administrativa. Además, el beneficio neto resultante de estos ingresos y costes deberán, antes de ser contabilizados para analizar su rentabilidad, cubrir los costes de inversión de los digestores instalados, al tratarse de una instalación propia, y no una cedida por alguna organización.

La segunda gran diferencia con los otros dos casos es que, en este caso, estamos realizando una co-digestión de los lodos de la EDAR de La Gavia, los residuos urbanos del Parque Tecnológico de Valdemingómez, y distintos tipos de residuos agroindustriales, siendo de esta manera un caso de un alto nivel de interés.

La siguiente tabla trata de representar de forma resumida los datos necesarios para llevar a cabo el análisis de este tipo de situación y que son comunes a cualquier tipo de residuos agroindustrial que sea introducido en los digestores:

Co-digestión	
Datos Económicos	
Inflación	1.15%
Cuota de biogás inyectado a la red	75%
Cuota de autoabastecimiento	25%
Coste unitario de explotación (€/t)	53.67
Coste unitario de monitorización y control de calidad (€/t)	0.13
Coste unitario de gestión administrativa (€/t)	2.15
Coste total del personal en planta	2,290,581
Datos Energéticos	
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Datos ECOEMBES	
Convenio ECOEMBES (€)	22,499,550
Factor de la bolsa de restos totales	0.3
Factor de la bolsa de restos tratados y no incinerados	0.25
Datos Digestato	
Compost (t)	11,244.63
Digestato (€/t)	500
Datos Residuos	
Bolsas de entrada (t)	274,872.00
Bolsas de restos tratados (t)	43,937.73

Figura 21: Tabla de los datos usados para el caso de la Co-digestión

Como se puede apreciar, varios datos son comunes para este caso y el explicado en el apartado anterior, ya que, como se ha explicado más arriba, en ambos casos se usarían instalaciones prácticamente iguales, con la diferencia de que en el caso anterior se tomarían prestadas y en este se construirían unas instalaciones propias. Por tanto, los datos de inflación (usados para el análisis de la evolución de los costes y beneficios a lo largo de los años), la cuota de biogás inyectado, la cuota de autoconsumo, el precio de la energía y el rendimiento de los motores (todos ellos usados para calcular el beneficio al comercializar el biogás) serán comunes para ambos casos.

Junto a estos datos comunes, hay que tener en cuenta una serie de datos adicionales para calcular los beneficios y costes de la actividad de digestión al estar construyendo la instalación desde cero.

Los distintos costes presentes en estas instalaciones serían calculados del siguiente modo:

- Costes de explotación: Se calcularán a partir del coste unitario de explotación por tonelada y de las toneladas en las bolsas de restos ya tratados multiplicando ambos valores.
- El coste del personal contratado en la planta viene dado directamente en la “Memoria de actividades del parque Tecnológico de Valdemingómez de 2017”.
- Costes de monitorización y control de calidad: Estos costes se obtendrán al multiplicar entre sí los valores del coste unitario de monitorización y de control de calidad y las toneladas en las bolsas de restos ya tratados.
- Costes de gestión administrativa: En este caso los costes se calcularán al multiplicar el coste unitario de gestión administrativa por las toneladas totales de residuos de las bolsas de entrada.

Teniendo en cuenta que muchos de los datos proporcionados por las distintas fuentes existentes pertenecen al años 2015, con el fin de dar unos resultados más actualizados para el análisis, se ha calculado el porcentaje de crecimiento de la población de la Ciudad de Madrid para aplicárselo tanto a los datos de las bolsas de entrada y de las bolsas de restos tratados como el compost. La siguiente tabla muestra la evolución de la población de la Ciudad de Madrid en los últimos años [20]:

Evolución de la Población 2001 a 2018

Revisión PMH	Población	N ^{os} Índice
1/1/2010	3.283.923	100,0
1/1/2011	3.269.843	99,6
1/1/2012	3.237.937	98,6
1/1/2013	3.215.633	97,9
1/1/2014	3.166.130	96,4
1/1/2015	3.141.991	95,7
1/1/2016	3.165.883	96,4
1/1/2017	3.182.175	96,9
1/1/2018	3.221.824	98,1

Figura 22: Evolución de la población de la Ciudad de Madrid de 2001 a 2018

Calculando el factor de crecimiento de la población de Valdemingómez del año 2015 al 2018:

$$\Delta_{\text{Población}_{2015-2018}} = \frac{\text{Población}_{2018} - \text{Población}_{2015}}{\text{Población}_{2015}} = \frac{3.221.824 - 3.141.991}{3.141.991} = 2,54\%$$

A partir de este factor se han actualizado los datos nombrados anteriormente.

En cuanto a los ingresos restantes la forma de calcularlos será la siguiente:

- Ingresos por convenio ECOEMBES: Estos ingresos se obtendrán a partir de los datos de la subvención por convenio ECOEMBES, el factor de la bolsa de restos totales y el factor de la bolsa de restos tratados y no incinerados, multiplicando estos dos factores por el valor de la subvención del convenio.
- Ingresos por comercialización del compost: Para calcular estos ingresos es necesario multiplicar el valor de las toneladas de compost obtenidas por valor unitario del digestato.

Todos los datos anteriormente descritos para el caso de la Co-digestión han sido obtenidos a partir de dos fuentes:

- Muchos datos son proporcionados en la “Memoria de actividades del Parque Tecnológico de Valdemingómez de 2017”.
- El resto de datos que no se encontraban presentes en la memoria se han obtenido al contactar con trabajadores internos del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

5. Resultados

En este apartado se realizará el análisis de cada uno de los distintos casos explicados en la metodología teniendo en cuenta los tipos de residuos que se digerirán, si se les ha aplicado algún tipo de pretratamiento y en qué instalaciones serán digeridos.

5.1. CASO I: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo carne en los digestores de la EDAR de La Gavia

Como ya se ha explicado a lo largo del apartado de la metodología, en este caso las instalaciones utilizadas serían cedidas por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso será directamente el obtenido a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso I:

CASO I	
Producción anual de biogás [Nm ³]	843,025.91
Riqueza en CH ₄ del biogás	21.02%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.616
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	1.295
Porcentaje de ventas de biogás	64%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%

Figura 23: Tabla de datos del CASO I

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{\text{motores}} = 10 * 0.2102 * 0.616 = 1.295 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Ingresos}_{\text{biogás}} &= \text{Producción} * \%_{\text{venta}} * C * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 843,025.91 \text{ Nm}^3 * 0.64 * 1.295 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 87,330.31 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás, al no haber en este caso ningún otro tipo de ingreso ni ningún tipo de coste, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO I	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	91,417.33 €	92,468.63 €	93,532.02 €	94,607.64 €	95,695.63 €	96,796.13 €
Ingresos Totales	91,417.33 €	92,468.63 €	93,532.02 €	94,607.64 €	95,695.63 €	96,796.13 €
Costes Totales	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>Margen Bruto</u>	<u>91,417.33 €</u>	<u>92,468.63 €</u>	<u>93,532.02 €</u>	<u>94,607.64 €</u>	<u>95,695.63 €</u>	<u>96,796.13 €</u>
Amortización	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>EBIT</u>	<u>91,417.33 €</u>	<u>92,468.63 €</u>	<u>93,532.02 €</u>	<u>94,607.64 €</u>	<u>95,695.63 €</u>	<u>96,796.13 €</u>
Intereses	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>EBT</u>	<u>91,417.33 €</u>	<u>92,468.63 €</u>	<u>93,532.02 €</u>	<u>94,607.64 €</u>	<u>95,695.63 €</u>	<u>96,796.13 €</u>
Impuestos	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Beneficio Neto	91,417.33 €	92,468.63 €	93,532.02 €	94,607.64 €	95,695.63 €	96,796.13 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO I	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	97,909.28 €	99,035.24 €	100,174.14 €	101,326.15 €	102,491.40 €	103,670.05 €
Ingresos Totales	97,909.28 €	99,035.24 €	100,174.14 €	101,326.15 €	102,491.40 €	103,670.05 €
Costes Totales	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>Margen Bruto</u>	<u>97,909.28 €</u>	<u>99,035.24 €</u>	<u>100,174.14 €</u>	<u>101,326.15 €</u>	<u>102,491.40 €</u>	<u>103,670.05 €</u>
Amortización	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>EBIT</u>	<u>97,909.28 €</u>	<u>99,035.24 €</u>	<u>100,174.14 €</u>	<u>101,326.15 €</u>	<u>102,491.40 €</u>	<u>103,670.05 €</u>
Intereses	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>EBT</u>	<u>97,909.28 €</u>	<u>99,035.24 €</u>	<u>100,174.14 €</u>	<u>101,326.15 €</u>	<u>102,491.40 €</u>	<u>103,670.05 €</u>
Impuestos	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Beneficio Neto	97,909.28 €	99,035.24 €	100,174.14 €	101,326.15 €	102,491.40 €	103,670.05 €

Figura 24: Balance de Ingresos y Gastos del CASO I

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO I es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO I del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados (€)	91,417.33	183,885.96	277,417.98	372,025.62	467,721.25	564,517.38
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados (€)	662,426.66	761,461.90	861,636.04	962,962.19	1,065,453.58	1,169,123.63

Figura 25: Beneficios acumulados del CASO I

5.2. CASO II: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo pescado en los digestores de la EDAR de La Gavia

En este caso el residuo agroindustrial utilizado será el pescado el cual será digerido conjuntamente con los lodos de aguas residuales en las instalaciones de la EDAR de La Gavia.

De nuevo, al igual que en el caso I, las instalaciones utilizadas serían cedidas por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso será directamente el obtenido a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso II:

CASO II	
Producción anual de biogás [Nm ³]	576,025.91
Riqueza en CH ₄ del biogás	32.25%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.616
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	1.987
Porcentaje de ventas de biogás	64%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%

Figura 26: Tabla de datos del CASO II

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{\text{motores}} = 10 * 0.32252 * 0.616 = 1.987 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Ingresos}_{\text{biogás}} &= \text{Producción} * \%_{\text{venta}} * C * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 576,025.91 \text{ Nm}^3 * 0.64 * 1.987 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{\text{€}}{kWh} = 91,552.32 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás, al no haber en este caso ningún otro tipo de ingreso ni ningún tipo de coste, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos

directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO II	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	95,836.94 €	96,939.06 €	98,053.86 €	99,181.48 €	100,322.07 €	101,475.77 €
Ingresos Totales	95,836.94 €	96,939.06 €	98,053.86 €	99,181.48 €	100,322.07 €	101,475.77 €
Costes Totales	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>Margen Bruto</u>	<u>95,836.94 €</u>	<u>96,939.06 €</u>	<u>98,053.86 €</u>	<u>99,181.48 €</u>	<u>100,322.07 €</u>	<u>101,475.77 €</u>
Amortización	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>EBIT</u>	<u>95,836.94 €</u>	<u>96,939.06 €</u>	<u>98,053.86 €</u>	<u>99,181.48 €</u>	<u>100,322.07 €</u>	<u>101,475.77 €</u>
Intereses	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>EBT</u>	<u>95,836.94 €</u>	<u>96,939.06 €</u>	<u>98,053.86 €</u>	<u>99,181.48 €</u>	<u>100,322.07 €</u>	<u>101,475.77 €</u>
Impuestos	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Beneficio Neto	95,836.94 €	96,939.06 €	98,053.86 €	99,181.48 €	100,322.07 €	101,475.77 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO II	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	102,642.74 €	103,823.13 €	105,017.10 €	106,224.79 €	107,446.38 €	108,682.01 €
Ingresos Totales	102,642.74 €	103,823.13 €	105,017.10 €	106,224.79 €	107,446.38 €	108,682.01 €
Costes Totales	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>Margen Bruto</u>	<u>102,642.74 €</u>	<u>103,823.13 €</u>	<u>105,017.10 €</u>	<u>106,224.79 €</u>	<u>107,446.38 €</u>	<u>108,682.01 €</u>
Amortización	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>EBIT</u>	<u>102,642.74 €</u>	<u>103,823.13 €</u>	<u>105,017.10 €</u>	<u>106,224.79 €</u>	<u>107,446.38 €</u>	<u>108,682.01 €</u>
Intereses	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>EBT</u>	<u>102,642.74 €</u>	<u>103,823.13 €</u>	<u>105,017.10 €</u>	<u>106,224.79 €</u>	<u>107,446.38 €</u>	<u>108,682.01 €</u>
Impuestos	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Beneficio Neto	102,642.74 €	103,823.13 €	105,017.10 €	106,224.79 €	107,446.38 €	108,682.01 €

Figura 27: Balance de Ingresos y Gastos del CASO II

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO II es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO II del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados (€)	95,836.94	192,776.00	290,829.85	390,011.33	490,333.40	591,809.17
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados (€)	694,451.91	798,275.04	903,292.14	1,009,516.93	1,116,963.31	1,225,645.33

Figura 28: Beneficios acumulados del CASO II

5.3. CASO III: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo pescado en los digestores de la EDAR de La Gavia

En este caso el residuo agroindustrial utilizado será la verdura el cual será digerido conjuntamente con los lodos de aguas residuales en las instalaciones de la EDAR de La Gavia.

De nuevo, al igual que en el caso I y en el caso II, las instalaciones utilizadas serían cedidas por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso será directamente el obtenido a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso III:

CASO III	
Producción anual de biogás [Nm ³]	485,174.42
Riqueza en CH ₄ del biogás	13.68%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.616
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	0.843
Porcentaje de ventas de biogás	64%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%

Figura 29: Tabla de datos del CASO III

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{\text{motores}} = 10 * 0.13679 * 0.616 = 0.843 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Ingresos}_{\text{biogás}} &= \text{Producción} * \%_{\text{venta}} * C * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 485,174.42 \text{ Nm}^3 * 0.64 * 0.843 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{\text{€}}{kWh} = 32,705.66 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás, al no haber en este caso ningún otro tipo de ingreso ni ningún tipo de coste, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO III	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	34,236.27 €	34,629.99 €	35,028.24 €	35,431.06 €	35,838.52 €	36,250.66 €
Ingresos Totales	34,236.27 €	34,629.99 €	35,028.24 €	35,431.06 €	35,838.52 €	36,250.66 €
Costes Totales	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>Margen Bruto</u>	<u>34,236.27 €</u>	<u>34,629.99 €</u>	<u>35,028.24 €</u>	<u>35,431.06 €</u>	<u>35,838.52 €</u>	<u>36,250.66 €</u>
Amortización	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>EBIT</u>	<u>34,236.27 €</u>	<u>34,629.99 €</u>	<u>35,028.24 €</u>	<u>35,431.06 €</u>	<u>35,838.52 €</u>	<u>36,250.66 €</u>
Intereses	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>EBT</u>	<u>34,236.27 €</u>	<u>34,629.99 €</u>	<u>35,028.24 €</u>	<u>35,431.06 €</u>	<u>35,838.52 €</u>	<u>36,250.66 €</u>
Impuestos	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Beneficio Neto	34,236.27 €	34,629.99 €	35,028.24 €	35,431.06 €	35,838.52 €	36,250.66 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO III	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	36,667.54 €	37,089.22 €	37,515.75 €	37,947.18 €	38,383.57 €	38,824.98 €
Ingresos Totales	36,667.54 €	37,089.22 €	37,515.75 €	37,947.18 €	38,383.57 €	38,824.98 €
Costes Totales	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>Margen Bruto</u>	<u>36,667.54 €</u>	<u>37,089.22 €</u>	<u>37,515.75 €</u>	<u>37,947.18 €</u>	<u>38,383.57 €</u>	<u>38,824.98 €</u>
Amortización	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>EBIT</u>	<u>36,667.54 €</u>	<u>37,089.22 €</u>	<u>37,515.75 €</u>	<u>37,947.18 €</u>	<u>38,383.57 €</u>	<u>38,824.98 €</u>
Intereses	- €	- €	- €	- €	- €	- €
<u>EBT</u>	<u>36,667.54 €</u>	<u>37,089.22 €</u>	<u>37,515.75 €</u>	<u>37,947.18 €</u>	<u>38,383.57 €</u>	<u>38,824.98 €</u>
Impuestos	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Beneficio Neto	36,667.54 €	37,089.22 €	37,515.75 €	37,947.18 €	38,383.57 €	38,824.98 €

Figura 30: Balance de Ingresos y Gastos del CASO III

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO III es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO III del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados (€)	34,236.27	68,866.26	103,894.50	139,325.56	175,164.08	211,414.74
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados (€)	248,082.28	285,171.50	322,687.25	360,634.43	399,018.00	437,842.98

Figura 31: Beneficios acumulados del CASO III

5.4. CASO IV: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con congelación en los digestores de la EDAR de La Gavia

El CASO IV es prácticamente igual que el CASO I a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso la carne, está siendo sometido a un pretratamiento de congelación. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos sin pretratamientos.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores referentes al proceso de digestión en La Gavia, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a los digestores. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso IV:

CASO IV	
Producción anual de biogás [Nm ³]	931,543.63
Riqueza en CH ₄ del biogás	48.95%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.616
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	3.015
Porcentaje de ventas de biogás	64%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	170
Tiempo de congelación (h/10kg)	10
Residuos congelados (t)	63000

Figura 32: Tabla de datos del CASO IV

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.4895 * 0.616 = 3.015 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 931,543.63 Nm^3 * 0.64 * 3.015 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 224,712.17 € \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Coste_{congelación} &= Potencia * Tiempo * Residuos * Precio_{Energía} \\ &= 170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{10h}{10kg} * 63000 * 10^3kg * 0.125 \frac{€}{kWh} \\ &= 1,338,750 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de congelación, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO IV	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	235,229 €	237,934 €	240,670 €	243,438 €	246,237 €	249,069 €
Ingresos Totales	235,229 €	237,934 €	240,670 €	243,438 €	246,237 €	249,069 €
Costes por pretratamiento	1,401,403 €	1,417,519 €	1,433,821 €	1,450,310 €	1,466,988 €	1,483,858 €
Costes Totales	1,401,403 €	1,417,519 €	1,433,821 €	1,450,310 €	1,466,988 €	1,483,858 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-1,166,174 €</u>	<u>-1,179,585 €</u>	<u>-1,193,151 €</u>	<u>-1,206,872 €</u>	<u>-1,220,751 €</u>	<u>-1,234,789 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-1,166,174 €</u>	<u>-1,179,585 €</u>	<u>-1,193,151 €</u>	<u>-1,206,872 €</u>	<u>-1,220,751 €</u>	<u>-1,234,789 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-1,166,174 €</u>	<u>-1,179,585 €</u>	<u>-1,193,151 €</u>	<u>-1,206,872 €</u>	<u>-1,220,751 €</u>	<u>-1,234,789 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-1,166,174 €	-1,179,585 €	-1,193,151 €	-1,206,872 €	-1,220,751 €	-1,234,789 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO IV	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	251,933 €	254,830 €	257,761 €	260,725 €	263,724 €	266,756 €
Ingresos Totales	251,933 €	254,830 €	257,761 €	260,725 €	263,724 €	266,756 €
Costes por pretratamiento	1,500,923 €	1,518,183 €	1,535,643 €	1,553,302 €	1,571,165 €	1,589,234 €
Costes Totales	1,500,923 €	1,518,183 €	1,535,643 €	1,553,302 €	1,571,165 €	1,589,234 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-1,248,990 €</u>	<u>-1,263,353 €</u>	<u>-1,277,882 €</u>	<u>-1,292,577 €</u>	<u>-1,307,442 €</u>	<u>-1,322,477 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-1,248,990 €</u>	<u>-1,263,353 €</u>	<u>-1,277,882 €</u>	<u>-1,292,577 €</u>	<u>-1,307,442 €</u>	<u>-1,322,477 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-1,248,990 €</u>	<u>-1,263,353 €</u>	<u>-1,277,882 €</u>	<u>-1,292,577 €</u>	<u>-1,307,442 €</u>	<u>-1,322,477 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-1,248,990 €	-1,263,353 €	-1,277,882 €	-1,292,577 €	-1,307,442 €	-1,322,477 €

Figura 33: Balance de Ingresos y Gastos del CASO IV

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO IV es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO IV del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	-1,166,174 €	-2,345,760 €	-3,538,910 €	-4,745,782 €	-5,966,533 €	-7,201,322 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	-8,450,312 €	-9,713,665 €	-10,991,546 €	-12,284,124 €	-13,591,565 €	-14,914,043 €

Figura 34: Beneficios acumulados del CASO IV

5.5. CASO V: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con congelación en los digestores de la EDAR de La Gavia

El CASO V es prácticamente igual que el CASO II a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso la verdura, está siendo sometido a un pretratamiento de congelación. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos sin pretratamientos.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores que tienen lugar en los digestores de La Gavia, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a los digestores. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso V:

CASO V

Producción anual de biogás [Nm ³]	692,383.14
Riqueza en CH ₄ del biogás	59.88%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.616
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	3.689
Porcentaje de ventas de biogás	64%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	170
Tiempo de congelación (h/10kg)	7
Residuos congelados (t)	63025

Figura 35: Tabla de datos del CASO V

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.5988 * 0.616 = 3.689 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 692,383.14 Nm^3 * 0.64 * 3.689 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 204,314.4 € \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Coste_{congelación} &= Potencia * Tiempo * Residuos * Precio_{Energía} \\ &= 170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{7h}{10kg} * 63025 * 10^3kg * 0.125 \frac{€}{kWh} = 937,497 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de congelación, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO IV	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	213,876 €	216,336 €	218,824 €	221,340 €	223,886 €	226,460 €
Ingresos Totales	213,876 €	216,336 €	218,824 €	221,340 €	223,886 €	226,460 €
Costes por pretratamiento	981,371 €	992,657 €	1,004,073 €	1,015,620 €	1,027,299 €	1,039,113 €
Costes Totales	981,371 €	992,657 €	1,004,073 €	1,015,620 €	1,027,299 €	1,039,113 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-767,495 €</u>	<u>-776,321 €</u>	<u>-785,249 €</u>	<u>-794,279 €</u>	<u>-803,414 €</u>	<u>-812,653 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-767,495 €</u>	<u>-776,321 €</u>	<u>-785,249 €</u>	<u>-794,279 €</u>	<u>-803,414 €</u>	<u>-812,653 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-767,495 €</u>	<u>-776,321 €</u>	<u>-785,249 €</u>	<u>-794,279 €</u>	<u>-803,414 €</u>	<u>-812,653 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-767,495 €	-776,321 €	-785,249 €	-794,279 €	-803,414 €	-812,653 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO IV	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	229,065 €	231,699 €	234,363 €	237,058 €	239,785 €	242,542 €
Ingresos Totales	229,065 €	231,699 €	234,363 €	237,058 €	239,785 €	242,542 €
Costes por pretratamiento	1,051,063 €	1,063,150 €	1,075,376 €	1,087,743 €	1,100,252 €	1,112,905 €
Costes Totales	1,051,063 €	1,063,150 €	1,075,376 €	1,087,743 €	1,100,252 €	1,112,905 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-821,998 €</u>	<u>-831,451 €</u>	<u>-841,013 €</u>	<u>-850,685 €</u>	<u>-860,468 €</u>	<u>-870,363 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-821,998 €</u>	<u>-831,451 €</u>	<u>-841,013 €</u>	<u>-850,685 €</u>	<u>-860,468 €</u>	<u>-870,363 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-821,998 €</u>	<u>-831,451 €</u>	<u>-841,013 €</u>	<u>-850,685 €</u>	<u>-860,468 €</u>	<u>-870,363 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-821,998 €	-831,451 €	-841,013 €	-850,685 €	-860,468 €	-870,363 €

Figura 36: Balance de Ingresos y Gastos del CASO V

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO V es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO V del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	-767,495 €	-1,543,816 €	-2,329,065 €	-3,123,345 €	-3,926,758 €	-4,739,411 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	-5,561,410 €	-6,392,861 €	-7,233,874 €	-8,084,559 €	-8,945,026 €	-9,815,389 €

Figura 37: Beneficios acumulados del CASO V

5.6. CASO VI: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con congelación en los digestores de la EDAR de La Gavia

El CASO VI es prácticamente igual que el CASO III a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso el pescado, está siendo sometido a un pretratamiento de congelación. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos sin pretratamientos.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores que tienen lugar en los digestores de La Gavia, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a la digestión. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso VI:

CASO VI	
Producción anual de biogás [Nm ³]	565,228.19
Riqueza en CH ₄ del biogás	40.04%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.616
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	2.466
Porcentaje de ventas de biogás	64%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	170
Tiempo de congelación (h/10kg)	8
Residuos congelados (t)	71000

Figura 38: Tabla de datos del CASO VI

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{\text{motores}} = 10 * 0.4004 * 0.616 = 2.466 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Ingresos}_{\text{biogás}} &= \text{Producción} * \%_{\text{venta}} * C * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 565,228.19 Nm^3 * 0.64 * 2.466 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{\text{€}}{kWh} = 111,529 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{8h}{10kg} * 71,000 * 10^6g * 0.125 \frac{\text{€}}{kWh} \\ &= 1,207,000 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de congelación, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO IV	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	116,749 €	118,091 €	119,449 €	120,823 €	122,213 €	123,618 €
Ingresos Totales	116,749 €	118,091 €	119,449 €	120,823 €	122,213 €	123,618 €
Costes por pretratamiento	1,263,487 €	1,278,017 €	1,292,714 €	1,307,581 €	1,322,618 €	1,337,828 €
Costes Totales	1,263,487 €	1,278,017 €	1,292,714 €	1,307,581 €	1,322,618 €	1,337,828 €
Margen Bruto	-1,146,738 €	-1,159,926 €	-1,173,265 €	-1,186,758 €	-1,200,405 €	-1,214,210 €
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
EBIT	-1,146,738 €	-1,159,926 €	-1,173,265 €	-1,186,758 €	-1,200,405 €	-1,214,210 €
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
EBT	-1,146,738 €	-1,159,926 €	-1,173,265 €	-1,186,758 €	-1,200,405 €	-1,214,210 €
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-1,146,738 €	-1,159,926 €	-1,173,265 €	-1,186,758 €	-1,200,405 €	-1,214,210 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO IV	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	125,040 €	126,478 €	127,932 €	129,403 €	130,891 €	132,397 €
Ingresos Totales	125,040 €	126,478 €	127,932 €	129,403 €	130,891 €	132,397 €
Costes por pretratamiento	1,353,213 €	1,368,775 €	1,384,516 €	1,400,438 €	1,416,543 €	1,432,833 €
Costes Totales	1,353,213 €	1,368,775 €	1,384,516 €	1,400,438 €	1,416,543 €	1,432,833 €
Margen Bruto	-1,228,173 €	-1,242,297 €	-1,256,584 €	-1,271,034 €	-1,285,651 €	-1,300,436 €
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
EBIT	-1,228,173 €	-1,242,297 €	-1,256,584 €	-1,271,034 €	-1,285,651 €	-1,300,436 €
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
EBT	-1,228,173 €	-1,242,297 €	-1,256,584 €	-1,271,034 €	-1,285,651 €	-1,300,436 €
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-1,228,173 €	-1,242,297 €	-1,256,584 €	-1,271,034 €	-1,285,651 €	-1,300,436 €

Figura 39: Balance de Ingresos y Gastos del CASO VI

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO VI es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO VI del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	-1,146,738 €	-2,306,664 €	-3,479,929 €	-4,666,687 €	-5,867,092 €	-7,081,302 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	-8,309,476 €	-9,551,773 €	-10,808,357 €	-12,079,391 €	-13,365,043 €	-14,665,479 €

Figura 40: Beneficios acumulados del CASO VI

5.7. CASO VII: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con ultracongelación en los digestores de la EDAR de La Gavia

El CASO VII es prácticamente igual que el CASO I y el CASO IV a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso la carne, está siendo sometido a un pretratamiento de ultracongelación. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos en los otros casos referentes a este residuo.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores que tienen lugar en los digestores de La Gavia, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a la digestión. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso VII:

CASO VII	
Producción anual de biogás [Nm ³]	784,857.12
Riqueza en CH ₄ del biogás	44.22%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.616
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	2.724
Porcentaje de ventas de biogás	64%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	950
Tiempo de congelación (h/10kg)	0.58
Residuos congelados (t)	63,025

Figura 41: Tabla de datos del CASO VII

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.4422 * 0.616 = 2.724 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 784,857.12 Nm^3 * 0.64 * 2.724 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 171,033 € \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Coste_{congelación} &= Potencia * Tiempo * Residuos * Precio_{Energía} \\ &= 950W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{35 min}{10kg} * \frac{1h}{60min} * 63025 * 10^6g * 0.125 \frac{€}{kWh} \\ &= 436,579 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de ultracongelación, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO VII	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	179,037 €	181,096 €	183,179 €	185,285 €	187,416 €	189,571 €
Ingresos Totales	179,037 €	181,096 €	183,179 €	185,285 €	187,416 €	189,571 €
Costes por pretratamiento	457,011 €	462,267 €	467,583 €	472,960 €	478,399 €	483,901 €
Costes Totales	457,011 €	462,267 €	467,583 €	472,960 €	478,399 €	483,901 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-277,974 €</u>	<u>-281,171 €</u>	<u>-284,404 €</u>	<u>-287,675 €</u>	<u>-290,983 €</u>	<u>-294,329 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-277,974 €</u>	<u>-281,171 €</u>	<u>-284,404 €</u>	<u>-287,675 €</u>	<u>-290,983 €</u>	<u>-294,329 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-277,974 €</u>	<u>-281,171 €</u>	<u>-284,404 €</u>	<u>-287,675 €</u>	<u>-290,983 €</u>	<u>-294,329 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-277,974 €	-281,171 €	-284,404 €	-287,675 €	-290,983 €	-294,329 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO VII	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	191,752 €	193,957 €	196,187 €	198,443 €	200,725 €	203,034 €
Ingresos Totales	191,752 €	193,957 €	196,187 €	198,443 €	200,725 €	203,034 €
Costes por pretratamiento	489,466 €	495,094 €	500,788 €	506,547 €	512,372 €	518,265 €
Costes Totales	489,466 €	495,094 €	500,788 €	506,547 €	512,372 €	518,265 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-297,714 €</u>	<u>-301,138 €</u>	<u>-304,601 €</u>	<u>-308,104 €</u>	<u>-311,647 €</u>	<u>-315,231 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-297,714 €</u>	<u>-301,138 €</u>	<u>-304,601 €</u>	<u>-308,104 €</u>	<u>-311,647 €</u>	<u>-315,231 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-297,714 €</u>	<u>-301,138 €</u>	<u>-304,601 €</u>	<u>-308,104 €</u>	<u>-311,647 €</u>	<u>-315,231 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-297,714 €	-301,138 €	-304,601 €	-308,104 €	-311,647 €	-315,231 €

Figura 42: Balance de Ingresos y Gastos del CASO VII

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO VII es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO VII del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados (€)	-277,974 €	-559,144 €	-843,548 €	-1,131,223 €	-1,422,206 €	-1,716,535 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados (€)	-2,014,249 €	-2,315,387 €	-2,619,988 €	-2,928,091 €	-3,239,738 €	-3,554,969 €

Figura 43: Beneficios acumulados del CASO VII

5.8. CASO VIII: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con ultracongelación en los digestores de la EDAR de La Gavia

El CASO VIII es prácticamente igual que el CASO II y el CASO V a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso la verdura, está siendo sometido a un pretratamiento de ultracongelación. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos en los otros casos referentes a este residuo.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores que tienen lugar en los digestores de La Gavia, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a la digestión. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso VIII:

CASO VIII	
Producción anual de biogás [Nm ³]	727,520.72
Riqueza en CH ₄ del biogás	60.17%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.616
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	3.706
Porcentaje de ventas de biogás	64%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	950
Tiempo de congelación (h/10kg)	0.42
Residuos congelados (t)	63000

Figura 44: Tabla de datos del CASO VIII

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.6017 * 0.616 = 3.706 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 727,520.72 Nm^3 * 0.64 * 3.706 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 215,723 € \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Coste_{congelación} &= Potencia * Tiempo * Residuos * Precio_{Energía} \\ &= 950W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{25 min}{10kg} * \frac{1h}{60min} * 63000 * 10^6g * 0.125 \frac{€}{kWh} \\ &= 311,719 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de ultracongelación, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO VIII	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	225,819 €	228,415 €	231,042 €	233,699 €	236,387 €	239,105 €
Ingresos Totales	225,819 €	228,415 €	231,042 €	233,699 €	236,387 €	239,105 €
Costes por pretratamiento	326,307 €	330,060 €	333,855 €	337,695 €	341,578 €	345,506 €
Costes Totales	326,307 €	330,060 €	333,855 €	337,695 €	341,578 €	345,506 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-100,489 €</u>	<u>-101,644 €</u>	<u>-102,813 €</u>	<u>-103,995 €</u>	<u>-105,191 €</u>	<u>-106,401 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-100,489 €</u>	<u>-101,644 €</u>	<u>-102,813 €</u>	<u>-103,995 €</u>	<u>-105,191 €</u>	<u>-106,401 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-100,489 €</u>	<u>-101,644 €</u>	<u>-102,813 €</u>	<u>-103,995 €</u>	<u>-105,191 €</u>	<u>-106,401 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-100,489 €	-101,644 €	-102,813 €	-103,995 €	-105,191 €	-106,401 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO VIII	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	241,855 €	244,636 €	247,450 €	250,295 €	253,174 €	256,085 €
Ingresos Totales	241,855 €	244,636 €	247,450 €	250,295 €	253,174 €	256,085 €
Costes por pretratamiento	349,480 €	353,499 €	357,564 €	361,676 €	365,835 €	370,042 €
Costes Totales	349,480 €	353,499 €	357,564 €	361,676 €	365,835 €	370,042 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-107,625 €</u>	<u>-108,862 €</u>	<u>-110,114 €</u>	<u>-111,381 €</u>	<u>-112,661 €</u>	<u>-113,957 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-107,625 €</u>	<u>-108,862 €</u>	<u>-110,114 €</u>	<u>-111,381 €</u>	<u>-112,661 €</u>	<u>-113,957 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-107,625 €</u>	<u>-108,862 €</u>	<u>-110,114 €</u>	<u>-111,381 €</u>	<u>-112,661 €</u>	<u>-113,957 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-107,625 €	-108,862 €	-110,114 €	-111,381 €	-112,661 €	-113,957 €

Figura 45: Balance de Ingresos y Gastos del CASO VIII

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO VIII es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO VIII del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	-100,489 €	-202,133 €	-304,946 €	-408,941 €	-514,132 €	-620,533 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	-728,158 €	-837,020 €	-947,135 €	-1,058,515 €	-1,171,177 €	-1,285,134 €

Figura 46: Beneficios acumulados del CASO VIII

5.9. CASO IX: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con ultracongelación en los digestores de la EDAR de La Gavia

El CASO IX es prácticamente igual que el CASO III y el CASO VI a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso el pescado, está siendo sometido a un pretratamiento de ultracongelación. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos en los otros casos referentes a este residuo.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores que tienen lugar en los digestores de La Gavia, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a la digestión. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso IX:

CASO IX	
Producción anual de biogás [Nm ³]	538,543.60
Riqueza en CH ₄ del biogás	30.66%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.616
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	1.889
Porcentaje de ventas de biogás	64%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	950
Tiempo de congelación (h/10kg)	0.67
Residuos congelados (t)	71000

Figura 47: Tabla de datos del CASO IX

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.3066 * 0.616 = 1.889 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 538,543.6Nm^3 * 0.64 * 1.889 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 81,370 € \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Coste_{congelación} &= Potencia * Tiempo * Residuos * Precio_{Energía} \\ &= 950W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{40 min}{10kg} * \frac{1h}{60min} * 71000 * 10^6g * 0.125 \frac{€}{kWh} \\ &= 562,083 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de ultracongelación, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO VIII	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	85,178 €	86,158 €	87,148 €	88,151 €	89,164 €	90,190 €
Ingresos Totales	85,178 €	86,158 €	87,148 €	88,151 €	89,164 €	90,190 €
Costes por pretratamiento	588,389 €	595,155 €	601,999 €	608,922 €	615,925 €	623,008 €
Costes Totales	588,389 €	595,155 €	601,999 €	608,922 €	615,925 €	623,008 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-503,211 €</u>	<u>-508,998 €</u>	<u>-514,851 €</u>	<u>-520,772 €</u>	<u>-526,761 €</u>	<u>-532,818 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-503,211 €</u>	<u>-508,998 €</u>	<u>-514,851 €</u>	<u>-520,772 €</u>	<u>-526,761 €</u>	<u>-532,818 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-503,211 €</u>	<u>-508,998 €</u>	<u>-514,851 €</u>	<u>-520,772 €</u>	<u>-526,761 €</u>	<u>-532,818 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-503,211 €	-508,998 €	-514,851 €	-520,772 €	-526,761 €	-532,818 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO VIII	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	91,227 €	92,276 €	93,337 €	94,410 €	95,496 €	96,594 €
Ingresos Totales	91,227 €	92,276 €	93,337 €	94,410 €	95,496 €	96,594 €
Costes por pretratamiento	630,173 €	637,420 €	644,750 €	652,165 €	659,665 €	667,251 €
Costes Totales	630,173 €	637,420 €	644,750 €	652,165 €	659,665 €	667,251 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-538,946 €</u>	<u>-545,144 €</u>	<u>-551,413 €</u>	<u>-557,754 €</u>	<u>-564,168 €</u>	<u>-570,656 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-538,946 €</u>	<u>-545,144 €</u>	<u>-551,413 €</u>	<u>-557,754 €</u>	<u>-564,168 €</u>	<u>-570,656 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-538,946 €</u>	<u>-545,144 €</u>	<u>-551,413 €</u>	<u>-557,754 €</u>	<u>-564,168 €</u>	<u>-570,656 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-538,946 €	-545,144 €	-551,413 €	-557,754 €	-564,168 €	-570,656 €

Figura 48: Balance de Ingresos y Gastos del CASO IX

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO IX es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO IX del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	-503,211 €	-1,012,208 €	-1,527,059 €	-2,047,831 €	-2,574,592 €	-3,107,410 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	-3,646,356 €	-4,191,500 €	-4,742,913 €	-5,300,667 €	-5,864,835 €	-6,435,491 €

Figura 49: Beneficios acumulados del CASO IX

5.10. CASO X: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con liofilización en los digestores de la EDAR de La Gavia

El CASO X es prácticamente igual que el CASO I, el CASO IV y el CASO VII a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso la carne, está siendo sometido a un pretratamiento de liofilización. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos en los otros casos referentes a este residuo.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores que tienen lugar en los digestores de La Gavia, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a la digestión. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso X:

CASO X	
Producción anual de biogás [Nm ³]	843,025.91
Riqueza en CH ₄ del biogás	35.94%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.616
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	2.214
Porcentaje de ventas de biogás	64%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	170
Potencia Vacío (W)	0.22
Tiempo de congelación (h/100g)	1.42
Tiempo Vacío (h/10kg)	4
Residuos congelados (t)	63025

Figura 50: Tabla de datos del CASO X

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.3594 * 0.616 = 2.214 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 843,025.91 Nm^3 * 0.64 * 2.214 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 149,310 € \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Coste_{congelación} &= Potencia * Tiempo * Residuos * Precio_{Energía} \\ &= (170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{85 min}{10kg} * \frac{1h}{60min} + 0.22W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{4h}{10kg}) \\ &\quad * 63,025 * 10^3 kg * 0.125 \frac{€}{kWh} = 190,425 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de liofilización, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO X	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	156,298 €	158,095 €	159,913 €	161,752 €	163,613 €	165,494 €
Ingresos Totales	156,298 €	158,095 €	159,913 €	161,752 €	163,613 €	165,494 €
Costes por pretratamiento	199,337 €	201,629 €	203,948 €	206,293 €	208,665 €	211,065 €
Costes Totales	199,337 €	201,629 €	203,948 €	206,293 €	208,665 €	211,065 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-43,039 €</u>	<u>-43,534 €</u>	<u>-44,034 €</u>	<u>-44,541 €</u>	<u>-45,053 €</u>	<u>-45,571 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-43,039 €</u>	<u>-43,534 €</u>	<u>-44,034 €</u>	<u>-44,541 €</u>	<u>-45,053 €</u>	<u>-45,571 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-43,039 €</u>	<u>-43,534 €</u>	<u>-44,034 €</u>	<u>-44,541 €</u>	<u>-45,053 €</u>	<u>-45,571 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-43,039 €	-43,534 €	-44,034 €	-44,541 €	-45,053 €	-45,571 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO X	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	167,397 €	169,322 €	171,270 €	173,239 €	175,231 €	177,247 €
Ingresos Totales	167,397 €	169,322 €	171,270 €	173,239 €	175,231 €	177,247 €
Costes por pretratamiento	213,492 €	215,948 €	218,431 €	220,943 €	223,484 €	226,054 €
Costes Totales	213,492 €	215,948 €	218,431 €	220,943 €	223,484 €	226,054 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-46,095 €</u>	<u>-46,625 €</u>	<u>-47,161 €</u>	<u>-47,704 €</u>	<u>-48,252 €</u>	<u>-48,807 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-46,095 €</u>	<u>-46,625 €</u>	<u>-47,161 €</u>	<u>-47,704 €</u>	<u>-48,252 €</u>	<u>-48,807 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-46,095 €</u>	<u>-46,625 €</u>	<u>-47,161 €</u>	<u>-47,704 €</u>	<u>-48,252 €</u>	<u>-48,807 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-46,095 €	-46,625 €	-47,161 €	-47,704 €	-48,252 €	-48,807 €

Figura 51: Balance de Ingresos y Gastos del CASO X

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO IX es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO IX del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	-43,039 €	-86,572 €	-130,606 €	-175,147 €	-220,200 €	-265,771 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	-311,866 €	-358,491 €	-405,652 €	-453,356 €	-501,608 €	-550,415 €

Figura 52: Beneficios acumulados del CASO X

5.11. CASO XI: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con liofilización en los digestores de la EDAR de La Gavia

El CASO XI es prácticamente igual que el CASO II, el CASO V y el CASO VIII a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso la verdura, está siendo sometido a un pretratamiento de liofilización. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos en los otros casos referentes a este residuo.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores que tienen lugar en los digestores de La Gavia, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a la digestión. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XI:

CASO XI

Producción anual de biogás [Nm ³]	660,125.69
Riqueza en CH ₄ del biogás	49.02%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.616
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	3.020
Porcentaje de ventas de biogás	64%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	170
Potencia Vacío (W)	0.22
Tiempo de congelación (h/100g)	0.42
Tiempo Vacío (h/100g)	4
Residuos congelados (t)	63000

Figura 53: Tabla de datos del CASO XI

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{\text{motores}} = 10 * 0.4902 * 0.616 = 3.02 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Ingresos}_{\text{biogás}} &= \text{Producción} * \%_{\text{venta}} * C * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 660,125.69 Nm^3 * 0.64 * 3.02 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{\text{€}}{kWh} = 159,467 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= \left(170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{25 \text{ min}}{10kg} * \frac{1h}{60min} + 0.22W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{4h}{10kg} \right) \\ &\quad * 63000 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{kWh} = 56,474 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de liofilización, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XI	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	166,930 €	168,850 €	170,791 €	172,755 €	174,742 €	176,752 €
Ingresos Totales	166,930 €	168,850 €	170,791 €	172,755 €	174,742 €	176,752 €
Costes por pretratamiento	59,117 €	59,797 €	60,485 €	61,180 €	61,884 €	62,596 €
Costes Totales	59,117 €	59,797 €	60,485 €	61,180 €	61,884 €	62,596 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>107,813 €</u>	<u>109,053 €</u>	<u>110,307 €</u>	<u>111,575 €</u>	<u>112,858 €</u>	<u>114,156 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>107,813 €</u>	<u>109,053 €</u>	<u>110,307 €</u>	<u>111,575 €</u>	<u>112,858 €</u>	<u>114,156 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>107,813 €</u>	<u>109,053 €</u>	<u>110,307 €</u>	<u>111,575 €</u>	<u>112,858 €</u>	<u>114,156 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	107,813 €	109,053 €	110,307 €	111,575 €	112,858 €	114,156 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO XI	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	178,784 €	180,840 €	182,920 €	185,024 €	187,151 €	189,304 €
Ingresos Totales	178,784 €	180,840 €	182,920 €	185,024 €	187,151 €	189,304 €
Costes por pretratamiento	63,315 €	64,044 €	64,780 €	65,525 €	66,279 €	67,041 €
Costes Totales	63,315 €	64,044 €	64,780 €	65,525 €	66,279 €	67,041 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>115,469 €</u>	<u>116,797 €</u>	<u>118,140 €</u>	<u>119,499 €</u>	<u>120,873 €</u>	<u>122,263 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>115,469 €</u>	<u>116,797 €</u>	<u>118,140 €</u>	<u>119,499 €</u>	<u>120,873 €</u>	<u>122,263 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>115,469 €</u>	<u>116,797 €</u>	<u>118,140 €</u>	<u>119,499 €</u>	<u>120,873 €</u>	<u>122,263 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	115,469 €	116,797 €	118,140 €	119,499 €	120,873 €	122,263 €

Figura 54: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XI

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XI es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XI del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	107,813 €	216,865 €	327,172 €	438,747 €	551,605 €	665,762 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	781,230 €	898,027 €	1,016,167 €	1,135,666 €	1,256,539 €	1,378,802 €

Figura 55: Beneficios acumulados del CASO XI

5.12. CASO XII: Digestión anaerobia de lodos de EDAR y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con liofilización en los digestores de la EDAR de La Gavia

El CASO XII es prácticamente igual que el CASO III, el CASO VI y el CASO IV a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso el pescado, está siendo sometido a un pretratamiento de liofilización. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos en los otros casos referentes a este residuo.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores que tienen lugar en los digestores de La Gavia, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a la digestión. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XII:

CASO XII

Producción anual de biogás [Nm ³]	507,007.26
Riqueza en CH ₄ del biogás	37.63%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.616
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	2.318
Porcentaje de ventas de biogás	64%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	170
Potencia Vacío (W)	0.22
Tiempo de congelación (h/100g)	0.67
Tiempo Vacío (h/100g)	18
Residuos congelados (t)	71000

Figura 56: Tabla de datos del CASO XII

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.3763 * 0.616 = 2.318 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 507,007.26 Nm^3 * 0.64 * 2.318 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 94,020 € \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Coste_{congelación} &= Potencia * Tiempo * Residuos * Precio_{Energía} \\ &= (170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{40 min}{10kg} * \frac{1h}{60min} + 0.22W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{18h}{10kg}) \\ &\quad * 71000 * 10^3kg * 0.125 \frac{€}{kWh} = 104,098 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de liofilización, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XII	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	98,420 €	99,552 €	100,697 €	101,855 €	103,026 €	104,211 €
Ingresos Totales	98,420 €	99,552 €	100,697 €	101,855 €	103,026 €	104,211 €
Costes por pretratamiento	108,970 €	110,223 €	111,490 €	112,772 €	114,069 €	115,381 €
Costes Totales	108,970 €	110,223 €	111,490 €	112,772 €	114,069 €	115,381 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-10,550 €</u>	<u>-10,671 €</u>	<u>-10,794 €</u>	<u>-10,918 €</u>	<u>-11,043 €</u>	<u>-11,170 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-10,550 €</u>	<u>-10,671 €</u>	<u>-10,794 €</u>	<u>-10,918 €</u>	<u>-11,043 €</u>	<u>-11,170 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-10,550 €</u>	<u>-10,671 €</u>	<u>-10,794 €</u>	<u>-10,918 €</u>	<u>-11,043 €</u>	<u>-11,170 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-10,550 €	-10,671 €	-10,794 €	-10,918 €	-11,043 €	-11,170 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO XII	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	105,409 €	106,621 €	107,847 €	109,088 €	110,342 €	111,611 €
Ingresos Totales	105,409 €	106,621 €	107,847 €	109,088 €	110,342 €	111,611 €
Costes por pretratamiento	116,708 €	118,050 €	119,408 €	120,781 €	122,170 €	123,575 €
Costes Totales	116,708 €	118,050 €	119,408 €	120,781 €	122,170 €	123,575 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-11,299 €</u>	<u>-11,429 €</u>	<u>-11,560 €</u>	<u>-11,693 €</u>	<u>-11,828 €</u>	<u>-11,964 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-11,299 €</u>	<u>-11,429 €</u>	<u>-11,560 €</u>	<u>-11,693 €</u>	<u>-11,828 €</u>	<u>-11,964 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-11,299 €</u>	<u>-11,429 €</u>	<u>-11,560 €</u>	<u>-11,693 €</u>	<u>-11,828 €</u>	<u>-11,964 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-11,299 €	-11,429 €	-11,560 €	-11,693 €	-11,828 €	-11,964 €

Figura 57: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XI

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XII es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XII del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	-10,550 €	-21,221 €	-32,015 €	-42,932 €	-53,976 €	-65,146 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	-76,445 €	-87,874 €	-99,434 €	-111,128 €	-122,955 €	-134,919 €

Figura 58: Beneficios acumulados del CASO XII

5.13. CASO XIII: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

En el CASO XIII, al igual que en los casos referentes a la EDAR de La Gavia, las instalaciones serían cedidas, pero en esta ocasión por el Parque Tecnológico de Valdemingómez.

Además, en los digestores ahora se estudiaría la digestión conjunta de residuos urbanos y de residuos agroindustriales, en este caso residuos de carne.

Al ser las instalaciones utilizadas cedidas por el Parque Tecnológico de Valdemingómez, no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá directamente a partir de la comercialización del biogás.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XIII:

CASO XIII

Producción anual de biogás [Nm ³]	1,104,363.94
Riqueza en CH ₄ del biogás	30.90%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	1.854
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%

Figura 59: Tabla de datos del CASO XIII

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.309 * 0.6 = 1.854 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 1,104,363.94 Nm^3 * 0.75 * 1.854 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 191,952 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás, al no haber en este caso ningún otro tipo de ingreso ni ningún tipo de coste, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XIII	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	200,936 €	203,246 €	205,584 €	207,948 €	210,339 €	212,758 €
Ingresos Totales	200,936 €	203,246 €	205,584 €	207,948 €	210,339 €	212,758 €
Costes Totales	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>200,936 €</u>	<u>203,246 €</u>	<u>205,584 €</u>	<u>207,948 €</u>	<u>210,339 €</u>	<u>212,758 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>200,936 €</u>	<u>203,246 €</u>	<u>205,584 €</u>	<u>207,948 €</u>	<u>210,339 €</u>	<u>212,758 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>200,936 €</u>	<u>203,246 €</u>	<u>205,584 €</u>	<u>207,948 €</u>	<u>210,339 €</u>	<u>212,758 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	200,936 €	203,246 €	205,584 €	207,948 €	210,339 €	212,758 €

Balance de Ingresos y gastos CASO XIII	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	215,205 €	217,680 €	220,183 €	222,715 €	225,276 €	227,867 €
Ingresos Totales	215,205 €	217,680 €	220,183 €	222,715 €	225,276 €	227,867 €
Costes Totales	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>215,205 €</u>	<u>217,680 €</u>	<u>220,183 €</u>	<u>222,715 €</u>	<u>225,276 €</u>	<u>227,867 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>215,205 €</u>	<u>217,680 €</u>	<u>220,183 €</u>	<u>222,715 €</u>	<u>225,276 €</u>	<u>227,867 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>215,205 €</u>	<u>217,680 €</u>	<u>220,183 €</u>	<u>222,715 €</u>	<u>225,276 €</u>	<u>227,867 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	215,205 €	217,680 €	220,183 €	222,715 €	225,276 €	227,867 €

Figura 60: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XIII

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XIII es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XIII del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	200,936 €	404,182 €	609,765 €	817,713 €	1,028,053 €	1,240,811 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	1,456,016 €	1,673,695 €	1,893,878 €	2,116,594 €	2,341,870 €	2,569,737 €

Figura 61: Beneficios acumulados del CASO XIII

5.14. CASO XIV: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

En el CASO XIV, al igual que en los casos referentes a la EDAR de La Gavia, las instalaciones serían cedidas, pero en esta ocasión por el Parque Tecnológico de Valdemingómez.

Además, en los digestores ahora se estudiaría la digestión conjunta de residuos urbanos y de residuos agroindustriales, en este caso residuos de verdura.

Al ser las instalaciones utilizadas cedidas por el Parque Tecnológico de Valdemingómez, no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá directamente a partir de la comercialización del biogás.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XIV:

CASO XIV

Producción anual de biogás [Nm ³]	714,272.13
Riqueza en CH ₄ del biogás	47.73%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	2.86
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%

Figura 62: Tabla de datos del CASO XIV

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.4773 * 0.6 = 2.86 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%Venta * C * Precio_{Energía} \\ &= 714,272,13 Nm^3 * 0.75 * 2.86 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 191,777 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás, al no haber en este caso ningún otro tipo de ingreso ni ningún tipo de coste, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XIV	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	200,752 €	203,060 €	205,396 €	207,758 €	210,147 €	212,564 €
Ingresos Totales	200,752 €	203,060 €	205,396 €	207,758 €	210,147 €	212,564 €
Costes Totales	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>200,752 €</u>	<u>203,060 €</u>	<u>205,396 €</u>	<u>207,758 €</u>	<u>210,147 €</u>	<u>212,564 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>200,752 €</u>	<u>203,060 €</u>	<u>205,396 €</u>	<u>207,758 €</u>	<u>210,147 €</u>	<u>212,564 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>200,752 €</u>	<u>203,060 €</u>	<u>205,396 €</u>	<u>207,758 €</u>	<u>210,147 €</u>	<u>212,564 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	200,752 €	203,060 €	205,396 €	207,758 €	210,147 €	212,564 €

Balance de Ingresos y gastos CASO XIV	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	215,008 €	217,481 €	219,982 €	222,511 €	225,070 €	227,659 €
Ingresos Totales	215,008 €	217,481 €	219,982 €	222,511 €	225,070 €	227,659 €
Costes Totales	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>215,008 €</u>	<u>217,481 €</u>	<u>219,982 €</u>	<u>222,511 €</u>	<u>225,070 €</u>	<u>227,659 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>215,008 €</u>	<u>217,481 €</u>	<u>219,982 €</u>	<u>222,511 €</u>	<u>225,070 €</u>	<u>227,659 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>215,008 €</u>	<u>217,481 €</u>	<u>219,982 €</u>	<u>222,511 €</u>	<u>225,070 €</u>	<u>227,659 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	215,008 €	217,481 €	219,982 €	222,511 €	225,070 €	227,659 €

Figura 63: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XIV

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XIV es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XIV del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	200,752 €	403,812 €	609,208 €	816,966 €	1,027,112 €	1,239,676 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	1,454,684 €	1,672,165 €	1,892,146 €	2,114,658 €	2,339,728 €	2,567,387 €

Figura 64: Beneficios acumulados del CASO XIV

5.15. CASO XV: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

En el CASO XV, al igual que en los casos referentes a la EDAR de La Gavia, las instalaciones serían cedidas, pero en esta ocasión por el Parque Tecnológico de Valdemingómez.

Además, en los digestores ahora se estudiaría la digestión conjunta de residuos urbanos y de residuos agroindustriales, en este caso residuos de pescado.

Al ser las instalaciones utilizadas cedidas por el Parque Tecnológico de Valdemingómez, no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá directamente a partir de la comercialización del biogás.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XV:

CASO XV

Producción anual de biogás [Nm ³]	645,281.98
Riqueza en CH ₄ del biogás	22.02%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	1.32
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%

Figura 65: Tabla de datos del CASO XV

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.2202 * 0.6 = 1.32 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 645,281.98 Nm^3 * 0.75 * 1.32 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 79,937 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás, al no haber en este caso ningún otro tipo de ingreso ni ningún tipo de coste, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XV	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	83,678 €	84,640 €	85,614 €	86,598 €	87,594 €	88,602 €
Ingresos Totales	83,678 €	84,640 €	85,614 €	86,598 €	87,594 €	88,602 €
Costes Totales	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>83,678 €</u>	<u>84,640 €</u>	<u>85,614 €</u>	<u>86,598 €</u>	<u>87,594 €</u>	<u>88,602 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>83,678 €</u>	<u>84,640 €</u>	<u>85,614 €</u>	<u>86,598 €</u>	<u>87,594 €</u>	<u>88,602 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>83,678 €</u>	<u>84,640 €</u>	<u>85,614 €</u>	<u>86,598 €</u>	<u>87,594 €</u>	<u>88,602 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	83,678 €	84,640 €	85,614 €	86,598 €	87,594 €	88,602 €

Balance de Ingresos y gastos CASO XV	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	89,621 €	90,651 €	91,694 €	92,748 €	93,815 €	94,894 €
Ingresos Totales	89,621 €	90,651 €	91,694 €	92,748 €	93,815 €	94,894 €
Costes Totales	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>89,621 €</u>	<u>90,651 €</u>	<u>91,694 €</u>	<u>92,748 €</u>	<u>93,815 €</u>	<u>94,894 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>89,621 €</u>	<u>90,651 €</u>	<u>91,694 €</u>	<u>92,748 €</u>	<u>93,815 €</u>	<u>94,894 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>89,621 €</u>	<u>90,651 €</u>	<u>91,694 €</u>	<u>92,748 €</u>	<u>93,815 €</u>	<u>94,894 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	89,621 €	90,651 €	91,694 €	92,748 €	93,815 €	94,894 €

Figura 66: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XV

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XV es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XV del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	83,678 €	168,319 €	253,932 €	340,531 €	428,125 €	516,727 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	606,347 €	696,998 €	788,692 €	881,440 €	975,255 €	1,070,148 €

Figura 67: Beneficios acumulados del CASO XV

5.16. CASO XVI: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con congelación en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

El CASO XVI es prácticamente igual que el CASO XIII a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso la carne, está siendo sometido a un pretratamiento de congelación. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos sin pretratamientos.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores referentes al proceso de digestión en el Parque Tecnológico de Valdemingómez, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a los digestores. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XVI:

CASO XVI	
Producción anual de biogás [Nm ³]	1,220,322.16
Riqueza en CH ₄ del biogás	71.97%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	4.32
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	170
Tiempo de congeación (h/10kg)	10
Residuos congelados (t)	63025

Figura 68: Tabla de datos del CASO XVI

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.7197 * 0.6 = 4.32 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 1,220,322.16 Nm^3 * 0.75 * 4.32 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 493,998 € \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Coste_{congelación} &= Potencia * Tiempo * Residuos * Precio_{Energía} \\ &= 170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{10h}{10kg} * 63025 * 10^3kg * 0.125 \frac{€}{kWh} \\ &= 1,339,281 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de congelación, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XVI	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	517,117 €	523,064 €	529,079 €	535,163 €	541,318 €	547,543 €
Ingresos Totales	517,117 €	523,064 €	529,079 €	535,163 €	541,318 €	547,543 €
Costes por pretratamiento	1,401,959 €	1,418,082 €	1,434,390 €	1,450,885 €	1,467,570 €	1,484,447 €
Costes Totales	1,401,959 €	1,418,082 €	1,434,390 €	1,450,885 €	1,467,570 €	1,484,447 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-884,842 €</u>	<u>-895,018 €</u>	<u>-905,311 €</u>	<u>-915,722 €</u>	<u>-926,253 €</u>	<u>-936,905 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-884,842 €</u>	<u>-895,018 €</u>	<u>-905,311 €</u>	<u>-915,722 €</u>	<u>-926,253 €</u>	<u>-936,905 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-884,842 €</u>	<u>-895,018 €</u>	<u>-905,311 €</u>	<u>-915,722 €</u>	<u>-926,253 €</u>	<u>-936,905 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-884,842 €	-895,018 €	-905,311 €	-915,722 €	-926,253 €	-936,905 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO XVI	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	553,839 €	560,209 €	566,651 €	573,167 €	579,759 €	586,426 €
Ingresos Totales	553,839 €	560,209 €	566,651 €	573,167 €	579,759 €	586,426 €
Costes por pretratamiento	1,501,518 €	1,518,786 €	1,536,252 €	1,553,919 €	1,571,789 €	1,589,864 €
Costes Totales	1,501,518 €	1,518,786 €	1,536,252 €	1,553,919 €	1,571,789 €	1,589,864 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-947,679 €</u>	<u>-958,577 €</u>	<u>-969,601 €</u>	<u>-980,751 €</u>	<u>-992,030 €</u>	<u>-1,003,438 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-947,679 €</u>	<u>-958,577 €</u>	<u>-969,601 €</u>	<u>-980,751 €</u>	<u>-992,030 €</u>	<u>-1,003,438 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-947,679 €</u>	<u>-958,577 €</u>	<u>-969,601 €</u>	<u>-980,751 €</u>	<u>-992,030 €</u>	<u>-1,003,438 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-947,679 €	-958,577 €	-969,601 €	-980,751 €	-992,030 €	-1,003,438 €

Figura 69: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XVI

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XVI es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XVI del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	-884,842 €	-1,779,860 €	-2,685,171 €	-3,600,893 €	-4,527,146 €	-5,464,050 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	-6,411,729 €	-7,370,307 €	-8,339,908 €	-9,320,659 €	-10,312,689 €	-11,316,127 €

Figura 70: Beneficios acumulados del CASO XVI

5.17. CASO XVII: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con congelación en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

El CASO XVII es prácticamente igual que el CASO XIV a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso la verdura, está siendo sometido a un pretratamiento de congelación. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos sin pretratamientos.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores referentes al proceso de digestión en el Parque Tecnológico de Valdemingómez, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a los digestores. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XVII:

CASO XVII	
Producción anual de biogás [Nm ³]	858,555.10
Riqueza en CH ₄ del biogás	88.64%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	5.32
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	170
Tiempo de congeación (h/10kg)	7
Residuos congelados (t)	63000

Figura 71: Tabla de datos del CASO XVII

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{\text{motores}} = 10 * 0.8864 * 0.6 = 5.32 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Ingresos}_{\text{biogás}} &= \text{Producción} * \%_{\text{venta}} * C * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 858,555.10 \text{ Nm}^3 * 0.75 * 5.32 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{\text{€}}{kWh} = 428,067 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{7h}{10kg} * 63000 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{kWh} = 937,125 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de congelación, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XVII	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	448,101 €	453,254 €	458,466 €	463,739 €	469,072 €	474,466 €
Ingresos Totales	448,101 €	453,254 €	458,466 €	463,739 €	469,072 €	474,466 €
Costes por pretratamiento	980,982 €	992,263 €	1,003,674 €	1,015,217 €	1,026,892 €	1,038,701 €
Costes Totales	980,982 €	992,263 €	1,003,674 €	1,015,217 €	1,026,892 €	1,038,701 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-532,881 €</u>	<u>-539,009 €</u>	<u>-545,208 €</u>	<u>-551,478 €</u>	<u>-557,820 €</u>	<u>-564,235 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-532,881 €</u>	<u>-539,009 €</u>	<u>-545,208 €</u>	<u>-551,478 €</u>	<u>-557,820 €</u>	<u>-564,235 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-532,881 €</u>	<u>-539,009 €</u>	<u>-545,208 €</u>	<u>-551,478 €</u>	<u>-557,820 €</u>	<u>-564,235 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-532,881 €	-539,009 €	-545,208 €	-551,478 €	-557,820 €	-564,235 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO XVII	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	479,922 €	485,441 €	491,024 €	496,671 €	502,383 €	508,160 €
Ingresos Totales	479,922 €	485,441 €	491,024 €	496,671 €	502,383 €	508,160 €
Costes por pretratamiento	1,050,646 €	1,062,728 €	1,074,950 €	1,087,312 €	1,099,816 €	1,112,464 €
Costes Totales	1,050,646 €	1,062,728 €	1,074,950 €	1,087,312 €	1,099,816 €	1,112,464 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-570,724 €</u>	<u>-577,287 €</u>	<u>-583,926 €</u>	<u>-590,641 €</u>	<u>-597,433 €</u>	<u>-604,304 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-570,724 €</u>	<u>-577,287 €</u>	<u>-583,926 €</u>	<u>-590,641 €</u>	<u>-597,433 €</u>	<u>-604,304 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-570,724 €</u>	<u>-577,287 €</u>	<u>-583,926 €</u>	<u>-590,641 €</u>	<u>-597,433 €</u>	<u>-604,304 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-570,724 €	-577,287 €	-583,926 €	-590,641 €	-597,433 €	-604,304 €

Figura 72: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XVII

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XVII es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XVII del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	-532,881 €	-1,071,891 €	-1,617,099 €	-2,168,577 €	-2,726,397 €	-3,290,632 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	-3,861,355 €	-4,438,642 €	-5,022,568 €	-5,613,209 €	-6,210,642 €	-6,814,946 €

Figura 70: Beneficios acumulados del CASO XVII

5.18. CASO XVIII: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con congelación en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

El CASO XVIII es prácticamente igual que el CASO XV a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso el pescado, está siendo sometido a un pretratamiento de congelación. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos sin pretratamientos.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores referentes al proceso de digestión en el Parque Tecnológico de Valdemingómez, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a los digestores. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XVIII:

CASO XVIII	
Producción anual de biogás [Nm ³]	751,753.51
Riqueza en CH ₄ del biogás	64.46%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	3.87
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	170
Tiempo de congeación (h/10kg)	8
Residuos congelados (t)	71000

Figura 71: Tabla de datos del CASO XVIII

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{\text{motores}} = 10 * 0.6446 * 0.6 = 3.87 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Ingresos}_{\text{biogás}} &= \text{Producción} * \%_{\text{venta}} * C * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 751,753.51 \text{ Nm}^3 * 0.75 * 3.87 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 272,582 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{8h}{10kg} * 71000 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \\ &= 1,207,000 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de congelación, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XVIII	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	285,339 €	288,620 €	291,939 €	295,296 €	298,692 €	302,127 €
Ingresos Totales	285,339 €	288,620 €	291,939 €	295,296 €	298,692 €	302,127 €
Costes por pretratamiento	1,263,487 €	1,278,017 €	1,292,714 €	1,307,581 €	1,322,618 €	1,337,828 €
Costes Totales	1,263,487 €	1,278,017 €	1,292,714 €	1,307,581 €	1,322,618 €	1,337,828 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-978,148 €</u>	<u>-989,397 €</u>	<u>-1,000,775 €</u>	<u>-1,012,284 €</u>	<u>-1,023,925 €</u>	<u>-1,035,701 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-978,148 €</u>	<u>-989,397 €</u>	<u>-1,000,775 €</u>	<u>-1,012,284 €</u>	<u>-1,023,925 €</u>	<u>-1,035,701 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-978,148 €</u>	<u>-989,397 €</u>	<u>-1,000,775 €</u>	<u>-1,012,284 €</u>	<u>-1,023,925 €</u>	<u>-1,035,701 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-978,148 €	-989,397 €	-1,000,775 €	-1,012,284 €	-1,023,925 €	-1,035,701 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO XVIII	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	305,602 €	309,116 €	312,671 €	316,267 €	319,904 €	323,583 €
Ingresos Totales	305,602 €	309,116 €	312,671 €	316,267 €	319,904 €	323,583 €
Costes por pretratamiento	1,353,213 €	1,368,775 €	1,384,516 €	1,400,438 €	1,416,543 €	1,432,833 €
Costes Totales	1,353,213 €	1,368,775 €	1,384,516 €	1,400,438 €	1,416,543 €	1,432,833 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-1,047,611 €</u>	<u>-1,059,659 €</u>	<u>-1,071,845 €</u>	<u>-1,084,171 €</u>	<u>-1,096,639 €</u>	<u>-1,109,250 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-1,047,611 €</u>	<u>-1,059,659 €</u>	<u>-1,071,845 €</u>	<u>-1,084,171 €</u>	<u>-1,096,639 €</u>	<u>-1,109,250 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-1,047,611 €</u>	<u>-1,059,659 €</u>	<u>-1,071,845 €</u>	<u>-1,084,171 €</u>	<u>-1,096,639 €</u>	<u>-1,109,250 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-1,047,611 €	-1,059,659 €	-1,071,845 €	-1,084,171 €	-1,096,639 €	-1,109,250 €

Figura 72: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XVIII

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XVIII es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XVIII del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	-978,148 €	-1,967,546 €	-2,968,321 €	-3,980,605 €	-5,004,530 €	-6,040,231 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	-7,087,842 €	-8,147,501 €	-9,219,346 €	-10,303,517 €	-11,400,155 €	-12,509,406 €

Figura 70: Beneficios acumulados del CASO XVIII

5.19. CASO XIX: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con ultracongelación en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

El CASO XIX es prácticamente igual que el CASO XVI y el CASO XIII a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso la carne, está siendo sometido a un pretratamiento de ultracongelación. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos sin pretratamientos.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores referentes al proceso de digestión en el Parque Tecnológico de Valdemingómez, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a los digestores. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XIX:

CASO XIX	
Producción anual de biogás [Nm ³]	1,028,162.83
Riqueza en CH ₄ del biogás	63.07%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	3.78
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de ultracongelación (W)	950
Tiempo de ultracongelación (h/10kg)	1.42
Residuos ultracongelados (t)	63025

Figura 71: Tabla de datos del CASO XIX

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{\text{motores}} = 10 * 0.6307 * 0.6 = 3.78 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Ingresos}_{\text{biogás}} &= \text{Producción} * \%_{\text{venta}} * C * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 1,028,162.83 \text{ Nm}^3 * 0.75 * 3.78 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{\text{€}}{kWh} = 364,742 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 950W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{85min}{10kg} * \frac{1h}{60min} * 63025 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{kWh} \\ &= 1,060,264 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de ultracongelación, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XIX	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	381,812 €	386,203 €	390,644 €	395,136 €	399,681 €	404,277 €
Ingresos Totales	381,812 €	386,203 €	390,644 €	395,136 €	399,681 €	404,277 €
Costes por pretratamiento	1,109,884 €	1,122,648 €	1,135,558 €	1,148,617 €	1,161,826 €	1,175,187 €
Costes Totales	1,109,884 €	1,122,648 €	1,135,558 €	1,148,617 €	1,161,826 €	1,175,187 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-728,072 €</u>	<u>-736,445 €</u>	<u>-744,914 €</u>	<u>-753,481 €</u>	<u>-762,146 €</u>	<u>-770,911 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-728,072 €</u>	<u>-736,445 €</u>	<u>-744,914 €</u>	<u>-753,481 €</u>	<u>-762,146 €</u>	<u>-770,911 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-728,072 €</u>	<u>-736,445 €</u>	<u>-744,914 €</u>	<u>-753,481 €</u>	<u>-762,146 €</u>	<u>-770,911 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-728,072 €	-736,445 €	-744,914 €	-753,481 €	-762,146 €	-770,911 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO XIX	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	408,926 €	413,629 €	418,385 €	423,197 €	428,064 €	432,986 €
Ingresos Totales	408,926 €	413,629 €	418,385 €	423,197 €	428,064 €	432,986 €
Costes por pretratamiento	1,188,702 €	1,202,372 €	1,216,199 €	1,230,186 €	1,244,333 €	1,258,643 €
Costes Totales	1,188,702 €	1,202,372 €	1,216,199 €	1,230,186 €	1,244,333 €	1,258,643 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-779,776 €</u>	<u>-788,743 €</u>	<u>-797,814 €</u>	<u>-806,989 €</u>	<u>-816,269 €</u>	<u>-825,656 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-779,776 €</u>	<u>-788,743 €</u>	<u>-797,814 €</u>	<u>-806,989 €</u>	<u>-816,269 €</u>	<u>-825,656 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-779,776 €</u>	<u>-788,743 €</u>	<u>-797,814 €</u>	<u>-806,989 €</u>	<u>-816,269 €</u>	<u>-825,656 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-779,776 €	-788,743 €	-797,814 €	-806,989 €	-816,269 €	-825,656 €

Figura 72: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XIX

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XIX es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XIX del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	-728,072 €	-1,464,518 €	-2,209,432 €	-2,962,913 €	-3,725,059 €	-4,495,969 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	-5,275,745 €	-6,064,489 €	-6,862,303 €	-7,669,291 €	-8,485,561 €	-9,311,217 €

Figura 73: Beneficios acumulados del CASO XIX

5.20. CASO XX: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con ultracongelación en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

El CASO XX es prácticamente igual que el CASO XVII y el CASO XIV a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso la verdura, está siendo sometido a un pretratamiento de ultracongelación. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos sin pretratamientos.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores referentes al proceso de digestión en el Parque Tecnológico de Valdemingómez, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a los digestores. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XX:

CASO XX	
Producción anual de biogás [Nm ³]	902,125.70
Riqueza en CH ₄ del biogás	89.07%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	5.34
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de ultracongelación (W)	950
Tiempo de ultracongelación (h/10kg)	0.42
Residuos ultracongelados (t)	63000

Figura 74: Tabla de datos del CASO XX

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.8907 * 0.6 = 5.34 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 902,125.70 Nm^3 * 0.75 * 5.34 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 451,971 € \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Coste_{congelación} &= Potencia * Tiempo * Residuos * Precio_{Energía} \\ &= 950W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{25min}{10kg} * \frac{1h}{60min} * 63000 * 10^3kg * 0.125 \frac{€}{kWh} \\ &= 311,719 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de ultracongelación, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XX	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	473,123 €	478,564 €	484,068 €	489,634 €	495,265 €	500,961 €
Ingresos Totales	473,123 €	478,564 €	484,068 €	489,634 €	495,265 €	500,961 €
Costes por pretratamiento	326,307 €	330,060 €	333,855 €	337,695 €	341,578 €	345,506 €
Costes Totales	326,307 €	330,060 €	333,855 €	337,695 €	341,578 €	345,506 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>146,816 €</u>	<u>148,505 €</u>	<u>150,212 €</u>	<u>151,940 €</u>	<u>153,687 €</u>	<u>155,455 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>146,816 €</u>	<u>148,505 €</u>	<u>150,212 €</u>	<u>151,940 €</u>	<u>153,687 €</u>	<u>155,455 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>146,816 €</u>	<u>148,505 €</u>	<u>150,212 €</u>	<u>151,940 €</u>	<u>153,687 €</u>	<u>155,455 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	146,816 €	148,505 €	150,212 €	151,940 €	153,687 €	155,455 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO XX	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	506,722 €	512,549 €	518,444 €	524,406 €	530,436 €	536,536 €
Ingresos Totales	506,722 €	512,549 €	518,444 €	524,406 €	530,436 €	536,536 €
Costes por pretratamiento	349,480 €	353,499 €	357,564 €	361,676 €	365,835 €	370,042 €
Costes Totales	349,480 €	353,499 €	357,564 €	361,676 €	365,835 €	370,042 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>157,242 €</u>	<u>159,051 €</u>	<u>160,880 €</u>	<u>162,730 €</u>	<u>164,601 €</u>	<u>166,494 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>157,242 €</u>	<u>159,051 €</u>	<u>160,880 €</u>	<u>162,730 €</u>	<u>164,601 €</u>	<u>166,494 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>157,242 €</u>	<u>159,051 €</u>	<u>160,880 €</u>	<u>162,730 €</u>	<u>164,601 €</u>	<u>166,494 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	157,242 €	159,051 €	160,880 €	162,730 €	164,601 €	166,494 €

Figura 75: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XX

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XX es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XX del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	146,816 €	295,321 €	445,533 €	597,473 €	751,160 €	906,615 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	1,063,857 €	1,222,908 €	1,383,788 €	1,546,517 €	1,711,119 €	1,877,613 €

Figura 76: Beneficios acumulados del CASO XX

5.21. CASO XXI: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con ultracongelación en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

El CASO XXI es prácticamente igual que el CASO XV y el CASO XVIII a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso el pescado, está siendo sometido a un pretratamiento de ultracongelación. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos sin pretratamientos.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores referentes al proceso de digestión en el Parque Tecnológico de Valdemingómez, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a los digestores. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXI:

CASO XXI	
Producción anual de biogás [Nm ³]	716,263.00
Riqueza en CH ₄ del biogás	75.25%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	4.52
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de ultracongelación (W)	950
Tiempo de ultracongelación (h/10kg)	0.67
Residuos ultracongelados (t)	71000

Figura 77: Tabla de datos del CASO XXI

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{\text{motores}} = 10 * 0.7525 * 0.6 = 4.52 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Ingresos}_{\text{biogás}} &= \text{Producción} * \%_{\text{venta}} * C * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 716,263 \text{ Nm}^3 * 0.75 * 4.52 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{\text{€}}{kWh} = 303,191 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 950W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{40min}{10kg} * \frac{1h}{60min} * 71000 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{kWh} \\ &= 562,083 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de ultracongelación, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXI	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	317,380 €	321,030 €	324,722 €	328,456 €	332,234 €	336,054 €
Ingresos Totales	317,380 €	321,030 €	324,722 €	328,456 €	332,234 €	336,054 €
Costes por pretratamiento	588,389 €	595,155 €	601,999 €	608,922 €	615,925 €	623,008 €
Costes Totales	588,389 €	595,155 €	601,999 €	608,922 €	615,925 €	623,008 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-271,008 €</u>	<u>-274,125 €</u>	<u>-277,277 €</u>	<u>-280,466 €</u>	<u>-283,691 €</u>	<u>-286,954 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-271,008 €</u>	<u>-274,125 €</u>	<u>-277,277 €</u>	<u>-280,466 €</u>	<u>-283,691 €</u>	<u>-286,954 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-271,008 €</u>	<u>-274,125 €</u>	<u>-277,277 €</u>	<u>-280,466 €</u>	<u>-283,691 €</u>	<u>-286,954 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-271,008 €	-274,125 €	-277,277 €	-280,466 €	-283,691 €	-286,954 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXI	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	339,919 €	343,828 €	347,782 €	351,782 €	355,827 €	359,919 €
Ingresos Totales	339,919 €	343,828 €	347,782 €	351,782 €	355,827 €	359,919 €
Costes por pretratamiento	630,173 €	637,420 €	644,750 €	652,165 €	659,665 €	667,251 €
Costes Totales	630,173 €	637,420 €	644,750 €	652,165 €	659,665 €	667,251 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>-290,254 €</u>	<u>-293,592 €</u>	<u>-296,968 €</u>	<u>-300,383 €</u>	<u>-303,838 €</u>	<u>-307,332 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>-290,254 €</u>	<u>-293,592 €</u>	<u>-296,968 €</u>	<u>-300,383 €</u>	<u>-303,838 €</u>	<u>-307,332 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>-290,254 €</u>	<u>-293,592 €</u>	<u>-296,968 €</u>	<u>-300,383 €</u>	<u>-303,838 €</u>	<u>-307,332 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	-290,254 €	-293,592 €	-296,968 €	-300,383 €	-303,838 €	-307,332 €

Figura 78: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXI

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXI es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXI del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	-271,008 €	-545,133 €	-822,410 €	-1,102,876 €	-1,386,568 €	-1,673,521 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	-1,963,775 €	-2,257,367 €	-2,554,335 €	-2,854,718 €	-3,158,555 €	-3,465,887 €

Figura 79: Beneficios acumulados del CASO XXI

5.22. CASO XXII: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con liofilización en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

El CASO XXII es prácticamente igual que el CASO XII, el CASO XVI y el CASO XIX a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso la carne, está siendo sometido a un pretratamiento de liofilización. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos sin pretratamientos.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores referentes al proceso de digestión en el Parque Tecnológico de Valdemingómez, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a los digestores. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXII:

CASO XXII

Producción anual de biogás [Nm ³]	1,104,363.94
Riqueza en CH ₄ del biogás	52.84%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	3.17
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	170
Potencia de vacío (W)	0.22
Tiempo de congelación (h/10kg)	1.42
Tiempo de vacío (h/10kg)	4.00
Residuos ultracongelados (t)	63025

Figura 80: Tabla de datos del CASO XXII

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.5284 * 0.6 = 3.17 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 1,104,363.94 Nm^3 * 0.75 * 3.17 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 328,238 € \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Coste_{congelación} &= Potencia * Tiempo * Residuos * Precio_{Energía} \\ &= (170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{85 min}{10kg} * \frac{1h}{60min} + 0.22W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{4h}{10kg}) \\ &\quad * 63,025 * 10^3 kg * 0.125 \frac{€}{kWh} = 190,425 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de liofilización, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXII	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	343,600 €	347,551 €	351,548 €	355,591 €	359,680 €	363,816 €
Ingresos Totales	343,600 €	347,551 €	351,548 €	355,591 €	359,680 €	363,816 €
Costes por pretratamiento	199,337 €	201,629 €	203,948 €	206,293 €	208,665 €	211,065 €
Costes Totales	199,337 €	201,629 €	203,948 €	206,293 €	208,665 €	211,065 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>144,263 €</u>	<u>145,922 €</u>	<u>147,600 €</u>	<u>149,298 €</u>	<u>151,015 €</u>	<u>152,751 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>144,263 €</u>	<u>145,922 €</u>	<u>147,600 €</u>	<u>149,298 €</u>	<u>151,015 €</u>	<u>152,751 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>144,263 €</u>	<u>145,922 €</u>	<u>147,600 €</u>	<u>149,298 €</u>	<u>151,015 €</u>	<u>152,751 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	144,263 €	145,922 €	147,600 €	149,298 €	151,015 €	152,751 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXII	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	368,000 €	372,232 €	376,513 €	380,843 €	385,223 €	389,653 €
Ingresos Totales	368,000 €	372,232 €	376,513 €	380,843 €	385,223 €	389,653 €
Costes por pretratamiento	213,492 €	215,948 €	218,431 €	220,943 €	223,484 €	226,054 €
Costes Totales	213,492 €	215,948 €	218,431 €	220,943 €	223,484 €	226,054 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>154,508 €</u>	<u>156,285 €</u>	<u>158,082 €</u>	<u>159,900 €</u>	<u>161,739 €</u>	<u>163,599 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>154,508 €</u>	<u>156,285 €</u>	<u>158,082 €</u>	<u>159,900 €</u>	<u>161,739 €</u>	<u>163,599 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>154,508 €</u>	<u>156,285 €</u>	<u>158,082 €</u>	<u>159,900 €</u>	<u>161,739 €</u>	<u>163,599 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	154,508 €	156,285 €	158,082 €	159,900 €	161,739 €	163,599 €

Figura 81: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXII

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXII es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXII del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	144,263 €	290,185 €	437,786 €	587,083 €	738,098 €	890,849 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	1,045,357 €	1,201,642 €	1,359,724 €	1,519,624 €	1,681,363 €	1,844,962 €

Figura 82: Beneficios acumulados del CASO XXII

5.23. CASO XXIII: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con liofilización en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

El CASO XXIII es prácticamente igual que el CASO XIV, el CASO XVII y el CASO XX a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso la verdura, está siendo sometido a un pretratamiento de liofilización. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos sin pretratamientos.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores referentes al proceso de digestión en el Parque Tecnológico de Valdemingómez, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a los digestores. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXIII:

CASO XXIII

Producción anual de biogás [Nm ³]	818,555.86
Riqueza en CH ₄ del biogás	72.55%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	4.35
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	170
Potencia de vacío (W)	0.22
Tiempo de congelación (h/10kg)	0.42
Tiempo de vacío (h/10kg)	4
Residuos ultracongelados (t)	63025

Figura 83: Tabla de datos del CASO XXIII

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.7255 * 0.6 = 4.35 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 818,555.86 Nm^3 * 0.75 * 4.35 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 334,060 € \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Coste_{congelación} &= Potencia * Tiempo * Residuos * Precio_{Energía} \\ &= (170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{25 min}{10kg} * \frac{1h}{60min} + 0.22W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{4h}{10kg}) \\ &\quad * 63,000 * 10^3 kg * 0.125 \frac{€}{kWh} = 56,474 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de liofilización, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXIII	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	349,694 €	353,715 €	357,783 €	361,897 €	366,059 €	370,269 €
Ingresos Totales	349,694 €	353,715 €	357,783 €	361,897 €	366,059 €	370,269 €
Costes por pretratamiento	59,117 €	59,797 €	60,485 €	61,180 €	61,884 €	62,596 €
Costes Totales	59,117 €	59,797 €	60,485 €	61,180 €	61,884 €	62,596 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>290,576 €</u>	<u>293,918 €</u>	<u>297,298 €</u>	<u>300,717 €</u>	<u>304,175 €</u>	<u>307,673 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>290,576 €</u>	<u>293,918 €</u>	<u>297,298 €</u>	<u>300,717 €</u>	<u>304,175 €</u>	<u>307,673 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>290,576 €</u>	<u>293,918 €</u>	<u>297,298 €</u>	<u>300,717 €</u>	<u>304,175 €</u>	<u>307,673 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	290,576 €	293,918 €	297,298 €	300,717 €	304,175 €	307,673 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXIII	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	374,527 €	378,834 €	383,190 €	387,597 €	392,055 €	396,563 €
Ingresos Totales	374,527 €	378,834 €	383,190 €	387,597 €	392,055 €	396,563 €
Costes por pretratamiento	63,315 €	64,044 €	64,780 €	65,525 €	66,279 €	67,041 €
Costes Totales	63,315 €	64,044 €	64,780 €	65,525 €	66,279 €	67,041 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>311,211 €</u>	<u>314,790 €</u>	<u>318,410 €</u>	<u>322,072 €</u>	<u>325,776 €</u>	<u>329,522 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>311,211 €</u>	<u>314,790 €</u>	<u>318,410 €</u>	<u>322,072 €</u>	<u>325,776 €</u>	<u>329,522 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>311,211 €</u>	<u>314,790 €</u>	<u>318,410 €</u>	<u>322,072 €</u>	<u>325,776 €</u>	<u>329,522 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	311,211 €	314,790 €	318,410 €	322,072 €	325,776 €	329,522 €

Figura 84: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXIII

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXIII es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXIII del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	290,576 €	584,494 €	881,792 €	1,182,509 €	1,486,684 €	1,794,358 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	2,105,569 €	2,420,359 €	2,738,770 €	3,060,842 €	3,386,618 €	3,716,140 €

Figura 85: Beneficios acumulados del CASO XXIII

5.24. CASO XXIV: Digestión anaerobia de residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con liofilización en los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez

El CASO XXIV es prácticamente igual que el CASO XV, el CASO XVIII y el CASO XXI a excepción de que el residuo agroindustrial, en este caso el pescado, está siendo sometido a un pretratamiento de liofilización. Por lo tanto, los valores de la producción de biogás y de riqueza de metano sufrirán una variación con respecto a los datos obtenidos sin pretratamientos.

De nuevo, al igual que en los casos anteriores referentes al proceso de digestión en el Parque Tecnológico de Valdemingómez, las instalaciones utilizadas serían cedidas, por lo que no se tendrá en cuenta ningún tipo de coste referente a los digestores. Sin embargo, al llevarse a cabo un pretratamiento, en este caso habrá que tener en cuenta el coste por llevarlo a cabo. A su vez, los únicos ingresos presentes serán obtenidos a partir de la comercialización del biogás. Por tanto el beneficio neto de este caso se obtendrá a partir de la comercialización del biogás inyectado a la red y del coste del pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXIV:

CASO XXIV

Producción anual de biogás [Nm ³]	674,319.67
Riqueza en CH ₄ del biogás	60.59%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido (kWh/m ³)	3.64
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Inflación	1.15%
Potencia de congelación (W)	170
Potencia de vacío (W)	0.22
Tiempo de congelación (h/10kg)	0.67
Tiempo de vacío (h/10kg)	18
Residuos ultracongelados (t)	71000

Figura 86: Tabla de datos del CASO XXIV

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.6059 * 0.6 = 3.64 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Ingresos_{biogás} &= Producción * \%_{venta} * C * Precio_{Energía} \\ &= 674,319.67 Nm^3 * 0.75 * 3.64 \frac{kWh}{m^3} * 0.125 \frac{€}{kWh} = 229,803 € \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Coste_{congelación} &= Potencia * Tiempo * Residuos * Precio_{Energía} \\ &= (170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{40 min}{10kg} * \frac{1h}{60min} + 0.22W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{18h}{10kg}) \\ &\quad * 71,000 * 10^3 kg * 0.125 \frac{€}{kWh} = 104,098 € \end{aligned}$$

A partir de los ingresos de biogás y de los costes del proceso de liofilización, ya se puede calcular el beneficio neto del análisis económico de este caso.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXIV	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	240,558 €	243,324 €	246,122 €	248,953 €	251,816 €	254,711 €
Ingresos Totales	240,558 €	243,324 €	246,122 €	248,953 €	251,816 €	254,711 €
Costes por pretratamiento	108,970 €	110,223 €	111,490 €	112,772 €	114,069 €	115,381 €
Costes Totales	108,970 €	110,223 €	111,490 €	112,772 €	114,069 €	115,381 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>131,588 €</u>	<u>133,101 €</u>	<u>134,632 €</u>	<u>136,180 €</u>	<u>137,746 €</u>	<u>139,330 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>131,588 €</u>	<u>133,101 €</u>	<u>134,632 €</u>	<u>136,180 €</u>	<u>137,746 €</u>	<u>139,330 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>131,588 €</u>	<u>133,101 €</u>	<u>134,632 €</u>	<u>136,180 €</u>	<u>137,746 €</u>	<u>139,330 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	131,588 €	133,101 €	134,632 €	136,180 €	137,746 €	139,330 €

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXIV	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	257,641 €	260,603 €	263,600 €	266,632 €	269,698 €	272,800 €
Ingresos Totales	257,641 €	260,603 €	263,600 €	266,632 €	269,698 €	272,800 €
Costes por pretratamiento	116,708 €	118,050 €	119,408 €	120,781 €	122,170 €	123,575 €
Costes Totales	116,708 €	118,050 €	119,408 €	120,781 €	122,170 €	123,575 €
<u>Margen Bruto</u>	<u>140,933 €</u>	<u>142,553 €</u>	<u>144,193 €</u>	<u>145,851 €</u>	<u>147,528 €</u>	<u>149,225 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>140,933 €</u>	<u>142,553 €</u>	<u>144,193 €</u>	<u>145,851 €</u>	<u>147,528 €</u>	<u>149,225 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>140,933 €</u>	<u>142,553 €</u>	<u>144,193 €</u>	<u>145,851 €</u>	<u>147,528 €</u>	<u>149,225 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	140,933 €	142,553 €	144,193 €	145,851 €	147,528 €	149,225 €

Figura 87: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXIV

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXIV es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXIV del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	131,588 €	264,689 €	399,321 €	535,501 €	673,247 €	812,578 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	953,510 €	1,096,064 €	1,240,256 €	1,386,107 €	1,533,636 €	1,682,860 €

Figura 88: Beneficios acumulados del CASO XXIV

5.25. CASO XXV: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne en los digestores de unas instalaciones propias

La principal diferencia de este caso y todos sus similares es que, al contrario que en todos los casos anteriores hasta el CASO XXIV, en los que las instalaciones eran cedidas ya sea por La Gavia o por el Parque Tecnológico Valdemingómez, las instalaciones serán propias y de características similares a las del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

La segunda diferencia más importante es que, en este caso, se llevará a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales.

En cuanto al análisis económico, se aprecia una gran diferencia con respecto a los casos en los que las instalaciones son cedidas ya que, al ser las instalaciones propias, hay que tener en cuenta todos los ingresos y costes que esto conlleva. Los ingresos presentes en este caso son de comercialización de biogás, comercialización del compost y de convenio ECOEMBES. En cuanto a los gastos estos serán debidos a costes de explotación, de personal, de mantenimiento y operaciones y de gestión administrativa.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXV:

CASO XXV

Producción anual de biogás aportada por La Gavia [Nm ³]	843,025.91
Producción anual de biogás aportada por el PTV [Nm ³]	1,104,363.94
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por La Gavia	21.02%
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por el PTV	30.90%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido por La Gavia (kWh/m ³)	1.261
Capacidad calorífica del biogás producido por el PTV (kWh/m ³)	1.854
Proporción La Gavia:PTV	1:4
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Compost (t)	11,245
Digestato (€/t)	500
Convenio ECOEMBES (€)	22,499,550
Factor de bolsa de restos totales	0.30
Factor de bolsa de restos tratados y no incinerados	0.25
Bolsas de entrada (t)	274872
Bolsas de restos tratados (t)	43937.73
Coste Unitario de Explotación (€/t)	53.67
Coste Unitario de Monitorización y control de calidad (€/t)	0.13
Coste Unitario de Gestión administrativa (€/t)	2.15
Coste de Personal (€)	2,290,581
Inflación	1.15%

Figura 89: Tabla de datos del CASO XXV

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C_{Gavia} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.2102 * 0.6 = 1.261 \frac{kWh}{m^3}$$

$$C_{PTV} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.309 * 0.6 = 1.854 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta una relación del orden 1:4 entre el aporte de biogás de La Gavia y el aporte de biogás del Parque Tecnológico de Valdemingómez:

Ingresos_{biogás}

$$\begin{aligned} &= (0.25 * Producción_{Gavia} * C_{Gavia} + 0.75 * Producción_{PTV} * C_{PTV}) \\ &* \%_{Venta} * Precio_{Energía} \\ &= \left(0.25 * 843,025.91 Nm^3 * 1.261 \frac{kWh}{m^3} + 0.75 * 1,104,363.94 Nm^3 \right. \\ &\left. * 1.854 \frac{kWh}{m^3} \right) * 0.75 * 0.125 \frac{€}{kWh} = 168,885 € \end{aligned}$$

Los ingresos por comercialización del Compost se realizan de la siguiente forma:

$$Ingresos_{Compost} = Compost * Digestato = 11,245 t * 500 \frac{€}{t} = 5,885,436 €$$

En cuanto a los ingresos, por último se calcularía los ingresos por el convenio ECOEMBES como sigue:

$$\begin{aligned} Ingresos_{ECOEMBES} &= Convenio * Factores de bolsas = 22,499,550 € * 0.3 * 0.25 \\ &= 1,766,436 € \end{aligned}$$

A continuación se presentan los cálculos a partir de los cuales se obtienen los distintos costes presentes en este caso:

- Costes de Explotación:

$$\begin{aligned} Coste_{Explotación} &= Bolsas_{restos\ tratados} * Explotación = 43,938 t * 53.67 \frac{€}{t} \\ &= 2,358,138 € \end{aligned}$$

- Costes de Mantenimiento y Operaciones:

$$\begin{aligned} Coste_{Mantenimiento} &= Bolsas_{restos\ tratados} * Mantenimiento = 43,938 t * 0.13 \frac{€}{t} \\ &= 5,712 € \end{aligned}$$

- Costes de Gestión administrativa:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Administración}} &= \text{Bolsas}_{\text{Entrada}} * \text{Administración} = 274,872 \text{ t} * 2.15 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 590,975 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de todos estos ingresos y costes es posible calcular el beneficio neto del caso que se está analizando.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXV	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	168,885 €	170,827 €	172,791 €	174,778 €	176,788 €	178,822 €
Ingresos por comercialización del compost	5,885,436 €	5,953,119 €	6,021,580 €	6,090,828 €	6,160,872 €	6,231,722 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,766,439 €	1,786,753 €	1,807,301 €	1,828,085 €	1,849,108 €	1,870,372 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>7,820,760 €</u>	<u>7,910,699 €</u>	<u>8,001,672 €</u>	<u>8,093,691 €</u>	<u>8,186,769 €</u>	<u>8,280,916 €</u>
Costes de Explotación	2,468,498 €	2,496,885 €	2,525,600 €	2,554,644 €	2,584,022 €	2,613,739 €
Costes de Personal	2,397,779 €	2,425,354 €	2,453,245 €	2,481,458 €	2,509,994 €	2,538,859 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	5,979 €	6,048 €	6,118 €	6,188 €	6,259 €	6,331 €
Costes de Gestión Administrativa	618,632 €	625,746 €	632,943 €	640,221 €	647,584 €	655,031 €
<u>Costes Totales</u>	<u>5,490,888 €</u>	<u>5,554,034 €</u>	<u>5,617,905 €</u>	<u>5,682,511 €</u>	<u>5,747,860 €</u>	<u>5,813,960 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,329,872 €</u>	<u>2,356,665 €</u>	<u>2,383,767 €</u>	<u>2,411,180 €</u>	<u>2,438,909 €</u>	<u>2,466,956 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,329,872 €</u>	<u>2,356,665 €</u>	<u>2,383,767 €</u>	<u>2,411,180 €</u>	<u>2,438,909 €</u>	<u>2,466,956 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,329,872 €</u>	<u>2,356,665 €</u>	<u>2,383,767 €</u>	<u>2,411,180 €</u>	<u>2,438,909 €</u>	<u>2,466,956 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,329,872 €	2,356,665 €	2,383,767 €	2,411,180 €	2,438,909 €	2,466,956 €

Figura 90: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXV

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXV	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	180,878 €	182,958 €	185,062 €	187,190 €	189,343 €	191,520 €
Ingresos por comercialización del compost	6,303,387 €	6,375,876 €	6,449,199 €	6,523,365 €	6,598,383 €	6,674,265 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,891,882 €	1,913,638 €	1,935,645 €	1,957,905 €	1,980,421 €	2,003,196 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,376,147 €</u>	<u>8,472,473 €</u>	<u>8,569,906 €</u>	<u>8,668,460 €</u>	<u>8,768,147 €</u>	<u>8,868,981 €</u>
Costes de Explotación	2,643,797 €	2,674,200 €	2,704,954 €	2,736,060 €	2,767,525 €	2,799,352 €
Costes de Personal	2,568,056 €	2,597,589 €	2,627,461 €	2,657,677 €	2,688,240 €	2,719,155 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	6,404 €	6,477 €	6,552 €	6,627 €	6,704 €	6,781 €
Costes de Gestión Administrativa	662,564 €	670,183 €	677,891 €	685,686 €	693,572 €	701,548 €
<u>Costes Totales</u>	<u>5,880,821 €</u>	<u>5,948,450 €</u>	<u>6,016,857 €</u>	<u>6,086,051 €</u>	<u>6,156,041 €</u>	<u>6,226,835 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,495,326 €</u>	<u>2,524,023 €</u>	<u>2,553,049 €</u>	<u>2,582,409 €</u>	<u>2,612,107 €</u>	<u>2,642,146 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,495,326 €</u>	<u>2,524,023 €</u>	<u>2,553,049 €</u>	<u>2,582,409 €</u>	<u>2,612,107 €</u>	<u>2,642,146 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,495,326 €</u>	<u>2,524,023 €</u>	<u>2,553,049 €</u>	<u>2,582,409 €</u>	<u>2,612,107 €</u>	<u>2,642,146 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,495,326 €	2,524,023 €	2,553,049 €	2,582,409 €	2,612,107 €	2,642,146 €

Figura 90: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXV

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXV es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXV del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	2,329,872 €	4,686,537 €	7,070,304 €	9,481,484 €	11,920,393 €	14,387,350 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	16,882,676 €	19,406,698 €	21,959,747 €	24,542,156 €	27,154,263 €	29,796,408 €

Figura 91: Beneficios acumulados del CASO XXV

5.26. CASO XXVI: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura en los digestores de unas instalaciones propias

La principal diferencia de este caso y todos sus similares es que, al contrario que en todos los casos anteriores hasta el CASO XXIV, en los que las instalaciones eran cedidas ya sea por La Gavia o por el Parque Tecnológico Valdemingómez, las instalaciones serán propias y de características similares a las del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

La segunda diferencia más importante es que, en este caso, se llevará a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales, de tipo verdura particularmente.

En cuanto al análisis económico, se aprecia una gran diferencia con respecto a los casos en los que las instalaciones son cedidas ya que, al ser las instalaciones propias, hay que tener en cuenta todos los ingresos y costes que esto conlleva. Los ingresos presentes en este caso son de comercialización de biogás, comercialización del compost y de convenio ECOEMBES. En cuanto a los gastos estos serán debidos a costes de explotación, de personal, de mantenimiento y operaciones y de gestión administrativa.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXVI:

CASO XXVI	
Producción anual de biogás aportada por La Gavia [Nm3]	576,025.91
Producción anual de biogás aportada por el PTV [Nm3]	714,272.13
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por La Gavia	32.25%
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por el PTV	47.73%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido por La Gavia (kWh/m ³)	1.935
Capacidad calorífica del biogás producido por el PTV (kWh/m ³)	2.864
Proporción La Gavia:PTV	1:4
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Compost (t)	11,245
Digestato (€/t)	500
Convenio ECOEMBES (€)	22,499,550
Factor de bolsa de restos totales	0.30
Factor de bolsa de restos tratados y no incinerados	0.25
Bolsas de entrada (t)	274872
Bolsas de restos tratados (t)	43937.73
Coste Unitario de Explotación (€/t)	53.67
Coste Unitario de Monitorización y Control de calidad (€/t)	0.13
Coste Unitario de Gestión Administrativa (€/t)	2.15
Coste de Personal (€)	2,290,581
Inflación	1.15%

Figura 92: Tabla de datos del CASO XXVI

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C_{Gavia} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.3225 * 0.6 = 1.935 \frac{kWh}{m^3}$$

$$C_{PTV} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.4773 * 0.6 = 2.864 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta una

relación del orden 1:4 entre el aporte de biogás de La Gavia y el aporte de biogás del Parque Tecnológico de Valdemingómez:

Ingresos_{biogás}

$$\begin{aligned}
 &= (0.25 * Producción_{Gavia} * C_{Gavia} + 0.75 * Producción_{PTV} * C_{PTV}) \\
 & * \%_{Venta} * Precio_{Energía} \\
 &= \left(0.25 * 575,025,91 Nm^3 * 1.935 \frac{kWh}{m^3} + 0.75 * 714,272.13 Nm^3 \right. \\
 & \left. * 2.864 \frac{kWh}{m^3} \right) * 0.75 * 0.125 \frac{€}{kWh} = 169,958 €
 \end{aligned}$$

Los ingresos por comercialización del Compost se realizan de la siguiente forma:

$$Ingresos_{Compost} = Compost * Digestato = 11,245 t * 500 \frac{€}{t} = 5,885,436 €$$

En cuanto a los ingresos, por último se calcularía los ingresos por el convenio ECOEMBES como sigue:

$$\begin{aligned}
 Ingresos_{ECOEMBES} &= Convenio * Factores de bolsas = 22,499,550 € * 0.3 * 0.25 \\
 &= 1,766,436 €
 \end{aligned}$$

A continuación se presentan los cálculos a partir de los cuales se obtienen los distintos costes presentes en este caso:

- Costes de Explotación:

$$\begin{aligned}
 Coste_{Explotación} &= Bolsas_{restos_{tratados}} * Explotación = 43,938 t * 53.67 \frac{€}{t} \\
 &= 2,358,138 €
 \end{aligned}$$

- Costes de Mantenimiento y Operaciones:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Mantenimiento}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Mantenimiento} = 43,938 \text{ t} * 0.13 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 5,712 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Gestión administrativa:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Administración}} &= \text{Bolsas}_{\text{Entrada}} * \text{Administración} = 274,872 \text{ t} * 2.15 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 590,975 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de todos estos ingresos y costes es posible calcular el beneficio neto del caso que se está analizando.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXVI	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	169,958 €	171,912 €	173,889 €	175,889 €	177,912 €	179,958 €
Ingresos por comercialización del compost	5,885,436 €	5,953,119 €	6,021,580 €	6,090,828 €	6,160,872 €	6,231,722 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,766,439 €	1,786,753 €	1,807,301 €	1,828,085 €	1,849,108 €	1,870,372 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>7,821,833 €</u>	<u>7,911,784 €</u>	<u>8,002,770 €</u>	<u>8,094,802 €</u>	<u>8,187,892 €</u>	<u>8,282,053 €</u>
Costes de Explotación	2,468,498 €	2,496,885 €	2,525,600 €	2,554,644 €	2,584,022 €	2,613,739 €
Costes de Personal	2,397,779 €	2,425,354 €	2,453,245 €	2,481,458 €	2,509,994 €	2,538,859 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	5,979 €	6,048 €	6,118 €	6,188 €	6,259 €	6,331 €
Costes de Gestión Administrativa	618,632 €	625,746 €	632,943 €	640,221 €	647,584 €	655,031 €
<u>Costes Totales</u>	<u>5,490,888 €</u>	<u>5,554,034 €</u>	<u>5,617,905 €</u>	<u>5,682,511 €</u>	<u>5,747,860 €</u>	<u>5,813,960 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,330,945 €</u>	<u>2,357,751 €</u>	<u>2,384,865 €</u>	<u>2,412,291 €</u>	<u>2,440,032 €</u>	<u>2,468,093 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,330,945 €</u>	<u>2,357,751 €</u>	<u>2,384,865 €</u>	<u>2,412,291 €</u>	<u>2,440,032 €</u>	<u>2,468,093 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,330,945 €</u>	<u>2,357,751 €</u>	<u>2,384,865 €</u>	<u>2,412,291 €</u>	<u>2,440,032 €</u>	<u>2,468,093 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,330,945 €	2,357,751 €	2,384,865 €	2,412,291 €	2,440,032 €	2,468,093 €

Figura 93: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXVI

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXVI	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	182,027 €	184,121 €	186,238 €	188,380 €	190,546 €	192,737 €
Ingresos por comercialización del compost	6,303,387 €	6,375,876 €	6,449,199 €	6,523,365 €	6,598,383 €	6,674,265 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,891,882 €	1,913,638 €	1,935,645 €	1,957,905 €	1,980,421 €	2,003,196 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,377,296 €</u>	<u>8,473,635 €</u>	<u>8,571,082 €</u>	<u>8,669,649 €</u>	<u>8,769,350 €</u>	<u>8,870,198 €</u>
Costes de Explotación	2,643,797 €	2,674,200 €	2,704,954 €	2,736,060 €	2,767,525 €	2,799,352 €
Costes de Personal	2,568,056 €	2,597,589 €	2,627,461 €	2,657,677 €	2,688,240 €	2,719,155 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	6,404 €	6,477 €	6,552 €	6,627 €	6,704 €	6,781 €
Costes de Gestión Administrativa	662,564 €	670,183 €	677,891 €	685,686 €	693,572 €	701,548 €
<u>Costes Totales</u>	<u>5,880,821 €</u>	<u>5,948,450 €</u>	<u>6,016,857 €</u>	<u>6,086,051 €</u>	<u>6,156,041 €</u>	<u>6,226,835 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,496,476 €</u>	<u>2,525,185 €</u>	<u>2,554,225 €</u>	<u>2,583,598 €</u>	<u>2,613,310 €</u>	<u>2,643,363 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,496,476 €</u>	<u>2,525,185 €</u>	<u>2,554,225 €</u>	<u>2,583,598 €</u>	<u>2,613,310 €</u>	<u>2,643,363 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,496,476 €</u>	<u>2,525,185 €</u>	<u>2,554,225 €</u>	<u>2,583,598 €</u>	<u>2,613,310 €</u>	<u>2,643,363 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,496,476 €	2,525,185 €	2,554,225 €	2,583,598 €	2,613,310 €	2,643,363 €

Figura 93: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXVI

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXVI es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXVI del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	2,330,945 €	4,688,696 €	7,073,561 €	9,485,851 €	11,925,884 €	14,393,976 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	16,890,452 €	19,415,637 €	21,969,862 €	24,553,460 €	27,166,770 €	29,810,133 €

Figura 94: Beneficios acumulados del CASO XXVI

5.27. CASO XXVII: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado en los digestores de unas instalaciones propias

La principal diferencia de este caso y todos sus similares es que, al contrario que en todos los casos anteriores hasta el CASO XXIV, en los que las instalaciones eran cedidas ya sea por La Gavia o por el Parque Tecnológico Valdemingómez, las instalaciones serán propias y de características similares a las del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

La segunda diferencia más importante es que, en este caso, se llevará a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales, de tipo pescado particularmente.

En cuanto al análisis económico, se aprecia una gran diferencia con respecto a los casos en los que las instalaciones son cedidas ya que, al ser las instalaciones propias, hay que tener en cuenta todos los ingresos y costes que esto conlleva. Los ingresos presentes en este caso son de comercialización de biogás, comercialización del compost y de convenio ECOEMBES. En cuanto a los gastos estos serán debidos a costes de explotación, de personal, de mantenimiento y operaciones y de gestión administrativa.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXVII:

CASO XXVII	
Producción anual de biogás aportada por La Gavia [Nm3]	485,174.42
Producción anual de biogás aportada por el PTV [Nm3]	645,281.98
Riqueza en CH4 del biogás aportado por La Gavia	13.68%
Riqueza en CH4 del biogás aportado por el PTV	22.03%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido por La Gavia (kWh/m ³)	0.821
Capacidad calorífica del biogás producido por el PTV (kWh/m ³)	1.322
Proporción La Gavia:PTV	1:4
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Compost (t)	11,245
Digestato (€/t)	500
Convenio ECOEMBES (€)	22,499,550
Factor de bolsa de restos totales	0.30
Factor de bolsa de restos tratados y no incinerados	0.25
Bolsas de entrada (t)	274872
Bolsas de restos tratados (t)	43937.73
Coste Unitario de Explotación (€/t)	53.67
Coste Unitario de Monitorización y Control de calidad (€/t)	0.13
Coste Unitario de Gestión Administrativa (€/t)	2.15
Coste de Personal (€)	2,290,581
Inflación	1.15%

Figura 95: Tabla de datos del CASO XXVII

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C_{Gavia} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.1368 * 0.6 = 0.821 \frac{kWh}{m^3}$$

$$C_{PTV} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.2203 * 0.6 = 1.322 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta una

relación del orden 1:4 entre el aporte de biogás de La Gavia y el aporte de biogás del Parque Tecnológico de Valdemingómez:

Ingresos_{biogás}

$$\begin{aligned}
 &= (0.25 * Producción_{Gavia} * C_{Gavia} + 0.75 * Producción_{PTV} * C_{PTV}) \\
 & * \%_{Venta} * Precio_{Energía} \\
 &= \left(0.25 * 485,174.42 Nm^3 * 0.821 \frac{kWh}{m^3} + 0.75 * 645,281.98 Nm^3 \right. \\
 & \left. * 1.322 \frac{kWh}{m^3} \right) * 0.75 * 0.125 \frac{€}{kWh} = 69,305 €
 \end{aligned}$$

Los ingresos por comercialización del Compost se realizan de la siguiente forma:

$$Ingresos_{Compost} = Compost * Digestato = 11,245 t * 500 \frac{€}{t} = 5,885,436 €$$

En cuanto a los ingresos, por último se calcularía los ingresos por el convenio ECOEMBES como sigue:

$$\begin{aligned}
 Ingresos_{ECOEMBES} &= Convenio * Factores de bolsas = 22,499,550 € * 0.3 * 0.25 \\
 &= 1,766,436 €
 \end{aligned}$$

A continuación se presentan los cálculos a partir de los cuales se obtienen los distintos costes presentes en este caso:

- Costes de Explotación:

$$\begin{aligned}
 Coste_{Explotación} &= Bolsas_{restos_{tratados}} * Explotación = 43,938 t * 53.67 \frac{€}{t} \\
 &= 2,358,138 €
 \end{aligned}$$

- Costes de Mantenimiento y Operaciones:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Mantenimiento}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Mantenimiento} = 43,938 \text{ t} * 0.13 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 5,712 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Gestión administrativa:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Administración}} &= \text{Bolsas}_{\text{Entrada}} * \text{Administración} = 274,872 \text{ t} * 2.15 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 590,975 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de todos estos ingresos y costes es posible calcular el beneficio neto del caso que se está analizando.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXVII	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	69,305 €	70,102 €	70,908 €	71,723 €	72,548 €	73,383 €
Ingresos por comercialización del compost	5,885,436 €	5,953,119 €	6,021,580 €	6,090,828 €	6,160,872 €	6,231,722 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,766,439 €	1,786,753 €	1,807,301 €	1,828,085 €	1,849,108 €	1,870,372 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>7,721,180 €</u>	<u>7,809,974 €</u>	<u>7,899,788 €</u>	<u>7,990,636 €</u>	<u>8,082,528 €</u>	<u>8,175,477 €</u>
Costes de Explotación	2,468,498 €	2,496,885 €	2,525,600 €	2,554,644 €	2,584,022 €	2,613,739 €
Costes de Personal	2,397,779 €	2,425,354 €	2,453,245 €	2,481,458 €	2,509,994 €	2,538,859 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	5,979 €	6,048 €	6,118 €	6,188 €	6,259 €	6,331 €
Costes de Gestión Administrativa	618,632 €	625,746 €	632,943 €	640,221 €	647,584 €	655,031 €
<u>Costes Totales</u>	<u>5,490,888 €</u>	<u>5,554,034 €</u>	<u>5,617,905 €</u>	<u>5,682,511 €</u>	<u>5,747,860 €</u>	<u>5,813,960 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,230,292 €</u>	<u>2,255,940 €</u>	<u>2,281,884 €</u>	<u>2,308,125 €</u>	<u>2,334,669 €</u>	<u>2,361,517 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,230,292 €</u>	<u>2,255,940 €</u>	<u>2,281,884 €</u>	<u>2,308,125 €</u>	<u>2,334,669 €</u>	<u>2,361,517 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,230,292 €</u>	<u>2,255,940 €</u>	<u>2,281,884 €</u>	<u>2,308,125 €</u>	<u>2,334,669 €</u>	<u>2,361,517 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,230,292 €	2,255,940 €	2,281,884 €	2,308,125 €	2,334,669 €	2,361,517 €

Figura 96: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXVII

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXVII	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	74,226 €	75,080 €	75,943 €	76,817 €	77,700 €	78,594 €
Ingresos por comercialización del compost	6,303,387 €	6,375,876 €	6,449,199 €	6,523,365 €	6,598,383 €	6,674,265 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,891,882 €	1,913,638 €	1,935,645 €	1,957,905 €	1,980,421 €	2,003,196 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,269,495 €</u>	<u>8,364,595 €</u>	<u>8,460,787 €</u>	<u>8,558,086 €</u>	<u>8,656,504 €</u>	<u>8,756,054 €</u>
Costes de Explotación	2,643,797 €	2,674,200 €	2,704,954 €	2,736,060 €	2,767,525 €	2,799,352 €
Costes de Personal	2,568,056 €	2,597,589 €	2,627,461 €	2,657,677 €	2,688,240 €	2,719,155 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	6,404 €	6,477 €	6,552 €	6,627 €	6,704 €	6,781 €
Costes de Gestión Administrativa	662,564 €	670,183 €	677,891 €	685,686 €	693,572 €	701,548 €
<u>Costes Totales</u>	<u>5,880,821 €</u>	<u>5,948,450 €</u>	<u>6,016,857 €</u>	<u>6,086,051 €</u>	<u>6,156,041 €</u>	<u>6,226,835 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,388,675 €</u>	<u>2,416,145 €</u>	<u>2,443,930 €</u>	<u>2,472,035 €</u>	<u>2,500,464 €</u>	<u>2,529,219 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,388,675 €</u>	<u>2,416,145 €</u>	<u>2,443,930 €</u>	<u>2,472,035 €</u>	<u>2,500,464 €</u>	<u>2,529,219 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,388,675 €</u>	<u>2,416,145 €</u>	<u>2,443,930 €</u>	<u>2,472,035 €</u>	<u>2,500,464 €</u>	<u>2,529,219 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,388,675 €	2,416,145 €	2,443,930 €	2,472,035 €	2,500,464 €	2,529,219 €

Figura 96: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXVII

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXVII es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXVII del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	2,230,292 €	4,486,232 €	6,768,116 €	9,076,241 €	11,410,909 €	13,772,427 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	16,161,101 €	18,577,246 €	21,021,176 €	23,493,212 €	25,993,675 €	28,522,894 €

Figura 97: Beneficios acumulados del CASO XXVII

5.28. CASO XXVIII: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con congelación en los digestores de unas instalaciones propias

La principal diferencia de este caso y todos sus similares es que, al contrario que en todos los casos anteriores hasta el CASO XXIV, en los que las instalaciones eran cedidas ya sea por La Gavia o por el Parque Tecnológico Valdemingómez, las instalaciones serán propias y de características similares a las del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

La segunda diferencia más importante es que, en este caso, se llevará a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales, de tipo carne particularmente.

Además se aplica un pretratamiento de congelación sobre el residuo agroindustrial para mejorar el rendimiento de la producción de biogás.

En cuanto al análisis económico, se aprecia una gran diferencia con respecto a los casos en los que las instalaciones son cedidas ya que, al ser las instalaciones propias, hay que tener en cuenta todos los ingresos y costes que esto conlleva. Los ingresos presentes en este caso son de comercialización de biogás, comercialización del compost y de convenio ECOEMBES. En cuanto a los gastos estos serán debidos a costes de explotación, de

personal, de mantenimiento y operaciones y de gestión administrativa. También habrá que tener en cuenta el coste debido al pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXVIII:

CASO XXVIII	
Producción anual de biogás aportada por La Gavia [Nm ³]	931,543.63
Producción anual de biogás aportada por el PTV [Nm ³]	1,220,322.16
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por La Gavia	48.95%
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por el PTV	71.97%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido por La Gavia (kWh/m ³)	2.937
Capacidad calorífica del biogás producido por el PTV (kWh/m ³)	4.318
Proporción La Gavia:PTV	1:4
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Compost (t)	11,245
Digestato (€/t)	500
Convenio ECOEMBES (€)	22,499,550
Factor de bolsa de restos totales	0.30
Factor de bolsa de restos tratados y no incinerados	0.25
Bolsas de entrada (t)	274872
Bolsas de restos tratados (t)	43937.73
Coste Unitario de Explotación (€/t)	53.67
Coste Unitario de Monitorización y Control de calidad (€/t)	0.13
Coste Unitario de Gestión Administrativa (€/t)	2.15
Coste de Personal (€)	2,290,581
Potencia de congelación (W)	170
Tiempo de congeación (h/10kg)	10
Residuos congelados (t)	63025
Inflación	1.15%

Figura 98: Tabla de datos del CASO XXVIII

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C_{Gavia} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.4895 * 0.6 = 2.937 \frac{kWh}{m^3}$$

$$C_{PTV} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.7197 * 0.6 = 4.318 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta una relación del orden 1:4 entre el aporte de biogás de La Gavia y el aporte de biogás del Parque Tecnológico de Valdemingómez:

Ingresos_{biogás}

$$\begin{aligned} &= (0.25 * Producción_{Gavia} * C_{Gavia} + 0.75 * Producción_{PTV} * C_{PTV}) \\ &* \%Venta * Precio_{Energía} \\ &= \left(0.25 * 931,543.63 Nm^3 * 2.937 \frac{kWh}{m^3} + 0.75 * 1,220,322.16 Nm^3 \right. \\ &\left. * 4.318 \frac{kWh}{m^3} \right) * 0.75 * 0.125 \frac{€}{kWh} = 434,622 € \end{aligned}$$

Los ingresos por comercialización del Compost se realizan de la siguiente forma:

$$Ingresos_{Compost} = Compost * Digestato = 11,245 t * 500 \frac{€}{t} = 5,885,436 €$$

En cuanto a los ingresos, por último se calcularía los ingresos por el convenio ECOEMBES como sigue:

$$\begin{aligned} Ingresos_{ECOEMBES} &= Convenio * Factores de bolsas = 22,499,550 € * 0.3 * 0.25 \\ &= 1,766,436 € \end{aligned}$$

A continuación se presentan los cálculos a partir de los cuales se obtienen los distintos costes presentes en este caso:

- Costes de Explotación:

$$\begin{aligned} Coste_{Explotación} &= Bolsas_{restos\ tratados} * Explotación = 43,938 t * 53.67 \frac{€}{t} \\ &= 2,358,138 € \end{aligned}$$

- Costes de Mantenimiento y Operaciones:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Mantenimiento}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Mantenimiento} = 43,938 \text{ t} * 0.13 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 5,712 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Gestión administrativa:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Administración}} &= \text{Bolsas}_{\text{Entrada}} * \text{Administración} = 274,872 \text{ t} * 2.15 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 590,975 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{10h}{10kg} * 63025 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \\ &= 1,339,281 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de todos estos ingresos y costes es posible calcular el beneficio neto del caso que se está analizando.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXVIII	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	434,622 €	439,620 €	444,676 €	449,790 €	454,962 €	460,194 €
Ingresos por comercialización del compost	5,885,436 €	5,953,119 €	6,021,580 €	6,090,828 €	6,160,872 €	6,231,722 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,766,439 €	1,786,753 €	1,807,301 €	1,828,085 €	1,849,108 €	1,870,372 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,086,497 €</u>	<u>8,179,492 €</u>	<u>8,273,556 €</u>	<u>8,368,702 €</u>	<u>8,464,942 €</u>	<u>8,562,289 €</u>
Costes de Explotación	2,468,498 €	2,496,885 €	2,525,600 €	2,554,644 €	2,584,022 €	2,613,739 €
Costes de Personal	2,397,779 €	2,425,354 €	2,453,245 €	2,481,458 €	2,509,994 €	2,538,859 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	5,979 €	6,048 €	6,118 €	6,188 €	6,259 €	6,331 €
Costes de Gestión Administrativa	618,632 €	625,746 €	632,943 €	640,221 €	647,584 €	655,031 €
Costes por Pretratamiento	1,339,281 €	1,354,683 €	1,370,262 €	1,386,020 €	1,401,959 €	1,418,082 €
<u>Costes Totales</u>	<u>6,830,170 €</u>	<u>6,908,716 €</u>	<u>6,988,167 €</u>	<u>7,068,531 €</u>	<u>7,149,819 €</u>	<u>7,232,042 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>1,256,328 €</u>	<u>1,270,776 €</u>	<u>1,285,390 €</u>	<u>1,300,172 €</u>	<u>1,315,123 €</u>	<u>1,330,247 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>1,256,328 €</u>	<u>1,270,776 €</u>	<u>1,285,390 €</u>	<u>1,300,172 €</u>	<u>1,315,123 €</u>	<u>1,330,247 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>1,256,328 €</u>	<u>1,270,776 €</u>	<u>1,285,390 €</u>	<u>1,300,172 €</u>	<u>1,315,123 €</u>	<u>1,330,247 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	1,256,328 €	1,270,776 €	1,285,390 €	1,300,172 €	1,315,123 €	1,330,247 €

Figura 99: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXVIII

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXVIII	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	465,486 €	470,840 €	476,254 €	481,731 €	487,271 €	492,875 €
Ingresos por comercialización del compost	6,303,387 €	6,375,876 €	6,449,199 €	6,523,365 €	6,598,383 €	6,674,265 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,891,882 €	1,913,638 €	1,935,645 €	1,957,905 €	1,980,421 €	2,003,196 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,660,755 €</u>	<u>8,760,354 €</u>	<u>8,861,098 €</u>	<u>8,963,001 €</u>	<u>9,066,075 €</u>	<u>9,170,335 €</u>
Costes de Explotación	2,643,797 €	2,674,200 €	2,704,954 €	2,736,060 €	2,767,525 €	2,799,352 €
Costes de Personal	2,568,056 €	2,597,589 €	2,627,461 €	2,657,677 €	2,688,240 €	2,719,155 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	6,404 €	6,477 €	6,552 €	6,627 €	6,704 €	6,781 €
Costes de Gestión Administrativa	662,564 €	670,183 €	677,891 €	685,686 €	693,572 €	701,548 €
Costes por Pretratamiento	1,434,390 €	1,450,885 €	1,467,570 €	1,484,447 €	1,501,518 €	1,518,786 €
<u>Costes Totales</u>	<u>7,315,210 €</u>	<u>7,399,335 €</u>	<u>7,484,427 €</u>	<u>7,570,498 €</u>	<u>7,657,559 €</u>	<u>7,745,621 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>1,345,545 €</u>	<u>1,361,019 €</u>	<u>1,376,671 €</u>	<u>1,392,502 €</u>	<u>1,408,516 €</u>	<u>1,424,714 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>1,345,545 €</u>	<u>1,361,019 €</u>	<u>1,376,671 €</u>	<u>1,392,502 €</u>	<u>1,408,516 €</u>	<u>1,424,714 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>1,345,545 €</u>	<u>1,361,019 €</u>	<u>1,376,671 €</u>	<u>1,392,502 €</u>	<u>1,408,516 €</u>	<u>1,424,714 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	1,345,545 €	1,361,019 €	1,376,671 €	1,392,502 €	1,408,516 €	1,424,714 €

Figura 99: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXVIII

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXVIII es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXVIII del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	1,256,328 €	2,527,103 €	3,812,493 €	5,112,665 €	6,427,788 €	7,758,035 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	9,103,581 €	10,464,600 €	11,841,270 €	13,233,773 €	14,642,289 €	16,067,003 €

Figura 100: Beneficios acumulados del CASO XXVIII

5.29. CASO XXIX: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con congelación en los digestores de unas instalaciones propias

La principal diferencia de este caso y todos sus similares es que, al contrario que en todos los casos anteriores hasta el CASO XXIV, en los que las instalaciones eran cedidas ya sea por La Gavia o por el Parque Tecnológico Valdemingómez, las instalaciones serán propias y de características similares a las del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

La segunda diferencia más importante es que, en este caso, se llevará a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales, de tipo verdura particularmente.

Además se aplica un pretratamiento de congelación sobre el residuo agroindustrial para mejorar el rendimiento de la producción de biogás.

En cuanto al análisis económico, se aprecia una gran diferencia con respecto a los casos en los que las instalaciones son cedidas ya que, al ser las instalaciones propias, hay que tener en cuenta todos los ingresos y costes que esto conlleva. Los ingresos presentes en este caso son de comercialización de biogás, comercialización del compost y de convenio ECOEMBES. En cuanto a los gastos estos serán debidos a costes de explotación, de

personal, de mantenimiento y operaciones y de gestión administrativa. También habrá que tener en cuenta el coste debido al pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXIX:

CASO XXIX	
Producción anual de biogás aportada por La Gavia [Nm3]	692,383.14
Producción anual de biogás aportada por el PTV [Nm3]	858,555.10
Riqueza en CH4 del biogás aportado por La Gavia	59.88%
Riqueza en CH4 del biogás aportado por el PTV	88.64%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido por La Gavia (kWh/m ³)	3.593
Capacidad calorífica del biogás producido por el PTV (kWh/m ³)	5.318
Proporción La Gavia:PTV	1:4
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Compost (t)	11,245
Digestato (€/t)	500
Convenio ECOEMBES (€)	22,499,550
Factor de bolsa de restos totales	0.30
Factor de bolsa de restos tratados y no incinerados	0.25
Bolsas de entrada (t)	274872
Bolsas de restos tratados (t)	43937.73
Coste Unitario de Explotación (€/t)	53.67
Coste Unitario de Monitorización y Control de calidad (€/t)	0.13
Coste Unitario de Gestión Administrativa (€/t)	2.15
Coste de Personal (€)	2,290,581
Potencia de congelación (W)	170
Tiempo de congeación (h/10kg)	7
Residuos congelados (t)	63000
Inflación	1.15%

Figura 101: Tabla de datos del CASO XXIX

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C_{Gavia} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.5988 * 0.6 = 3.593 \frac{kWh}{m^3}$$

$$C_{PTV} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.8864 * 0.6 = 5.318 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta una relación del orden 1:4 entre el aporte de biogás de La Gavia y el aporte de biogás del Parque Tecnológico de Valdemingómez:

Ingresos_{biogás}

$$\begin{aligned} &= (0.25 * Producción_{Gavia} * C_{Gavia} + 0.75 * Producción_{PTV} * C_{PTV}) \\ &* \%Venta * Precio_{Energía} \\ &= \left(0.25 * 692,383.14 Nm^3 * 3.593 \frac{kWh}{m^3} + 0.75 * 858,555.10 Nm^3 \right. \\ &\left. * 5.318 \frac{kWh}{m^3} \right) * 0.75 * 0.125 \frac{€}{kWh} = 379,354 € \end{aligned}$$

Los ingresos por comercialización del Compost se realizan de la siguiente forma:

$$Ingresos_{Compost} = Compost * Digestato = 11,245 t * 500 \frac{€}{t} = 5,885,436 €$$

En cuanto a los ingresos, por último se calcularía los ingresos por el convenio ECOEMBES como sigue:

$$\begin{aligned} Ingresos_{ECOEMBES} &= Convenio * Factores de bolsas = 22,499,550 € * 0.3 * 0.25 \\ &= 1,766,436 € \end{aligned}$$

A continuación se presentan los cálculos a partir de los cuales se obtienen los distintos costes presentes en este caso:

- Costes de Explotación:

$$\begin{aligned} Coste_{Explotación} &= Bolsas_{restos\ tratados} * Explotación = 43,938 t * 53.67 \frac{€}{t} \\ &= 2,358,138 € \end{aligned}$$

- Costes de Mantenimiento y Operaciones:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Mantenimiento}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Mantenimiento} = 43,938 \text{ t} * 0.13 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 5,712 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Gestión administrativa:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Administración}} &= \text{Bolsas}_{\text{Entrada}} * \text{Administración} = 274,872 \text{ t} * 2.15 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 590,975 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{7h}{10kg} * 63000 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 937,125 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de todos estos ingresos y costes es posible calcular el beneficio neto del caso que se está analizando.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXIX	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	379,354 €	383,716 €	388,129 €	392,592 €	397,107 €	401,674 €
Ingresos por comercialización del compost	5,885,436 €	5,953,119 €	6,021,580 €	6,090,828 €	6,160,872 €	6,231,722 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,766,439 €	1,786,753 €	1,807,301 €	1,828,085 €	1,849,108 €	1,870,372 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,031,229 €</u>	<u>8,123,588 €</u>	<u>8,217,009 €</u>	<u>8,311,505 €</u>	<u>8,407,087 €</u>	<u>8,503,769 €</u>
Costes de Explotación	2,468,498 €	2,496,885 €	2,525,600 €	2,554,644 €	2,584,022 €	2,613,739 €
Costes de Personal	2,397,779 €	2,425,354 €	2,453,245 €	2,481,458 €	2,509,994 €	2,538,859 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	5,979 €	6,048 €	6,118 €	6,188 €	6,259 €	6,331 €
Costes de Gestión Administrativa	618,632 €	625,746 €	632,943 €	640,221 €	647,584 €	655,031 €
Costes por Pretratamiento	937,125 €	947,902 €	958,803 €	969,829 €	980,982 €	992,263 €
<u>Costes Totales</u>	<u>6,428,013 €</u>	<u>6,501,935 €</u>	<u>6,576,708 €</u>	<u>6,652,340 €</u>	<u>6,728,842 €</u>	<u>6,806,223 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>1,603,216 €</u>	<u>1,621,653 €</u>	<u>1,640,302 €</u>	<u>1,659,165 €</u>	<u>1,678,246 €</u>	<u>1,697,545 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>1,603,216 €</u>	<u>1,621,653 €</u>	<u>1,640,302 €</u>	<u>1,659,165 €</u>	<u>1,678,246 €</u>	<u>1,697,545 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>1,603,216 €</u>	<u>1,621,653 €</u>	<u>1,640,302 €</u>	<u>1,659,165 €</u>	<u>1,678,246 €</u>	<u>1,697,545 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	1,603,216 €	1,621,653 €	1,640,302 €	1,659,165 €	1,678,246 €	1,697,545 €

Figura 102: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXIX

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXIX	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	406,293 €	410,966 €	415,692 €	420,472 €	425,308 €	430,199 €
Ingresos por comercialización del compost	6,303,387 €	6,375,876 €	6,449,199 €	6,523,365 €	6,598,383 €	6,674,265 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,891,882 €	1,913,638 €	1,935,645 €	1,957,905 €	1,980,421 €	2,003,196 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,601,562 €</u>	<u>8,700,480 €</u>	<u>8,800,536 €</u>	<u>8,901,742 €</u>	<u>9,004,112 €</u>	<u>9,107,659 €</u>
Costes de Explotación	2,643,797 €	2,674,200 €	2,704,954 €	2,736,060 €	2,767,525 €	2,799,352 €
Costes de Personal	2,568,056 €	2,597,589 €	2,627,461 €	2,657,677 €	2,688,240 €	2,719,155 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	6,404 €	6,477 €	6,552 €	6,627 €	6,704 €	6,781 €
Costes de Gestión Administrativa	662,564 €	670,183 €	677,891 €	685,686 €	693,572 €	701,548 €
Costes por Pretratamiento	1,003,674 €	1,015,217 €	1,026,892 €	1,038,701 €	1,050,646 €	1,062,728 €
<u>Costes Totales</u>	<u>6,884,495 €</u>	<u>6,963,667 €</u>	<u>7,043,749 €</u>	<u>7,124,752 €</u>	<u>7,206,687 €</u>	<u>7,289,564 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>1,717,067 €</u>	<u>1,736,813 €</u>	<u>1,756,787 €</u>	<u>1,776,990 €</u>	<u>1,797,425 €</u>	<u>1,818,096 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>1,717,067 €</u>	<u>1,736,813 €</u>	<u>1,756,787 €</u>	<u>1,776,990 €</u>	<u>1,797,425 €</u>	<u>1,818,096 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>1,717,067 €</u>	<u>1,736,813 €</u>	<u>1,756,787 €</u>	<u>1,776,990 €</u>	<u>1,797,425 €</u>	<u>1,818,096 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	1,717,067 €	1,736,813 €	1,756,787 €	1,776,990 €	1,797,425 €	1,818,096 €

Figura 102: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXIX

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXIX es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXIX del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	1,603,216 €	3,224,868 €	4,865,170 €	6,524,335 €	8,202,581 €	9,900,126 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	11,617,193 €	13,354,007 €	15,110,793 €	16,887,783 €	18,685,208 €	20,503,304 €

Figura 103: Beneficios acumulados del CASO XXIX

5.30. CASO XXX: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con congelación en los digestores de unas instalaciones propias

La principal diferencia de este caso y todos sus similares es que, al contrario que en todos los casos anteriores hasta el CASO XXIV, en los que las instalaciones eran cedidas ya sea por La Gavia o por el Parque Tecnológico Valdemingómez, las instalaciones serán propias y de características similares a las del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

La segunda diferencia más importante es que, en este caso, se llevará a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales, de tipo pescado particularmente.

Además se aplica un pretratamiento de congelación sobre el residuo agroindustrial para mejorar el rendimiento de la producción de biogás.

En cuanto al análisis económico, se aprecia una gran diferencia con respecto a los casos en los que las instalaciones son cedidas ya que, al ser las instalaciones propias, hay que tener en cuenta todos los ingresos y costes que esto conlleva. Los ingresos presentes en este caso son de comercialización de biogás, comercialización del compost y de convenio ECOEMBES. En cuanto a los gastos estos serán debidos a costes de explotación, de

personal, de mantenimiento y operaciones y de gestión administrativa. También habrá que tener en cuenta el coste debido al pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXX:

CASO XXX	
Producción anual de biogás aportada por La Gavia [Nm3]	565,228.19
Producción anual de biogás aportada por el PTV [Nm3]	751,753.51
Riqueza en CH4 del biogás aportado por La Gavia	40.04%
Riqueza en CH4 del biogás aportado por el PTV	64.46%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido por La Gavia (kWh/m ³)	2.402
Capacidad calorífica del biogás producido por el PTV (kWh/m ³)	3.868
Proporción La Gavia:PTV	1:4
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Compost (t)	11,245
Digestato (€/t)	500
Convenio ECOEMBES (€)	22,499,550
Factor de bolsa de restos totales	0.30
Factor de bolsa de restos tratados y no incinerados	0.25
Bolsas de entrada (t)	274872
Bolsas de restos tratados (t)	43937.73
Coste Unitario de Explotación (€/t)	53.67
Coste Unitario de Monitorización y Control de calidad (€/t)	0.13
Coste Unitario de Gestión Administrativa (€/t)	2.15
Coste de Personal (€)	2,290,581
Potencia de congelación (W)	170
Tiempo de congeación (h/10kg)	8
Residuos congelados (t)	71000
Inflación	1.15%

Figura 104: Tabla de datos del CASO XXX

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C_{Gavia} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.4004 * 0.6 = 2.402 \frac{kWh}{m^3}$$

$$C_{PTV} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.6446 * 0.6 = 3.868 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta una relación del orden 1:4 entre el aporte de biogás de La Gavia y el aporte de biogás del Parque Tecnológico de Valdemingómez:

Ingresos_{biogás}

$$\begin{aligned} &= (0.25 * Producción_{Gavia} * C_{Gavia} + 0.75 * Producción_{PTV} * C_{PTV}) \\ &* \%Venta * Precio_{Energía} \\ &= \left(0.25 * 565,228.19 Nm^3 * 2.402 \frac{kWh}{m^3} + 0.75 * 751,753.51 Nm^3 \right. \\ &\left. * 3.868 \frac{kWh}{m^3} \right) * 0.75 * 0.125 \frac{€}{kWh} = 236,262 € \end{aligned}$$

Los ingresos por comercialización del Compost se realizan de la siguiente forma:

$$Ingresos_{Compost} = Compost * Digestato = 11,245 t * 500 \frac{€}{t} = 5,885,436 €$$

En cuanto a los ingresos, por último se calcularía los ingresos por el convenio ECOEMBES como sigue:

$$\begin{aligned} Ingresos_{ECOEMBES} &= Convenio * Factores de bolsas = 22,499,550 € * 0.3 * 0.25 \\ &= 1,766,436 € \end{aligned}$$

A continuación se presentan los cálculos a partir de los cuales se obtienen los distintos costes presentes en este caso:

- Costes de Explotación:

$$\begin{aligned} Coste_{Explotación} &= Bolsas_{restos\ tratados} * Explotación = 43,938 t * 53.67 \frac{€}{t} \\ &= 2,358,138 € \end{aligned}$$

- Costes de Mantenimiento y Operaciones:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Mantenimiento}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Mantenimiento} = 43,938 \text{ t} * 0.13 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 5,712 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Gestión administrativa:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Administración}} &= \text{Bolsas}_{\text{Entrada}} * \text{Administración} = 274,872 \text{ t} * 2.15 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 590,975 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{8h}{10kg} * 71000 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \\ &= 1,207,000 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de todos estos ingresos y costes es posible calcular el beneficio neto del caso que se está analizando.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXX	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	236,262 €	238,979 €	241,728 €	244,508 €	247,319 €	250,164 €
Ingresos por comercialización del compost	5,885,436 €	5,953,119 €	6,021,580 €	6,090,828 €	6,160,872 €	6,231,722 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,766,439 €	1,786,753 €	1,807,301 €	1,828,085 €	1,849,108 €	1,870,372 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>7,888,138 €</u>	<u>7,978,851 €</u>	<u>8,070,608 €</u>	<u>8,163,420 €</u>	<u>8,257,299 €</u>	<u>8,352,258 €</u>
Costes de Explotación	2,468,498 €	2,496,885 €	2,525,600 €	2,554,644 €	2,584,022 €	2,613,739 €
Costes de Personal	2,397,779 €	2,425,354 €	2,453,245 €	2,481,458 €	2,509,994 €	2,538,859 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	5,979 €	6,048 €	6,118 €	6,188 €	6,259 €	6,331 €
Costes de Gestión Administrativa	618,632 €	625,746 €	632,943 €	640,221 €	647,584 €	655,031 €
Costes por Pretratamiento	1,207,000 €	1,220,881 €	1,234,921 €	1,249,122 €	1,263,487 €	1,278,017 €
<u>Costes Totales</u>	<u>6,697,888 €</u>	<u>6,774,914 €</u>	<u>6,852,826 €</u>	<u>6,931,633 €</u>	<u>7,011,347 €</u>	<u>7,091,977 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>1,190,249 €</u>	<u>1,203,937 €</u>	<u>1,217,783 €</u>	<u>1,231,787 €</u>	<u>1,245,953 €</u>	<u>1,260,281 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>1,190,249 €</u>	<u>1,203,937 €</u>	<u>1,217,783 €</u>	<u>1,231,787 €</u>	<u>1,245,953 €</u>	<u>1,260,281 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>1,190,249 €</u>	<u>1,203,937 €</u>	<u>1,217,783 €</u>	<u>1,231,787 €</u>	<u>1,245,953 €</u>	<u>1,260,281 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	1,190,249 €	1,203,937 €	1,217,783 €	1,231,787 €	1,245,953 €	1,260,281 €

Figura 105: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXX

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXX	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	253,040 €	255,950 €	258,894 €	261,871 €	264,883 €	267,929 €
Ingresos por comercialización del compost	6,303,387 €	6,375,876 €	6,449,199 €	6,523,365 €	6,598,383 €	6,674,265 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,891,882 €	1,913,638 €	1,935,645 €	1,957,905 €	1,980,421 €	2,003,196 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,448,309 €</u>	<u>8,545,465 €</u>	<u>8,643,738 €</u>	<u>8,743,141 €</u>	<u>8,843,687 €</u>	<u>8,945,389 €</u>
Costes de Explotación	2,643,797 €	2,674,200 €	2,704,954 €	2,736,060 €	2,767,525 €	2,799,352 €
Costes de Personal	2,568,056 €	2,597,589 €	2,627,461 €	2,657,677 €	2,688,240 €	2,719,155 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	6,404 €	6,477 €	6,552 €	6,627 €	6,704 €	6,781 €
Costes de Gestión Administrativa	662,564 €	670,183 €	677,891 €	685,686 €	693,572 €	701,548 €
Costes por Pretratamiento	1,292,714 €	1,307,581 €	1,322,618 €	1,337,828 €	1,353,213 €	1,368,775 €
<u>Costes Totales</u>	<u>7,173,535 €</u>	<u>7,256,031 €</u>	<u>7,339,475 €</u>	<u>7,423,879 €</u>	<u>7,509,254 €</u>	<u>7,595,610 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>1,274,774 €</u>	<u>1,289,434 €</u>	<u>1,304,263 €</u>	<u>1,319,262 €</u>	<u>1,334,433 €</u>	<u>1,349,779 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>1,274,774 €</u>	<u>1,289,434 €</u>	<u>1,304,263 €</u>	<u>1,319,262 €</u>	<u>1,334,433 €</u>	<u>1,349,779 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>1,274,774 €</u>	<u>1,289,434 €</u>	<u>1,304,263 €</u>	<u>1,319,262 €</u>	<u>1,334,433 €</u>	<u>1,349,779 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	1,274,774 €	1,289,434 €	1,304,263 €	1,319,262 €	1,334,433 €	1,349,779 €

Figura 105: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXIX

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXX es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXX del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	1,190,249 €	2,394,187 €	3,611,969 €	4,843,757 €	6,089,709 €	7,349,990 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	8,624,765 €	9,914,199 €	11,218,462 €	12,537,724 €	13,872,157 €	15,221,936 €

Figura 106: Beneficios acumulados del CASO XXX

5.31. CASO XXXI: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con ultracongelación en los digestores de unas instalaciones propias

La principal diferencia de este caso y todos sus similares es que, al contrario que en todos los casos anteriores hasta el CASO XXIV, en los que las instalaciones eran cedidas ya sea por La Gavia o por el Parque Tecnológico Valdemingómez, las instalaciones serán propias y de características similares a las del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

La segunda diferencia más importante es que, en este caso, se llevará a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales, de tipo carne particularmente.

Además se aplica un pretratamiento de ultracongelación sobre el residuo agroindustrial para mejorar el rendimiento de la producción de biogás.

En cuanto al análisis económico, se aprecia una gran diferencia con respecto a los casos en los que las instalaciones son cedidas ya que, al ser las instalaciones propias, hay que tener en cuenta todos los ingresos y costes que esto conlleva. Los ingresos presentes en este caso son de comercialización de biogás, comercialización del compost y de convenio ECOEMBES. En cuanto a los gastos estos serán debidos a costes de explotación, de

personal, de mantenimiento y operaciones y de gestión administrativa. También habrá que tener en cuenta el coste debido al pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXXI:

CASO XXXI	
Producción anual de biogás aportada por La Gavia [Nm3]	784,857.12
Producción anual de biogás aportada por el PTV [Nm3]	1,028,162.83
Riqueza en CH4 del biogás aportado por La Gavia	44.22%
Riqueza en CH4 del biogás aportado por el PTV	63.07%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido por La Gavia (kWh/m ³)	2.653
Capacidad calorífica del biogás producido por el PTV (kWh/m ³)	3.784
Proporción La Gavia:PTV	1:4
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Compost (t)	11,245
Digestato (€/t)	500
Convenio ECOEMBES (€)	22,499,550
Factor de bolsa de restos totales	0.30
Factor de bolsa de restos tratados y no incinerados	0.25
Bolsas de entrada (t)	274872
Bolsas de restos tratados (t)	43937.73
Coste Unitario de Explotación (€/t)	53.67
Coste Unitario de Monitorización y Control de calidad (€/t)	0.13
Coste Unitario de Gestión Administrativa (€/t)	2.15
Coste de Personal (€)	2,290,581
Potencia de congelación (W)	950
Tiempo de congeación (h/10kg)	1.42
Residuos congelados (t)	63025
Inflación	1.15%

Figura 107: Tabla de datos del CASO XXXI

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C_{Gavia} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.4422 * 0.6 = 2.653 \frac{kWh}{m^3}$$

$$C_{PTV} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.6307 * 0.6 = 3.784 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta una relación del orden 1:4 entre el aporte de biogás de La Gavia y el aporte de biogás del Parque Tecnológico de Valdemingómez:

Ingresos_{biogás}

$$\begin{aligned} &= (0.25 * Producción_{Gavia} * C_{Gavia} + 0.75 * Producción_{PTV} * C_{PTV}) \\ &* \%Venta * Precio_{Energía} \\ &= \left(0.25 * 784,857.12 Nm^3 * 2.653 \frac{kWh}{m^3} + 0.75 * 1,028,162.83 Nm^3 \right. \\ &\left. * 3.784 \frac{kWh}{m^3} \right) * 0.75 * 0.125 \frac{€}{kWh} = 322,362 € \end{aligned}$$

Los ingresos por comercialización del Compost se realizan de la siguiente forma:

$$Ingresos_{Compost} = Compost * Digestato = 11,245 t * 500 \frac{€}{t} = 5,885,436 €$$

En cuanto a los ingresos, por último se calcularía los ingresos por el convenio ECOEMBES como sigue:

$$\begin{aligned} Ingresos_{ECOEMBES} &= Convenio * Factores de bolsas = 22,499,550 € * 0.3 * 0.25 \\ &= 1,766,436 € \end{aligned}$$

A continuación se presentan los cálculos a partir de los cuales se obtienen los distintos costes presentes en este caso:

- Costes de Explotación:

$$\begin{aligned} Coste_{Explotación} &= Bolsas_{restos\ tratados} * Explotación = 43,938 t * 53.67 \frac{€}{t} \\ &= 2,358,138 € \end{aligned}$$

- Costes de Mantenimiento y Operaciones:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Mantenimiento}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Mantenimiento} = 43,938 \text{ t} * 0.13 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 5,712 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Gestión administrativa:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Administración}} &= \text{Bolsas}_{\text{Entrada}} * \text{Administración} = 274,872 \text{ t} * 2.15 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 590,975 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 950W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{85min}{10kg} * \frac{1h}{60min} * 63025 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \\ &= 1,060,264 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de todos estos ingresos y costes es posible calcular el beneficio neto del caso que se está analizando.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXXI	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	322,362 €	326,070 €	329,819 €	333,612 €	337,449 €	341,330 €
Ingresos por comercialización del compost	5,885,436 €	5,953,119 €	6,021,580 €	6,090,828 €	6,160,872 €	6,231,722 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,766,439 €	1,786,753 €	1,807,301 €	1,828,085 €	1,849,108 €	1,870,372 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>7,974,238 €</u>	<u>8,065,942 €</u>	<u>8,158,700 €</u>	<u>8,252,525 €</u>	<u>8,347,429 €</u>	<u>8,443,424 €</u>
Costes de Explotación	2,468,498 €	2,496,885 €	2,525,600 €	2,554,644 €	2,584,022 €	2,613,739 €
Costes de Personal	2,397,779 €	2,425,354 €	2,453,245 €	2,481,458 €	2,509,994 €	2,538,859 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	5,979 €	6,048 €	6,118 €	6,188 €	6,259 €	6,331 €
Costes de Gestión Administrativa	618,632 €	625,746 €	632,943 €	640,221 €	647,584 €	655,031 €
Costes por Pretratamiento	1,060,264 €	1,072,457 €	1,084,791 €	1,097,266 €	1,109,884 €	1,122,648 €
<u>Costes Totales</u>	<u>6,551,153 €</u>	<u>6,626,491 €</u>	<u>6,702,696 €</u>	<u>6,779,777 €</u>	<u>6,857,744 €</u>	<u>6,936,608 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>1,423,085 €</u>	<u>1,439,451 €</u>	<u>1,456,004 €</u>	<u>1,472,748 €</u>	<u>1,489,685 €</u>	<u>1,506,816 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>1,423,085 €</u>	<u>1,439,451 €</u>	<u>1,456,004 €</u>	<u>1,472,748 €</u>	<u>1,489,685 €</u>	<u>1,506,816 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>1,423,085 €</u>	<u>1,439,451 €</u>	<u>1,456,004 €</u>	<u>1,472,748 €</u>	<u>1,489,685 €</u>	<u>1,506,816 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	1,423,085 €	1,439,451 €	1,456,004 €	1,472,748 €	1,489,685 €	1,506,816 €

Figura 108: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXXI

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXXI	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	345,255 €	349,225 €	353,241 €	357,304 €	361,413 €	365,569 €
Ingresos por comercialización del compost	6,303,387 €	6,375,876 €	6,449,199 €	6,523,365 €	6,598,383 €	6,674,265 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,891,882 €	1,913,638 €	1,935,645 €	1,957,905 €	1,980,421 €	2,003,196 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,540,524 €</u>	<u>8,638,740 €</u>	<u>8,738,085 €</u>	<u>8,838,573 €</u>	<u>8,940,217 €</u>	<u>9,043,029 €</u>
Costes de Explotación	2,643,797 €	2,674,200 €	2,704,954 €	2,736,060 €	2,767,525 €	2,799,352 €
Costes de Personal	2,568,056 €	2,597,589 €	2,627,461 €	2,657,677 €	2,688,240 €	2,719,155 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	6,404 €	6,477 €	6,552 €	6,627 €	6,704 €	6,781 €
Costes de Gestión Administrativa	662,564 €	670,183 €	677,891 €	685,686 €	693,572 €	701,548 €
Costes por Pretratamiento	1,135,558 €	1,148,617 €	1,161,826 €	1,175,187 €	1,188,702 €	1,202,372 €
<u>Costes Totales</u>	<u>7,016,379 €</u>	<u>7,097,067 €</u>	<u>7,178,684 €</u>	<u>7,261,238 €</u>	<u>7,344,743 €</u>	<u>7,429,207 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>1,524,145 €</u>	<u>1,541,672 €</u>	<u>1,559,402 €</u>	<u>1,577,335 €</u>	<u>1,595,474 €</u>	<u>1,613,822 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>1,524,145 €</u>	<u>1,541,672 €</u>	<u>1,559,402 €</u>	<u>1,577,335 €</u>	<u>1,595,474 €</u>	<u>1,613,822 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>1,524,145 €</u>	<u>1,541,672 €</u>	<u>1,559,402 €</u>	<u>1,577,335 €</u>	<u>1,595,474 €</u>	<u>1,613,822 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	1,524,145 €	1,541,672 €	1,559,402 €	1,577,335 €	1,595,474 €	1,613,822 €

Figura 108: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXXI

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXXI es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXXI del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	1,423,085 €	2,862,536 €	4,318,540 €	5,791,289 €	7,280,974 €	8,787,790 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	10,311,935 €	11,853,607 €	13,413,009 €	14,990,344 €	16,585,818 €	18,199,640 €

Figura 109: Beneficios acumulados del CASO XXXI

5.32. CASO XXXII: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con ultracongelación en los digestores de unas instalaciones propias

La principal diferencia de este caso y todos sus similares es que, al contrario que en todos los casos anteriores hasta el CASO XXIV, en los que las instalaciones eran cedidas ya sea por La Gavia o por el Parque Tecnológico Valdemingómez, las instalaciones serán propias y de características similares a las del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

La segunda diferencia más importante es que, en este caso, se llevará a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales, de tipo verdura particularmente.

Además se aplica un pretratamiento de ultracongelación sobre el residuo agroindustrial para mejorar el rendimiento de la producción de biogás.

En cuanto al análisis económico, se aprecia una gran diferencia con respecto a los casos en los que las instalaciones son cedidas ya que, al ser las instalaciones propias, hay que tener en cuenta todos los ingresos y costes que esto conlleva. Los ingresos presentes en este caso son de comercialización de biogás, comercialización del compost y de convenio ECOEMBES. En cuanto a los gastos estos serán debidos a costes de explotación, de

personal, de mantenimiento y operaciones y de gestión administrativa. También habrá que tener en cuenta el coste debido al pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXXII:

CASO XXXII	
Producción anual de biogás aportada por La Gavia [Nm ³]	727,520.72
Producción anual de biogás aportada por el PTV [Nm ³]	902,125.70
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por La Gavia	60.17%
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por el PTV	89.07%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido por La Gavia (kWh/m ³)	3.610
Capacidad calorífica del biogás producido por el PTV (kWh/m ³)	5.344
Proporción La Gavia:PTV	1:4
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Compost (t)	11,245
Digestato (€/t)	500
Convenio ECOEMBES (€)	22,499,550
Factor de bolsa de restos totales	0.30
Factor de bolsa de restos tratados y no incinerados	0.25
Bolsas de entrada (t)	274872
Bolsas de restos tratados (t)	43937.73
Coste Unitario de Explotación (€/t)	53.67
Coste Unitario de Monitorización y Control de calidad (€/t)	0.13
Coste Unitario de Gestión Administrativa (€/t)	2.15
Coste de Personal (€)	2,290,581
Potencia de congelación (W)	950
Tiempo de congeación (h/10kg)	0.42
Residuos congelados (t)	63000
Inflación	1.15%

Figura 110: Tabla de datos del CASO XXXII

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C_{Gavia} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.6017 * 0.6 = 3.610 \frac{kWh}{m^3}$$

$$C_{PTV} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.8907 * 0.6 = 5.344 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta una relación del orden 1:4 entre el aporte de biogás de La Gavia y el aporte de biogás del Parque Tecnológico de Valdemingómez:

Ingresos_{biogás}

$$\begin{aligned} &= (0.25 * Producción_{Gavia} * C_{Gavia} + 0.75 * Producción_{PTV} * C_{PTV}) \\ &* \%Venta * Precio_{Energía} \\ &= \left(0.25 * 727,520.72 Nm^3 * 3.610 \frac{kWh}{m^3} + 0.75 * 902,125.70 Nm^3 \right. \\ &\left. * 5.344 \frac{kWh}{m^3} \right) * 0.75 * 0.125 \frac{€}{kWh} = 400,537 € \end{aligned}$$

Los ingresos por comercialización del Compost se realizan de la siguiente forma:

$$Ingresos_{Compost} = Compost * Digestato = 11,245 t * 500 \frac{€}{t} = 5,885,436 €$$

En cuanto a los ingresos, por último se calcularía los ingresos por el convenio ECOEMBES como sigue:

$$\begin{aligned} Ingresos_{ECOEMBES} &= Convenio * Factores de bolsas = 22,499,550 € * 0.3 * 0.25 \\ &= 1,766,436 € \end{aligned}$$

A continuación se presentan los cálculos a partir de los cuales se obtienen los distintos costes presentes en este caso:

- Costes de Explotación:

$$\begin{aligned} Coste_{Explotación} &= Bolsas_{restos\ tratados} * Explotación = 43,938 t * 53.67 \frac{€}{t} \\ &= 2,358,138 € \end{aligned}$$

- Costes de Mantenimiento y Operaciones:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Mantenimiento}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Mantenimiento} = 43,938 \text{ t} * 0.13 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 5,712 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Gestión administrativa:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Administración}} &= \text{Bolsas}_{\text{Entrada}} * \text{Administración} = 274,872 \text{ t} * 2.15 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 590,975 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 950W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{25min}{10kg} * \frac{1h}{60min} * 63000 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \\ &= 311,719 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de todos estos ingresos y costes es posible calcular el beneficio neto del caso que se está analizando.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXXII	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	400,537 €	405,143 €	409,802 €	414,515 €	419,282 €	424,104 €
Ingresos por comercialización del compost	5,885,436 €	5,953,119 €	6,021,580 €	6,090,828 €	6,160,872 €	6,231,722 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,766,439 €	1,786,753 €	1,807,301 €	1,828,085 €	1,849,108 €	1,870,372 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,052,412 €</u>	<u>8,145,015 €</u>	<u>8,238,683 €</u>	<u>8,333,428 €</u>	<u>8,429,262 €</u>	<u>8,526,199 €</u>
Costes de Explotación	2,468,498 €	2,496,885 €	2,525,600 €	2,554,644 €	2,584,022 €	2,613,739 €
Costes de Personal	2,397,779 €	2,425,354 €	2,453,245 €	2,481,458 €	2,509,994 €	2,538,859 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	5,979 €	6,048 €	6,118 €	6,188 €	6,259 €	6,331 €
Costes de Gestión Administrativa	618,632 €	625,746 €	632,943 €	640,221 €	647,584 €	655,031 €
Costes por Pretratamiento	311,719 €	315,304 €	318,930 €	322,597 €	326,307 €	330,060 €
<u>Costes Totales</u>	<u>5,802,607 €</u>	<u>5,869,337 €</u>	<u>5,936,834 €</u>	<u>6,005,108 €</u>	<u>6,074,167 €</u>	<u>6,144,020 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,249,805 €</u>	<u>2,275,678 €</u>	<u>2,301,848 €</u>	<u>2,328,320 €</u>	<u>2,355,095 €</u>	<u>2,382,179 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,249,805 €</u>	<u>2,275,678 €</u>	<u>2,301,848 €</u>	<u>2,328,320 €</u>	<u>2,355,095 €</u>	<u>2,382,179 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,249,805 €</u>	<u>2,275,678 €</u>	<u>2,301,848 €</u>	<u>2,328,320 €</u>	<u>2,355,095 €</u>	<u>2,382,179 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,249,805 €	2,275,678 €	2,301,848 €	2,328,320 €	2,355,095 €	2,382,179 €

Figura 111: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXXII

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXXII	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	428,981 €	433,914 €	438,904 €	443,952 €	449,057 €	454,221 €
Ingresos por comercialización del compost	6,303,387 €	6,375,876 €	6,449,199 €	6,523,365 €	6,598,383 €	6,674,265 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,891,882 €	1,913,638 €	1,935,645 €	1,957,905 €	1,980,421 €	2,003,196 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,624,250 €</u>	<u>8,723,429 €</u>	<u>8,823,748 €</u>	<u>8,925,221 €</u>	<u>9,027,861 €</u>	<u>9,131,682 €</u>
Costes de Explotación	2,643,797 €	2,674,200 €	2,704,954 €	2,736,060 €	2,767,525 €	2,799,352 €
Costes de Personal	2,568,056 €	2,597,589 €	2,627,461 €	2,657,677 €	2,688,240 €	2,719,155 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	6,404 €	6,477 €	6,552 €	6,627 €	6,704 €	6,781 €
Costes de Gestión Administrativa	662,564 €	670,183 €	677,891 €	685,686 €	693,572 €	701,548 €
Costes por Pretratamiento	333,855 €	337,695 €	341,578 €	345,506 €	349,480 €	353,499 €
<u>Costes Totales</u>	<u>6,214,676 €</u>	<u>6,286,145 €</u>	<u>6,358,435 €</u>	<u>6,431,557 €</u>	<u>6,505,520 €</u>	<u>6,580,334 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,409,574 €</u>	<u>2,437,284 €</u>	<u>2,465,313 €</u>	<u>2,493,664 €</u>	<u>2,522,341 €</u>	<u>2,551,348 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,409,574 €</u>	<u>2,437,284 €</u>	<u>2,465,313 €</u>	<u>2,493,664 €</u>	<u>2,522,341 €</u>	<u>2,551,348 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,409,574 €</u>	<u>2,437,284 €</u>	<u>2,465,313 €</u>	<u>2,493,664 €</u>	<u>2,522,341 €</u>	<u>2,551,348 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,409,574 €	2,437,284 €	2,465,313 €	2,493,664 €	2,522,341 €	2,551,348 €

Figura 111: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXXII

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXXII es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXXII del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	2,249,805 €	4,525,483 €	6,827,332 €	9,155,651 €	11,510,747 €	13,892,925 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	16,302,499 €	18,739,783 €	21,205,096 €	23,698,760 €	26,221,101 €	28,772,449 €

Figura 112: Beneficios acumulados del CASO XXXII

5.33. CASO XXXIII: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con ultracongelación en los digestores de unas instalaciones propias

La principal diferencia de este caso y todos sus similares es que, al contrario que en todos los casos anteriores hasta el CASO XXIV, en los que las instalaciones eran cedidas ya sea por La Gavia o por el Parque Tecnológico Valdemingómez, las instalaciones serán propias y de características similares a las del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

La segunda diferencia más importante es que, en este caso, se llevará a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales, de tipo pescado particularmente.

Además se aplica un pretratamiento de ultracongelación sobre el residuo agroindustrial para mejorar el rendimiento de la producción de biogás.

En cuanto al análisis económico, se aprecia una gran diferencia con respecto a los casos en los que las instalaciones son cedidas ya que, al ser las instalaciones propias, hay que tener en cuenta todos los ingresos y costes que esto conlleva. Los ingresos presentes en este caso son de comercialización de biogás, comercialización del compost y de convenio ECOEMBES. En cuanto a los gastos estos serán debidos a costes de explotación, de

personal, de mantenimiento y operaciones y de gestión administrativa. También habrá que tener en cuenta el coste debido al pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXXIII:

CASO XXXIII	
Producción anual de biogás aportada por La Gavia [Nm ³]	538,543.60
Producción anual de biogás aportada por el PTV [Nm ³]	716,263.00
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por La Gavia	30.66%
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por el PTV	75.25%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido por La Gavia (kWh/m ³)	1.840
Capacidad calorífica del biogás producido por el PTV (kWh/m ³)	4.515
Proporción La Gavia:PTV	1:4
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Compost (t)	11,245
Digestato (€/t)	500
Convenio ECOEMBES (€)	22,499,550
Factor de bolsa de restos totales	0.30
Factor de bolsa de restos tratados y no incinerados	0.25
Bolsas de entrada (t)	274872
Bolsas de restos tratados (t)	43937.73
Coste Unitario de Explotación (€/t)	53.67
Coste Unitario de Monitorización y Control de calidad (€/t)	0.13
Coste Unitario de Gestión Administrativa (€/t)	2.15
Coste de Personal (€)	2,290,581
Potencia de congelación (W)	950
Tiempo de congeación (h/10kg)	0.67
Residuos congelados (t)	71000
Inflación	1.15%

Figura 113: Tabla de datos del CASO XXXIII

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C_{Gavia} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.3066 * 0.6 = 1.840 \frac{kWh}{m^3}$$

$$C_{PTV} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.7525 * 0.6 = 4.515 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta una relación del orden 1:4 entre el aporte de biogás de La Gavia y el aporte de biogás del Parque Tecnológico de Valdemingómez:

Ingresos_{biogás}

$$\begin{aligned} &= (0.25 * Producción_{Gavia} * C_{Gavia} + 0.75 * Producción_{PTV} * C_{PTV}) \\ &* \%_{Venta} * Precio_{Energía} \\ &= \left(0.25 * 538,543.60 Nm^3 * 1.840 \frac{kWh}{m^3} + 0.75 * 716,263.00 Nm^3 \right. \\ &\left. * 4.515 \frac{kWh}{m^3} \right) * 0.75 * 0.125 \frac{€}{kWh} = 250,613 € \end{aligned}$$

Los ingresos por comercialización del Compost se realizan de la siguiente forma:

$$Ingresos_{Compost} = Compost * Digestato = 11,245 t * 500 \frac{€}{t} = 5,885,436 €$$

En cuanto a los ingresos, por último se calcularía los ingresos por el convenio ECOEMBES como sigue:

$$\begin{aligned} Ingresos_{ECOEMBES} &= Convenio * Factores de bolsas = 22,499,550 € * 0.3 * 0.25 \\ &= 1,766,436 € \end{aligned}$$

A continuación se presentan los cálculos a partir de los cuales se obtienen los distintos costes presentes en este caso:

- Costes de Explotación:

$$\begin{aligned} Coste_{Explotación} &= Bolsas_{restos\ tratados} * Explotación = 43,938 t * 53.67 \frac{€}{t} \\ &= 2,358,138 € \end{aligned}$$

- Costes de Mantenimiento y Operaciones:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Mantenimiento}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Mantenimiento} = 43,938 \text{ t} * 0.13 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 5,712 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Gestión administrativa:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Administración}} &= \text{Bolsas}_{\text{Entrada}} * \text{Administración} = 274,872 \text{ t} * 2.15 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 590,975 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= 950W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{40min}{10kg} * \frac{1h}{60min} * 71000 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \\ &= 562,083 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de todos estos ingresos y costes es posible calcular el beneficio neto del caso que se está analizando.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXXIII	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	250,613 €	253,495 €	256,410 €	259,359 €	262,342 €	265,359 €
Ingresos por comercialización del compost	5,885,436 €	5,953,119 €	6,021,580 €	6,090,828 €	6,160,872 €	6,231,722 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,766,439 €	1,786,753 €	1,807,301 €	1,828,085 €	1,849,108 €	1,870,372 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>7,902,488 €</u>	<u>7,993,367 €</u>	<u>8,085,291 €</u>	<u>8,178,272 €</u>	<u>8,272,322 €</u>	<u>8,367,453 €</u>
Costes de Explotación	2,468,498 €	2,496,885 €	2,525,600 €	2,554,644 €	2,584,022 €	2,613,739 €
Costes de Personal	2,397,779 €	2,425,354 €	2,453,245 €	2,481,458 €	2,509,994 €	2,538,859 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	5,979 €	6,048 €	6,118 €	6,188 €	6,259 €	6,331 €
Costes de Gestión Administrativa	618,632 €	625,746 €	632,943 €	640,221 €	647,584 €	655,031 €
Costes por Pretratamiento	562,083 €	568,547 €	575,086 €	581,699 €	588,389 €	595,155 €
<u>Costes Totales</u>	<u>6,052,972 €</u>	<u>6,122,581 €</u>	<u>6,192,990 €</u>	<u>6,264,210 €</u>	<u>6,336,248 €</u>	<u>6,409,115 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>1,849,517 €</u>	<u>1,870,786 €</u>	<u>1,892,300 €</u>	<u>1,914,062 €</u>	<u>1,936,073 €</u>	<u>1,958,338 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>1,849,517 €</u>	<u>1,870,786 €</u>	<u>1,892,300 €</u>	<u>1,914,062 €</u>	<u>1,936,073 €</u>	<u>1,958,338 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>1,849,517 €</u>	<u>1,870,786 €</u>	<u>1,892,300 €</u>	<u>1,914,062 €</u>	<u>1,936,073 €</u>	<u>1,958,338 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	1,849,517 €	1,870,786 €	1,892,300 €	1,914,062 €	1,936,073 €	1,958,338 €

Figura 114: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXXIII

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXXIII	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	268,410 €	271,497 €	274,619 €	277,777 €	280,972 €	284,203 €
Ingresos por comercialización del compost	6,303,387 €	6,375,876 €	6,449,199 €	6,523,365 €	6,598,383 €	6,674,265 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,891,882 €	1,913,638 €	1,935,645 €	1,957,905 €	1,980,421 €	2,003,196 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,463,679 €</u>	<u>8,561,011 €</u>	<u>8,659,463 €</u>	<u>8,759,047 €</u>	<u>8,859,776 €</u>	<u>8,961,663 €</u>
Costes de Explotación	2,643,797 €	2,674,200 €	2,704,954 €	2,736,060 €	2,767,525 €	2,799,352 €
Costes de Personal	2,568,056 €	2,597,589 €	2,627,461 €	2,657,677 €	2,688,240 €	2,719,155 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	6,404 €	6,477 €	6,552 €	6,627 €	6,704 €	6,781 €
Costes de Gestión Administrativa	662,564 €	670,183 €	677,891 €	685,686 €	693,572 €	701,548 €
Costes por Pretratamiento	601,999 €	608,922 €	615,925 €	623,008 €	630,173 €	637,420 €
<u>Costes Totales</u>	<u>6,482,820 €</u>	<u>6,557,372 €</u>	<u>6,632,782 €</u>	<u>6,709,059 €</u>	<u>6,786,213 €</u>	<u>6,864,255 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>1,980,859 €</u>	<u>2,003,639 €</u>	<u>2,026,681 €</u>	<u>2,049,988 €</u>	<u>2,073,563 €</u>	<u>2,097,409 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>1,980,859 €</u>	<u>2,003,639 €</u>	<u>2,026,681 €</u>	<u>2,049,988 €</u>	<u>2,073,563 €</u>	<u>2,097,409 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>1,980,859 €</u>	<u>2,003,639 €</u>	<u>2,026,681 €</u>	<u>2,049,988 €</u>	<u>2,073,563 €</u>	<u>2,097,409 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	1,980,859 €	2,003,639 €	2,026,681 €	2,049,988 €	2,073,563 €	2,097,409 €

Figura 114: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXXIII

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXXIII es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXXIII del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	1,849,517 €	3,720,303 €	5,612,603 €	7,526,665 €	9,462,738 €	11,421,077 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	13,401,936 €	15,405,575 €	17,432,256 €	19,482,243 €	21,555,806 €	23,653,214 €

Figura 115: Beneficios acumulados del CASO XXXIII

5.34. CASO XXXIV: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo carne pretratados con liofilización en los digestores de unas instalaciones propias

La principal diferencia de este caso y todos sus similares es que, al contrario que en todos los casos anteriores hasta el CASO XXIV, en los que las instalaciones eran cedidas ya sea por La Gavia o por el Parque Tecnológico Valdemingómez, las instalaciones serán propias y de características similares a las del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

La segunda diferencia más importante es que, en este caso, se llevará a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales, de tipo carne particularmente.

Además se aplica un pretratamiento de liofilización sobre el residuo agroindustrial para mejorar el rendimiento de la producción de biogás.

En cuanto al análisis económico, se aprecia una gran diferencia con respecto a los casos en los que las instalaciones son cedidas ya que, al ser las instalaciones propias, hay que tener en cuenta todos los ingresos y costes que esto conlleva. Los ingresos presentes en este caso son de comercialización de biogás, comercialización del compost y de convenio ECOEMBES. En cuanto a los gastos estos serán debidos a costes de explotación, de

personal, de mantenimiento y operaciones y de gestión administrativa. También habrá que tener en cuenta el coste debido al pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXXIV:

CASO XXXIV	
Producción anual de biogás aportada por La Gavia [Nm3]	843,025.91
Producción anual de biogás aportada por el PTV [Nm3]	1,104,363.94
Riqueza en CH4 del biogás aportado por La Gavia	35.94%
Riqueza en CH4 del biogás aportado por el PTV	52.84%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido por La Gavia (kWh/m ³)	2.156
Capacidad calorífica del biogás producido por el PTV (kWh/m ³)	3.170
Proporción La Gavia:PTV	1:4
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Compost (t)	11,245
Digestato (€/t)	500
Convenio ECOEMBES (€)	22,499,550
Factor de bolsa de restos totales	0.30
Factor de bolsa de restos tratados y no incinerados	0.25
Bolsas de entrada (t)	274872
Bolsas de restos tratados (t)	43937.73
Coste Unitario de Explotación (€/t)	53.67
Coste Unitario de Monitorización y Control de calidad (€/t)	0.13
Coste Unitario de Gestión Administrativa (€/t)	2.15
Coste de Personal (€)	2,290,581
Potencia de congelación (W)	170
Potencia de vacío (W)	0.22
Tiempo de congeación (h/10kg)	1.42
Tiempo de vacío (h/10kg)	4
Residuos congelados (t)	63025
Inflación	1.15%

Figura 116: Tabla de datos del CASO XXXIV

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C_{Gavia} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.3594 * 0.6 = 2.156 \frac{kWh}{m^3}$$

$$C_{PTV} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.5284 * 0.6 = 3.170 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta una relación del orden 1:4 entre el aporte de biogás de La Gavia y el aporte de biogás del Parque Tecnológico de Valdemingómez:

Ingresos_{biogás}

$$\begin{aligned} &= (0.25 * Producción_{Gavia} * C_{Gavia} + 0.75 * Producción_{PTV} * C_{PTV}) \\ &* \%_{venta} * Precio_{Energía} \\ &= \left(0.25 * 843,025.91 Nm^3 * 2.156 \frac{kWh}{m^3} + 0.75 * 1,104,363.94 Nm^3 \right. \\ &\left. * 3.170 \frac{kWh}{m^3} \right) * 0.75 * 0.125 \frac{€}{kWh} = 288,786 € \end{aligned}$$

Los ingresos por comercialización del Compost se realizan de la siguiente forma:

$$Ingresos_{Compost} = Compost * Digestato = 11,245 t * 500 \frac{€}{t} = 5,885,436 €$$

En cuanto a los ingresos, por último se calcularía los ingresos por el convenio ECOEMBES como sigue:

$$\begin{aligned} Ingresos_{ECOEMBES} &= Convenio * Factores de bolsas = 22,499,550 € * 0.3 * 0.25 \\ &= 1,766,436 € \end{aligned}$$

A continuación se presentan los cálculos a partir de los cuales se obtienen los distintos costes presentes en este caso:

- Costes de Explotación:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Explotación}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Explotación} = 43,938 \text{ t} * 53.67 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 2,358,138 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Mantenimiento y Operaciones:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Mantenimiento}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Mantenimiento} = 43,938 \text{ t} * 0.13 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 5,712 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Gestión administrativa:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Administración}} &= \text{Bolsas}_{\text{Entrada}} * \text{Administración} = 274,872 \text{ t} * 2.15 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 590,975 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= \left(170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{85 \text{ min}}{10kg} * \frac{1h}{60min} + 0.22W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{4h}{10kg} \right) \\ &\quad * 63,025 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 190,425 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de todos estos ingresos y costes es posible calcular el beneficio neto del caso que se está analizando.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXXIV	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	288,786 €	292,107 €	295,466 €	298,864 €	302,301 €	305,777 €
Ingresos por comercialización del compost	5,885,436 €	5,953,119 €	6,021,580 €	6,090,828 €	6,160,872 €	6,231,722 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,766,439 €	1,786,753 €	1,807,301 €	1,828,085 €	1,849,108 €	1,870,372 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>7,940,661 €</u>	<u>8,031,979 €</u>	<u>8,124,347 €</u>	<u>8,217,777 €</u>	<u>8,312,281 €</u>	<u>8,407,872 €</u>
Costes de Explotación	2,468,498 €	2,496,885 €	2,525,600 €	2,554,644 €	2,584,022 €	2,613,739 €
Costes de Personal	2,397,779 €	2,425,354 €	2,453,245 €	2,481,458 €	2,509,994 €	2,538,859 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	5,979 €	6,048 €	6,118 €	6,188 €	6,259 €	6,331 €
Costes de Gestión Administrativa	618,632 €	625,746 €	632,943 €	640,221 €	647,584 €	655,031 €
Costes por Pretratamiento	190,425 €	192,615 €	194,830 €	197,070 €	199,337 €	201,629 €
<u>Costes Totales</u>	<u>5,681,313 €</u>	<u>5,746,648 €</u>	<u>5,812,735 €</u>	<u>5,879,581 €</u>	<u>5,947,196 €</u>	<u>6,015,589 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,259,348 €</u>	<u>2,285,331 €</u>	<u>2,311,612 €</u>	<u>2,338,195 €</u>	<u>2,365,085 €</u>	<u>2,392,283 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,259,348 €</u>	<u>2,285,331 €</u>	<u>2,311,612 €</u>	<u>2,338,195 €</u>	<u>2,365,085 €</u>	<u>2,392,283 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,259,348 €</u>	<u>2,285,331 €</u>	<u>2,311,612 €</u>	<u>2,338,195 €</u>	<u>2,365,085 €</u>	<u>2,392,283 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,259,348 €	2,285,331 €	2,311,612 €	2,338,195 €	2,365,085 €	2,392,283 €

Figura 117: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXXIV

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXXIV	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	309,294 €	312,851 €	316,448 €	320,088 €	323,769 €	327,492 €
Ingresos por comercialización del compost	6,303,387 €	6,375,876 €	6,449,199 €	6,523,365 €	6,598,383 €	6,674,265 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,891,882 €	1,913,638 €	1,935,645 €	1,957,905 €	1,980,421 €	2,003,196 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,504,563 €</u>	<u>8,602,365 €</u>	<u>8,701,292 €</u>	<u>8,801,357 €</u>	<u>8,902,573 €</u>	<u>9,004,952 €</u>
Costes de Explotación	2,643,797 €	2,674,200 €	2,704,954 €	2,736,060 €	2,767,525 €	2,799,352 €
Costes de Personal	2,568,056 €	2,597,589 €	2,627,461 €	2,657,677 €	2,688,240 €	2,719,155 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	6,404 €	6,477 €	6,552 €	6,627 €	6,704 €	6,781 €
Costes de Gestión Administrativa	662,564 €	670,183 €	677,891 €	685,686 €	693,572 €	701,548 €
Costes por Pretratamiento	203,948 €	206,293 €	208,665 €	211,065 €	213,492 €	215,948 €
<u>Costes Totales</u>	<u>6,084,768 €</u>	<u>6,154,743 €</u>	<u>6,225,523 €</u>	<u>6,297,116 €</u>	<u>6,369,533 €</u>	<u>6,442,783 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,419,794 €</u>	<u>2,447,622 €</u>	<u>2,475,770 €</u>	<u>2,504,241 €</u>	<u>2,533,040 €</u>	<u>2,562,170 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,419,794 €</u>	<u>2,447,622 €</u>	<u>2,475,770 €</u>	<u>2,504,241 €</u>	<u>2,533,040 €</u>	<u>2,562,170 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,419,794 €</u>	<u>2,447,622 €</u>	<u>2,475,770 €</u>	<u>2,504,241 €</u>	<u>2,533,040 €</u>	<u>2,562,170 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,419,794 €	2,447,622 €	2,475,770 €	2,504,241 €	2,533,040 €	2,562,170 €

Figura 117: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXXIV

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXXIV es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXXIV del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	2,259,348 €	4,544,679 €	6,856,291 €	9,194,486 €	11,559,571 €	13,951,854 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	16,371,649 €	18,819,271 €	21,295,040 €	23,799,281 €	26,332,321 €	28,894,491 €

Figura 118: Beneficios acumulados del CASO XXXIV

5.35. CASO XXXV: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo verdura pretratados con liofilización en los digestores de unas instalaciones propias

La principal diferencia de este caso y todos sus similares es que, al contrario que en todos los casos anteriores hasta el CASO XXIV, en los que las instalaciones eran cedidas ya sea por La Gavia o por el Parque Tecnológico Valdemingómez, las instalaciones serán propias y de características similares a las del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

La segunda diferencia más importante es que, en este caso, se llevará a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales, de tipo verdura particularmente.

Además se aplica un pretratamiento de liofilización sobre el residuo agroindustrial para mejorar el rendimiento de la producción de biogás.

En cuanto al análisis económico, se aprecia una gran diferencia con respecto a los casos en los que las instalaciones son cedidas ya que, al ser las instalaciones propias, hay que tener en cuenta todos los ingresos y costes que esto conlleva. Los ingresos presentes en este caso son de comercialización de biogás, comercialización del compost y de convenio ECOEMBES. En cuanto a los gastos estos serán debidos a costes de explotación, de

personal, de mantenimiento y operaciones y de gestión administrativa. También habrá que tener en cuenta el coste debido al pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXXV:

CASO XXXV	
Producción anual de biogás aportada por La Gavia [Nm ³]	660,125.69
Producción anual de biogás aportada por el PTV [Nm ³]	818,555.86
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por La Gavia	49.02%
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por el PTV	72.55%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido por La Gavia (kWh/m ³)	2.941
Capacidad calorífica del biogás producido por el PTV (kWh/m ³)	4.353
Proporción La Gavia:PTV	1:4
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Compost (t)	11,245
Digestato (€/t)	500
Convenio ECOEMBES (€)	22,499,550
Factor de bolsa de restos totales	0.30
Factor de bolsa de restos tratados y no incinerados	0.25
Bolsas de entrada (t)	274872
Bolsas de restos tratados (t)	43937.73
Coste Unitario de Explotación (€/t)	53.67
Coste Unitario de Monitorización y Control de calidad (€/t)	0.13
Coste Unitario de Gestión Administrativa (€/t)	2.15
Coste de Personal (€)	2,290,581
Potencia de congelación (W)	170
Potencia de vacío (W)	0.22
Tiempo de congeación (h/10kg)	0.42
Tiempo de vacío (h/10kg)	4
Residuos congelados (t)	63000
Inflación	1.15%

Figura 119: Tabla de datos del CASO XXXV

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C_{Gavia} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.4902 * 0.6 = 2.941 \frac{kWh}{m^3}$$

$$C_{PTV} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.7255 * 0.6 = 4.353 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta una relación del orden 1:4 entre el aporte de biogás de La Gavia y el aporte de biogás del Parque Tecnológico de Valdemingómez:

Ingresos_{biogás}

$$\begin{aligned} &= (0.25 * Producción_{Gavia} * C_{Gavia} + 0.75 * Producción_{PTV} * C_{PTV}) \\ &* \%_{venta} * Precio_{Energía} \\ &= \left(0.25 * 660,125.69 Nm^3 * 2.941 \frac{kWh}{m^3} + 0.75 * 818,555.86 Nm^3 \right. \\ &\left. * 4.353 \frac{kWh}{m^3} \right) * 0.75 * 0.125 \frac{€}{kWh} = 296,050 € \end{aligned}$$

Los ingresos por comercialización del Compost se realizan de la siguiente forma:

$$Ingresos_{Compost} = Compost * Digestato = 11,245 t * 500 \frac{€}{t} = 5,885,436 €$$

En cuanto a los ingresos, por último se calcularía los ingresos por el convenio ECOEMBES como sigue:

$$\begin{aligned} Ingresos_{ECOEMBES} &= Convenio * Factores de bolsas = 22,499,550 € * 0.3 * 0.25 \\ &= 1,766,436 € \end{aligned}$$

A continuación se presentan los cálculos a partir de los cuales se obtienen los distintos costes presentes en este caso:

- Costes de Explotación:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Explotación}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Explotación} = 43,938 \text{ t} * 53.67 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 2,358,138 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Mantenimiento y Operaciones:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Mantenimiento}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Mantenimiento} = 43,938 \text{ t} * 0.13 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 5,712 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Gestión administrativa:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Administración}} &= \text{Bolsas}_{\text{Entrada}} * \text{Administración} = 274,872 \text{ t} * 2.15 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 590,975 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= \left(170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{25 \text{ min}}{10kg} * \frac{1h}{60min} + 0.22W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{4h}{10kg} \right) \\ &\quad * 63,000 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 56,474 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de todos estos ingresos y costes es posible calcular el beneficio neto del caso que se está analizando.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXXV	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	296,050 €	299,455 €	302,898 €	306,382 €	309,905 €	313,469 €
Ingresos por comercialización del compost	5,885,436 €	5,953,119 €	6,021,580 €	6,090,828 €	6,160,872 €	6,231,722 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,766,439 €	1,786,753 €	1,807,301 €	1,828,085 €	1,849,108 €	1,870,372 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>7,947,925 €</u>	<u>8,039,327 €</u>	<u>8,131,779 €</u>	<u>8,225,294 €</u>	<u>8,319,885 €</u>	<u>8,415,564 €</u>
Costes de Explotación	2,468,498 €	2,496,885 €	2,525,600 €	2,554,644 €	2,584,022 €	2,613,739 €
Costes de Personal	2,397,779 €	2,425,354 €	2,453,245 €	2,481,458 €	2,509,994 €	2,538,859 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	5,979 €	6,048 €	6,118 €	6,188 €	6,259 €	6,331 €
Costes de Gestión Administrativa	618,632 €	625,746 €	632,943 €	640,221 €	647,584 €	655,031 €
Costes por Pretratamiento	56,474 €	57,124 €	57,781 €	58,445 €	59,117 €	59,797 €
<u>Costes Totales</u>	<u>5,547,363 €</u>	<u>5,611,157 €</u>	<u>5,675,686 €</u>	<u>5,740,956 €</u>	<u>5,806,977 €</u>	<u>5,873,757 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,400,563 €</u>	<u>2,428,169 €</u>	<u>2,456,093 €</u>	<u>2,484,338 €</u>	<u>2,512,908 €</u>	<u>2,541,807 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,400,563 €</u>	<u>2,428,169 €</u>	<u>2,456,093 €</u>	<u>2,484,338 €</u>	<u>2,512,908 €</u>	<u>2,541,807 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,400,563 €</u>	<u>2,428,169 €</u>	<u>2,456,093 €</u>	<u>2,484,338 €</u>	<u>2,512,908 €</u>	<u>2,541,807 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,400,563 €	2,428,169 €	2,456,093 €	2,484,338 €	2,512,908 €	2,541,807 €

Figura 120: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXXV

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXXV	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	317,074 €	320,720 €	324,409 €	328,139 €	331,913 €	335,730 €
Ingresos por comercialización del compost	6,303,387 €	6,375,876 €	6,449,199 €	6,523,365 €	6,598,383 €	6,674,265 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,891,882 €	1,913,638 €	1,935,645 €	1,957,905 €	1,980,421 €	2,003,196 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,512,343 €</u>	<u>8,610,235 €</u>	<u>8,709,253 €</u>	<u>8,809,409 €</u>	<u>8,910,717 €</u>	<u>9,013,190 €</u>
Costes de Explotación	2,643,797 €	2,674,200 €	2,704,954 €	2,736,060 €	2,767,525 €	2,799,352 €
Costes de Personal	2,568,056 €	2,597,589 €	2,627,461 €	2,657,677 €	2,688,240 €	2,719,155 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	6,404 €	6,477 €	6,552 €	6,627 €	6,704 €	6,781 €
Costes de Gestión Administrativa	662,564 €	670,183 €	677,891 €	685,686 €	693,572 €	701,548 €
Costes por Pretratamiento	60,485 €	61,180 €	61,884 €	62,596 €	63,315 €	64,044 €
<u>Costes Totales</u>	<u>5,941,305 €</u>	<u>6,009,630 €</u>	<u>6,078,741 €</u>	<u>6,148,647 €</u>	<u>6,219,356 €</u>	<u>6,290,879 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,571,038 €</u>	<u>2,600,604 €</u>	<u>2,630,511 €</u>	<u>2,660,762 €</u>	<u>2,691,361 €</u>	<u>2,722,312 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,571,038 €</u>	<u>2,600,604 €</u>	<u>2,630,511 €</u>	<u>2,660,762 €</u>	<u>2,691,361 €</u>	<u>2,722,312 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,571,038 €</u>	<u>2,600,604 €</u>	<u>2,630,511 €</u>	<u>2,660,762 €</u>	<u>2,691,361 €</u>	<u>2,722,312 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,571,038 €	2,600,604 €	2,630,511 €	2,660,762 €	2,691,361 €	2,722,312 €

Figura 120: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXXV

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXXV es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXXV del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	2,400,563 €	4,828,732 €	7,284,826 €	9,769,164 €	12,282,073 €	14,823,879 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	17,394,917 €	19,995,521 €	22,626,033 €	25,286,795 €	27,978,156 €	30,700,468 €

Figura 121: Beneficios acumulados del CASO XXXV

5.36. CASO XXXVI: Co-digestión anaerobia de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales de tipo pescado pretratados con liofilización en los digestores de unas instalaciones propias

La principal diferencia de este caso y todos sus similares es que, al contrario que en todos los casos anteriores hasta el CASO XXIV, en los que las instalaciones eran cedidas ya sea por La Gavia o por el Parque Tecnológico Valdemingómez, las instalaciones serán propias y de características similares a las del Parque Tecnológico de Valdemingómez.

La segunda diferencia más importante es que, en este caso, se llevará a cabo una co-digestión de lodos de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales, de tipo pescado particularmente.

Además se aplica un pretratamiento de liofilización sobre el residuo agroindustrial para mejorar el rendimiento de la producción de biogás.

En cuanto al análisis económico, se aprecia una gran diferencia con respecto a los casos en los que las instalaciones son cedidas ya que, al ser las instalaciones propias, hay que tener en cuenta todos los ingresos y costes que esto conlleva. Los ingresos presentes en este caso son de comercialización de biogás, comercialización del compost y de convenio ECOEMBES. En cuanto a los gastos estos serán debidos a costes de explotación, de

personal, de mantenimiento y operaciones y de gestión administrativa. También habrá que tener en cuenta el coste debido al pretratamiento llevado a cabo.

En la siguiente tabla se representan todos los datos utilizados para el análisis económico del Caso XXXVI:

CASO XXXVI	
Producción anual de biogás aportada por La Gavia [Nm ³]	507,007.26
Producción anual de biogás aportada por el PTV [Nm ³]	674,319.67
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por La Gavia	37.63%
Riqueza en CH ₄ del biogás aportado por el PTV	60.59%
Rendimiento de los motores (conversión de biomasa en energía)	0.6
Capacidad calorífica del biogás producido por La Gavia (kWh/m ³)	2.258
Capacidad calorífica del biogás producido por el PTV (kWh/m ³)	3.635
Proporción La Gavia:PTV	1:4
Porcentaje de ventas de biogás	75%
Precio de la energía (€/kWh)	0.125
Compost (t)	11,245
Digestato (€/t)	500
Convenio ECOEMBES (€)	22,499,550
Factor de bolsa de restos totales	0.30
Factor de bolsa de restos tratados y no incinerados	0.25
Bolsas de entrada (t)	274872
Bolsas de restos tratados (t)	43937.73
Coste Unitario de Explotación (€/t)	53.67
Coste Unitario de Monitorización y Control de calidad (€/t)	0.13
Coste Unitario de Gestión Administrativa (€/t)	2.15
Coste de Personal (€)	2,290,581
Potencia de congelación (W)	170
Potencia de vacío (W)	0.22
Tiempo de congeación (h/10kg)	0.67
Tiempo de vacío (h/10kg)	18
Residuos congelados (t)	63000
Inflación	1.15%

Figura 122: Tabla de datos del CASO XXXVI

La capacidad calorífica se calcula a partir de la riqueza del biogás en metano y el rendimiento de los motores de la siguiente forma:

$$C_{Gavia} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.3763 * 0.6 = 2.258 \frac{kWh}{m^3}$$

$$C_{PTV} = 10 * \%CH_4 * \eta_{motores} = 10 * 0.6059 * 0.6 = 3.635 \frac{kWh}{m^3}$$

Una vez calculada la capacidad calorífica ya es posible calcular los ingresos por comercialización de biogás a partir de la siguiente ecuación, teniendo en cuenta una relación del orden 1:4 entre el aporte de biogás de La Gavia y el aporte de biogás del Parque Tecnológico de Valdemingómez:

Ingresos_{biogás}

$$\begin{aligned} &= (0.25 * Producción_{Gavia} * C_{Gavia} + 0.75 * Producción_{PTV} * C_{PTV}) \\ &* \%_{venta} * Precio_{Energía} \\ &= \left(0.25 * 507,007.26 Nm^3 * 2.258 \frac{kWh}{m^3} + 0.75 * 674,319.67 Nm^3 \right. \\ &\left. * 3.635 \frac{kWh}{m^3} \right) * 0.75 * 0.125 \frac{€}{kWh} = 199,182 € \end{aligned}$$

Los ingresos por comercialización del Compost se realizan de la siguiente forma:

$$Ingresos_{Compost} = Compost * Digestato = 11,245 t * 500 \frac{€}{t} = 5,885,436 €$$

En cuanto a los ingresos, por último se calcularía los ingresos por el convenio ECOEMBES como sigue:

$$\begin{aligned} Ingresos_{ECOEMBES} &= Convenio * Factores de bolsas = 22,499,550 € * 0.3 * 0.25 \\ &= 1,766,436 € \end{aligned}$$

A continuación se presentan los cálculos a partir de los cuales se obtienen los distintos costes presentes en este caso:

- Costes de Explotación:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Explotación}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Explotación} = 43,938 \text{ t} * 53.67 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 2,358,138 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Mantenimiento y Operaciones:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Mantenimiento}} &= \text{Bolsas}_{\text{restostratados}} * \text{Mantenimiento} = 43,938 \text{ t} * 0.13 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 5,712 \text{ €} \end{aligned}$$

- Costes de Gestión administrativa:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{Administración}} &= \text{Bolsas}_{\text{Entrada}} * \text{Administración} = 274,872 \text{ t} * 2.15 \frac{\text{€}}{\text{t}} \\ &= 590,975 \text{ €} \end{aligned}$$

Los costes del pretratamiento de congelación se calculan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{congelación}} &= \text{Potencia} * \text{Tiempo} * \text{Residuos} * \text{Precio}_{\text{Energía}} \\ &= \left(170W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{40 \text{ min}}{10kg} * \frac{1h}{60min} + 0.22W * \frac{1kW}{10^3W} * \frac{18h}{10kg} \right) \\ &\quad * 71000 * 10^3kg * 0.125 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 104,098 \text{ €} \end{aligned}$$

A partir de todos estos ingresos y costes es posible calcular el beneficio neto del caso que se está analizando.

Al pertenecer los datos iniciales al año 2015, se tomará este año como el punto de partida a partir del cual se calcularán los beneficios netos a lo largo de los años aplicando la tasa de inflación. En este apartado de resultados se mostrarán los datos directamente a partir del año 2019, el cual es el año de realización de este proyecto, y por tanto el punto de partida de interés.

A continuación se representa el balance de ingresos y gastos desde el año 2019 hasta el año 2030:

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXXVI	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingresos por comercialización del biogás	199,182 €	201,472 €	203,789 €	206,133 €	208,503 €	210,901 €
Ingresos por comercialización del compost	5,885,436 €	5,953,119 €	6,021,580 €	6,090,828 €	6,160,872 €	6,231,722 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,766,439 €	1,786,753 €	1,807,301 €	1,828,085 €	1,849,108 €	1,870,372 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>7,851,057 €</u>	<u>7,941,344 €</u>	<u>8,032,670 €</u>	<u>8,125,045 €</u>	<u>8,218,483 €</u>	<u>8,312,996 €</u>
Costes de Explotación	2,468,498 €	2,496,885 €	2,525,600 €	2,554,644 €	2,584,022 €	2,613,739 €
Costes de Personal	2,397,779 €	2,425,354 €	2,453,245 €	2,481,458 €	2,509,994 €	2,538,859 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	5,979 €	6,048 €	6,118 €	6,188 €	6,259 €	6,331 €
Costes de Gestión Administrativa	618,632 €	625,746 €	632,943 €	640,221 €	647,584 €	655,031 €
Costes por Pretratamiento	104,098 €	105,295 €	106,506 €	107,731 €	108,970 €	110,223 €
<u>Costes Totales</u>	<u>5,594,986 €</u>	<u>5,659,328 €</u>	<u>5,724,411 €</u>	<u>5,790,241 €</u>	<u>5,856,829 €</u>	<u>5,924,183 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,256,071 €</u>	<u>2,282,016 €</u>	<u>2,308,259 €</u>	<u>2,334,804 €</u>	<u>2,361,654 €</u>	<u>2,388,813 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,256,071 €</u>	<u>2,282,016 €</u>	<u>2,308,259 €</u>	<u>2,334,804 €</u>	<u>2,361,654 €</u>	<u>2,388,813 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,256,071 €</u>	<u>2,282,016 €</u>	<u>2,308,259 €</u>	<u>2,334,804 €</u>	<u>2,361,654 €</u>	<u>2,388,813 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,256,071 €	2,282,016 €	2,308,259 €	2,334,804 €	2,361,654 €	2,388,813 €

Figura 123: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXXVI

Balance de Ingresos y Gastos CASO XXXVI	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ingresos por comercialización del biogás	213,326 €	215,780 €	218,261 €	220,771 €	223,310 €	225,878 €
Ingresos por comercialización del compost	6,303,387 €	6,375,876 €	6,449,199 €	6,523,365 €	6,598,383 €	6,674,265 €
Ingresos por convenio ECOEMBES	1,891,882 €	1,913,638 €	1,935,645 €	1,957,905 €	1,980,421 €	2,003,196 €
<u>Ingresos Totales</u>	<u>8,408,595 €</u>	<u>8,505,294 €</u>	<u>8,603,105 €</u>	<u>8,702,041 €</u>	<u>8,802,114 €</u>	<u>8,903,338 €</u>
Costes de Explotación	2,643,797 €	2,674,200 €	2,704,954 €	2,736,060 €	2,767,525 €	2,799,352 €
Costes de Personal	2,568,056 €	2,597,589 €	2,627,461 €	2,657,677 €	2,688,240 €	2,719,155 €
Costes de Mantenimiento y Operaciones	6,404 €	6,477 €	6,552 €	6,627 €	6,704 €	6,781 €
Costes de Gestión Administrativa	662,564 €	670,183 €	677,891 €	685,686 €	693,572 €	701,548 €
Costes por Pretratamiento	111,490 €	112,772 €	114,069 €	115,381 €	116,708 €	118,050 €
<u>Costes Totales</u>	<u>5,992,311 €</u>	<u>6,061,222 €</u>	<u>6,130,927 €</u>	<u>6,201,432 €</u>	<u>6,272,749 €</u>	<u>6,344,885 €</u>
<u>Margen Bruto</u>	<u>2,416,284 €</u>	<u>2,444,072 €</u>	<u>2,472,178 €</u>	<u>2,500,609 €</u>	<u>2,529,366 €</u>	<u>2,558,453 €</u>
Amortización	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBIT</u>	<u>2,416,284 €</u>	<u>2,444,072 €</u>	<u>2,472,178 €</u>	<u>2,500,609 €</u>	<u>2,529,366 €</u>	<u>2,558,453 €</u>
Intereses	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
<u>EBT</u>	<u>2,416,284 €</u>	<u>2,444,072 €</u>	<u>2,472,178 €</u>	<u>2,500,609 €</u>	<u>2,529,366 €</u>	<u>2,558,453 €</u>
Impuestos	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Beneficio Neto	2,416,284 €	2,444,072 €	2,472,178 €	2,500,609 €	2,529,366 €	2,558,453 €

Figura 123: Balance de Ingresos y Gastos del CASO XXXVI

Finalmente, para acabar con el análisis del CASO XXXVI es necesario representar los beneficios acumulados a lo largo de los doce años estudiados.

La siguiente tabla representa los beneficios acumulados del CASO XXXVI del año 2019 al año 2030:

Año	1	2	3	4	5	6
Beneficios Acumulados	2,256,071 €	4,538,086 €	6,846,345 €	9,181,149 €	11,542,803 €	13,931,616 €
Año	7	8	9	10	11	12
Beneficios Acumulados	16,347,900 €	18,791,972 €	21,264,151 €	23,764,759 €	26,294,125 €	28,852,578 €

Figura 124: Beneficios acumulados del CASO XXXVI

6. Conclusiones

Tras los resultados obtenidos de cada uno de los posibles casos, es necesaria agrupar los beneficios netos para los tres tipos de residuos agroindustriales, es decir, carne, verdura y pescado, en cada uno de los distintos escenarios existentes en el análisis.

Los beneficios acumulados totales para cada escenario en el año 2030 son los siguientes:

Instalaciones cedidas por La Gavia	
Residuo Agroindustrial	Beneficio Acumulado 2030
Carne	1,169,124 €
Verdura	1,225,645 €
Pescado	437,843 €
2,832,612 €	

Figura 125: Beneficios totales en el escenario en que las instalaciones son cedidas por la Gavia

Instalaciones cedidas por La Gavia con Congelación	
Residuo Agroindustrial	Beneficio Acumulado 2030
Carne	-14,914,043 €
Verdura	-9,815,389 €
Pescado	-14,665,479 €
-39,394,911 €	

Figura 126: Beneficios totales en el escenario en que las instalaciones son cedidas por la Gavia y se lleva a cabo un pretratamiento de congelación sobre los residuos agroindustriales

Instalaciones cedidas por La Gavia con Ultracongelación	
Residuo Agroindustrial	Beneficio Acumulado 2030
Carne	-3,554,969 €
Verdura	-1,285,134 €
Pescado	-6,435,491 €
-11,275,594 €	

Figura 127: Beneficios totales en el escenario en que las instalaciones son cedidas por la Gavia y se lleva a cabo un pretratamiento de ultracongelación sobre los residuos agroindustriales

Instalaciones cedidas por La Gavia con Liofilización	
Residuo Agroindustrial	Beneficio Acumulado 2030
Carne	-550,415 €
Verdura	1,378,802 €
Pescado	-134,919 €
693,468 €	

Figura 128: Beneficios totales en el escenario en que las instalaciones son cedidas por la Gavia y se lleva a cabo un pretratamiento de liofilización sobre los residuos agroindustriales

Instalaciones cedidas por el PTV	
Residuo Agroindustrial	Beneficio Acumulado 2030
Carne	2,569,737 €
Verdura	2,567,387 €
Pescado	1,070,148 €
6,207,272 €	

Figura 129: Beneficios totales en el escenario en que las instalaciones son cedidas por el Parque Tecnológico de Valdemingómez

Instalaciones cedidas por el PTV con congelación	
Residuo Agroindustrial	Beneficio Acumulado 2030
Carne	-11,316,127 €
Verdura	-6,814,946 €
Pescado	-12,509,406 €
-30,640,479 €	

Figura 129: Beneficios totales en el escenario en que las instalaciones son cedidas por el Parque Tecnológico de Valdemingómez y se lleva a cabo un pretratamiento de congelación sobre los residuos agroindustriales

Instalaciones cedidas por el PTV con ultracongelación	
Residuo Agroindustrial	Beneficio Acumulado 2030
Carne	-9,311,217 €
Verdura	1,877,613 €
Pescado	-3,465,887 €
-10,899,491 €	

Figura 130: Beneficios totales en el escenario en que las instalaciones son cedidas por el Parque Tecnológico de Valdemingómez y se lleva a cabo un pretratamiento de ultracongelación sobre los residuos agroindustriales

Instalaciones cedidas por el PTV con liofilización	
Residuo Agroindustrial	Beneficio Acumulado 2030
Carne	1,844,962 €
Verdura	3,716,140 €
Pescado	1,682,860 €
7,243,962 €	

Figura 131: Beneficios totales en el escenario en que las instalaciones son cedidas por el Parque Tecnológico de Valdemingómez y se lleva a cabo un pretratamiento de liofilización sobre los residuos agroindustriales

Para los escenarios en los cuales las instalaciones son propias será necesario tener en cuenta un coste de inversión de la obra de los digestores, el cual habrá que recuperar con los beneficios generados durante los años siguientes. Este coste se supondrá igual al coste de inversión de los digestores del Parque Tecnológico de Valdemingómez, el cual es de 10,098,000 €.

Instalaciones Propias	
Residuo Agroindustrial	Beneficio Acumulado 2030
Carne	29,796,408 €
Verdura	29,810,133 €
Pescado	28,522,894 €
Coste de la Inversión	10,098,000 €
78,031,435 €	

Figura 132: Beneficios totales en el escenario en que las instalaciones son propias

Instalaciones Propias con congelación	
Residuo Agroindustrial	Beneficio Acumulado 2030
Carne	16,067,003 €
Verdura	20,503,304 €
Pescado	15,221,936 €
Coste de la Inversión	10,098,000 €
41,694,243 €	

Figura 133: Beneficios totales en el escenario en que las instalaciones son propias y se lleva a cabo un pretratamiento de congelación sobre los residuos agroindustriales

Instalaciones Propias con ultracongelación	
Residuo Agroindustrial	Beneficio Acumulado 2030
Carne	18,199,640 €
Verdura	28,772,449 €
Pescado	23,653,214 €
Coste de la Inversión	10,098,000 €
60,527,303 €	

Figura 134: Beneficios totales en el escenario en que las instalaciones son propias y se lleva a cabo un pretratamiento de ultracongelación sobre los residuos agroindustriales

Instalaciones Propias con liofilización	
Residuo Agroindustrial	Beneficio Acumulado 2030
Carne	28,894,491 €
Verdura	30,700,468 €
Pescado	28,852,578 €
Coste de la Inversión	10,098,000 €
78,349,537 €	

Figura 135: Beneficios totales en el escenario en que las instalaciones son propias y se lleva a cabo un pretratamiento de liofilización sobre los residuos agroindustriales

Al analizar los beneficios acumulados totales de los doce escenarios estudiados se observan dos características principales fundamentalmente:

- Llevar a cabo una co-digestión en unas instalaciones propias supone beneficios extremadamente superiores a los que se podrían obtener cuando las instalaciones son cedidas.
- Los pretratamientos suponen costes muy elevados, que solo serán rentables en aquellos casos en los que los beneficios generados sean capaces de cubrir esos costes.

Se puede apreciar como en los escenarios en los que se lleva a cabo una co-digestión, a pesar de que haya que construir unas instalaciones propias asumiendo tanto los costes de inversión como los costes de cada año por la acción de los digestores, resulta muchísimo más rentable que el resto de casos.

Pero los grandes beneficios producidos por la co-digestión realmente no se deben a la comercialización del biogás generado, lo cual es el centro de este estudio. Son los ingresos por el convenio ECOEMBES y por la comercialización del compost, principalmente el segundo, los que sustentan el gran beneficio que se obtiene en estos escenarios. Por tanto, los casos en los que se lleva a cabo una co-digestión son los más interesantes económicamente, pero no por un incremento muy sustancial en generación de biogás, sino por el compost que se genera y el cuál es la principal fuente de beneficios.

También llama mucho la atención que hay casos que, al aplicarles pretratamientos, los beneficios obtenidos por la comercialización del biogás no son suficientes para cubrir los altos costes de estos, y conlleva pérdidas muy grandes. Esto ocurre para todos los escenarios en los que se aplican pretratamientos de congelación y de ultracongelación cuando las instalaciones son cedidas por La Gavia o por el Parque Tecnológico de Valdemingómez. En el caso de la liofilización, siempre resulta rentable aunque en el caso de las instalaciones cedidas por La Gavia el beneficio es bastante pequeño comparado con los otros dos tipos de instalaciones.

En líneas generales, cuando las instalaciones son cedidas por La Gavia, los beneficios son los más pequeños en comparación con sus análogos para los otros dos tipos de instalaciones. Al revés ocurre cuando las instalaciones son propias, se consiguen las situaciones con más beneficios. Todos los tipos de escenarios estudiados para cuando las instalaciones son propias resultan rentables en el largo plazo, teniendo en cuenta doce años. En el corto plazo, la inversión se recuperaría en tan solo dos años para el caso en el que no se realizan pretratamientos y en los casos en los que se llevan a cabo ultracongelación y liofilización, y tres años en el caso en que se lleve a cabo congelación.

Otro aspecto fácilmente observable en este estudio es que el pretratamiento más caro es el de congelación y la liofilización es el pretratamiento que más ingresos aporta.

Como ya se ha comentado, todos los escenarios en los que se utilizan instalaciones propias suponen unos beneficios mucho mayores a todos los demás escenarios de este análisis pero especialmente los casos en los que no se lleva ningún pretratamiento y en el cual se lleva a cabo una liofilización, siendo este último el que más beneficios aporta por poca diferencia con el otro escenario.

Por tanto, para finalizar este análisis económico de co-digestión de residuos y pretratamientos, el caso que más beneficios aporta económicamente es aquel en el cual se lleva a cabo una co-digestión de lodos de aguas residuales de EDAR, residuos urbanos y residuos agroindustriales pretratados con liofilización.

7. Highlights

En este apartado se exponen las cinco ideas principales que se obtienen al terminar de llevar a cabo este proyecto:

- La opción más rentable es la co-digestión con liofilización.
- La co-digestión en unas instalaciones propias es el escenario con más beneficios.
- El escenario menos rentable es aquel en que las instalaciones son cedidas por La Gavia.
- Los pretratamientos suponen costes elevados.
- El pretratamiento más costoso es la congelación y el más rentable es la liofilización.

8. Bibliografía

- [1] IDAE, *Biogás*
- [2] El Blog Verde, *Biogás – El gas combustible alternativo*
- [3] Yaniris Lorenzo Acosta, Ma Cristina Obaya Abreu, *La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I*
- [4] M. Espigares García, J.A. Pérez López, *Aguas Residuales. Composición*
- [5] Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI, *Tema 2.- Contaminación Agua. Parte 3*
- [6] Katia Cury R., Yelitza Aguas M., Ana Martínez M., Rafael Olivero V., Linda Chams Ch., *Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento*
- [7] Ainia, *Bioenergía: Solución a los residuos agroalimentarios*
- [8] Ainia, *Aprovechamiento de residuos en la industria alimentaria: Biogás agroindustrial*
- [9] Myriam Esteban Gutiérrez, *Co-digestión anaerobia de lodo de EDAR con residuos orgánicos de diferente naturaleza: Combinación de técnicas experimentales y herramientas matemáticas*
- [10] Luis Purchades, Francisco Repullo, *Biogás Agroindustrial: Resumen del 2018 y previsiones para el 2019. Luz al final del túnel*
- [11] Luis Purchades Rufino, *Estado de la normativa y grado de implantación en España y Europa*
- [12] iagua, *EDAR de La Gavia*

[13] Programa AGUA, *La nueva EDAR de La Gavia en Madrid, una de las más grandes y modernas de Europa*

[14] Ayuntamiento de Madrid, *Parque Tecnológico de Valdemingómez*

[15] Miguel Ángel Baquedano Maestre, Isabel Jiménez García, Miguel Ángel Magaña Loarte, José Luis Cifuentes Sastre, *Parque Tecnológico de Valdemingómez. Producción y valorización de biogás en la Ciudad de Madrid*

[16] Carlos Morales Polo, *Co-digestión anaerobia y pretratamientos de residuos agroalimentarios con fangos UASB de depuradora. Caracterización BMP y análisis*

[17] inflation.eu, *Inflación de España en 2019*

[18] Myriam Esteban Gutiérrez, *Co-digestión anaerobia de lodo de EDAR con residuos orgánicos de diferente naturaleza: combinación de técnicas experimentales y herramientas matemáticas*

[19] Ayuntamiento de Madrid, *Memoria de actividades de Parque Tecnológico de Valdemingómez de 2017*

[20] Ayuntamiento de Madrid, *Padrón Municipal de Habitantes Ciudad de Madrid*

[21] Informe de Medio Ambiente de Andalucía, *El tratamiento de nuestras aguas residuales*