

SUCELLOG: IEE/13/638/SI2.675535

D4.3b

**Resumen de la situación actual de la
Cooperativa Agraria San Miguel y
estudio de viabilidad**

07.04.2015



Sobre el proyecto SUCELLOG

El proyecto SUCELLOG - Triggering the creation of biomass logistic centres by the agro-industry (Impulsando la creación de centros logísticos de biomasa por la agroindustria) – pretende extender la participación del sector agrario en el suministro sostenible de biocombustibles sólidos en Europa. SUCELLOG se centra en un concepto de logística casi sin explotar: la implementación de centros logísticos en la agroindustria como complemento a su actividad habitual evidenciando la gran sinergia existente entre la economía agrícola y la bioeconomía. Más información sobre el proyecto y los socios participantes en www.sucellog.eu.

Coordinador del proyecto



Socios del proyecto



Sobre este documento

Este informe corresponde al D4.3b of the SUCELLOG project - Resumen de la situación actual de la Cooperativa Agraria San Miguel y estudio de viabilidad.

Ha sido realizado por:

WIP-Renewable Energies

Sylvensteinstr. 2

Cosette Khawaja, Rainer Janssen

E-mail: cosette.khawaja@wip-munich.de, rainer.janssen@wip-munich.de

Tel: +49 89 720 12 740, +49 89 720 12 743

Con la colaboración y contribuciones de COOPERATIVAS AGRO-ALIMENTARIAS DE ESPAÑA, RAGT y CIRCE

*This project is co-funded by the European Commission, contract N°: IEE/13/638/SI2.675535
The sole responsibility of this publication lies with the author. The European Union is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.*

Contenidos

Sobre el proyecto SUCELLOG	2
Sobre este documento	2
Contenidos	3
Tablas	4
Figuras.....	4
1. Introducción.....	5
2. Descripción de la empresa	5
3. Desarrollo de una nueva línea de negocio como centro logístico agroindustrial.....	6
4. Disponibilidad de recursos de biomasa.....	6
5. Mercado potencial de biomasa	8
6. Evaluación técnica de la instalación	9
6.1. Reducción de partícula.....	11
6.2. Secado	11
6.3. Molido y peletizado.....	11
6.4. Almacenamiento	11
6.5. Generación de calor	11
6.6. Capacidad máxima para el centro logístico.....	12
7. Viabilidad de la nueva línea de negocio de agroindustria como centro logístico.....	12
7.1. Evaluación de la calidad de los nuevos productos	13
7.2. Evaluación económica	15
7.2.1. Costes de inversión.....	15
7.2.2. Costes de compra	17
7.2.3. Costes de pretratamiento	18
7.2.4. Personal y otros costes	20
7.2.5. Costes de producción.....	20
7.2.6. Precio de mercado, ingresos y beneficios	22
7.2.7. Beneficio total.....	23
7.3. Evaluación de riesgos	24
7.4. Evaluación social	27
7.5. Evaluación medioambiental	29
8. Resumen y conclusiones	31

Tablas

Tabla 1: Datos de los residuos agrarios disponibles en un radio de 18 Km.	7
Tabla 2: Parámetros de calidad para estos 3 tipos de biocombustible.....	13
Tabla 3: Calidad de las posibles materias primas y directrices del estándar ISO 17225 – 6.	14
Tabla 4: Costes de inversion (€) para el nuevo negocio.....	17
Tabla 5: Coste de compra de las materias primas	18
Tabla 6: Costes de producción de los agropélets en los diferentes escenarios.	20
Tabla 7: Precio mínimo de venta de los agropélets para un beneficio de 12 €/t en los diferentes escenarios.	23
Tabla 8: Beneficios e ingresos totales para un beneficio mínimo de 12 €/t en los escenarios SWP-B, L1; SWP-B, L2, GB; MWP-B, L1; MWP-B, L2, GB....	23
Tabla 9: Payback de la inversión en el escenario SWP-B, L2, BB.	24
Tabla 10: Payback de la inversión en el escenario MWP-B, L2, BB.....	24
Tabla 11: Principales características y precios de los productos competidores	25
Tabla 12: Características de calidad y precio de los productos.....	25
Tabla 13: Requisitos de almacenamiento para el mismo consumo de energía.....	26
Tabla 14: Impactos e indicadores evaluados en el estudio.	28

Figuras

Figura 1: Localización de Cooperativa Agraria San Miguel (Fuente: Google maps). 5	5
Figura 2: Cantidad y tipo de residuos disponibles en un radio de 30 km.....	6
Figura 3: Diagrama de flujo de la línea de producción de alfalfa actual (equipamiento propuesto para el centro logístico de biomasa rodeado en rojo).....	10
Figura 4: Costes de producción para los diferentes productos generados con la Línea 1 de producción.....	21
Figura 5: Costes de producción para SWP-A en las diferentes líneas.	22
Figura 6: Límites en calidad y precio para los pélets de Clase A y Clase B y zona de confort.	27

1. Introducción

Este informe incluye una descripción de la situación actual de la agroindustria Cooperativa Agraria San Miguel y una evaluación de la viabilidad técnico-económica para convertirse en un centro logístico, además de sus actividades habituales. Los datos han sido recogidos por el socio COOPERATIVAS AGRO-ALIMENTARIAS DE ESPAÑA a través de entrevistas con el gerente de la cooperativa y otros agentes interesados como parte de otras tareas del proyecto (tarea 4.2, 4.3, 4.4, 4.5). Esta información constituye la base de este informe. El objetivo del estudio de viabilidad es investigar si la producción de biomasa sólida a partir de residuos agrícolas en la Cooperativa Agraria San Miguel - actuando como centro logístico - sería factible y, sobre todo, sostenible.

2. Descripción de la empresa

La cooperativa cuenta con 1.700 socios, entre los cuales 450 son actualmente ganaderos. No ofrece servicios o productos especiales, sino que trata de tener un contacto muy cercano con sus asociados. El interés de convertirse en un centro logístico es crear un beneficio para sus asociados mediante el uso de sus residuos (paja de cereal y cañote de maíz) de una manera eficiente. El consejo de administración, compuesto por 12 miembros, es el que toma las decisiones. La cooperativa se encuentra en Zaragoza, España, Camino Abarquillo, SN 50660 Tauste (Figura 1).

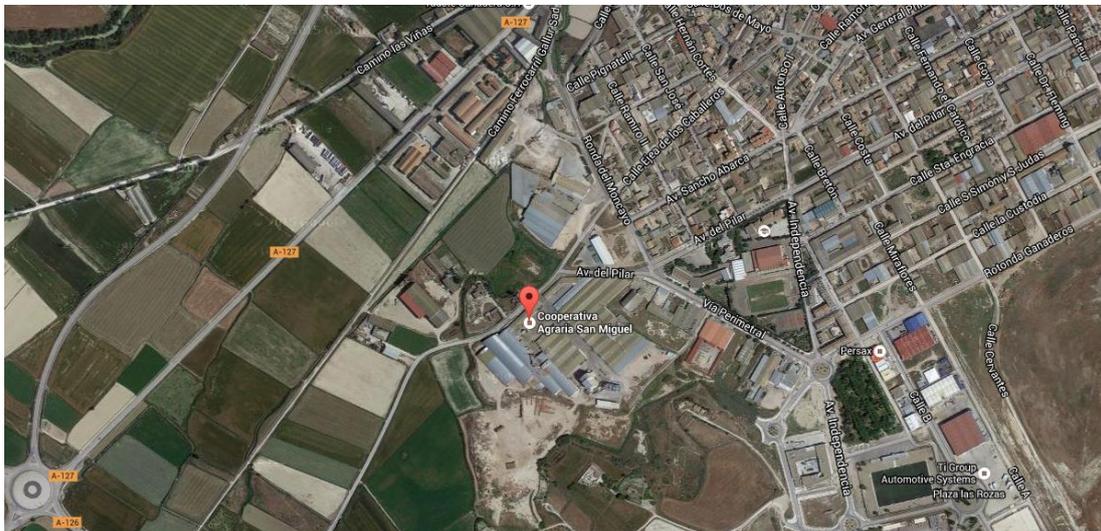


Figura 1: Localización de Cooperativa Agraria San Miguel (Fuente: Google maps).

Actualmente, las principales actividades de la empresa son las siguientes:

- a. Producción de pélets de forraje y pacas de alfalfa en 2 líneas de producción de abril a noviembre.

- b. Secado de cereal (principalmente maíz) en 2 líneas de producción de octubre a diciembre.
- c. Producción de piensos (principalmente peletizados) durante todo el año.

3. Desarrollo de una nueva línea de negocio como centro logístico agroindustrial

La cooperativa está interesada en la creación de un centro de logística de biomasa a partir de los residuos agrícolas de sus asociados, vendiendo los productos finales a consumidores locales (incluso a sus propios asociados que posean granjas de cerdos).

Además, consume actualmente 1.000 t/año de biomasa para una de las líneas de deshidratación de alfalfa. Le gustaría explorar la posibilidad de instalar un quemador de biomasa en la segunda línea de deshidratación de alfalfa, lo que llevaría a un por aumento de su consumo de biomasa. En la actualidad, la biomasa sólida consumida incluye una mezcla de orujillo de aceituna y hueso de aceituna, cáscara de almendra y granilla de uva, pero cada año la cooperativa compra lo que es más accesible (en precio).

4. Disponibilidad de recursos de biomasa

En la tarea 4.2 del proyecto SUCELLOG, se ha evaluado la competencia y el suministro de biomasa considerando un radio de 30 km alrededor de la localización de la cooperativa. Los resultados mostraron que está disponible una cantidad considerable de residuos agrícolas para la producción de biomasa sólida (sin competencia en el mercado), como se muestra en la Figura 2.

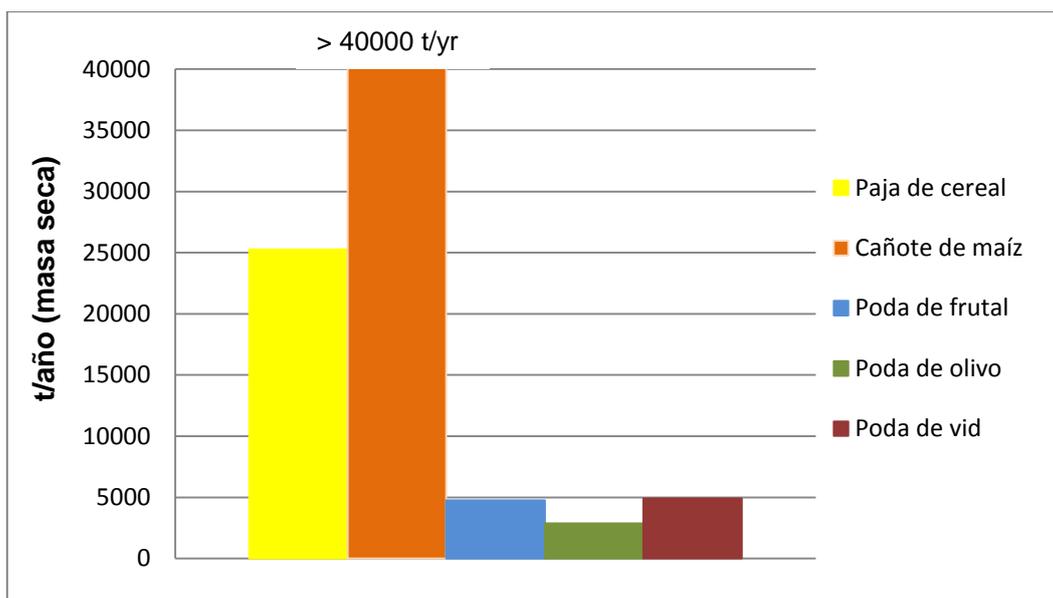


Figura 2: Cantidad y tipo de residuos disponibles en un radio de 30 km.

Los recursos disponibles se pueden dividir en dos grupos: herbáceos (paja de cereal y cañote de maíz) y leñosos (podas). Al comparar los dos grupos, deben tenerse en cuenta las siguientes observaciones:

- Como se puede observar, la cantidad de residuos herbáceos disponibles para el centro logístico es mucho mayor en comparación con los residuos leñosos, lo que significa que los riesgos de suministro serían considerablemente inferiores con residuos herbáceos.
- Sin embargo, debe considerarse que, desde el punto de vista de la calidad, los residuos leñosos son menos problemáticos para la quema que los herbáceos (menos contenido de cenizas, mayor temperatura de fusión de la ceniza y menos contenido de cloro, entre otros).
- Además, cabe destacar, que aún no existen cadenas logísticas de poda en la zona: no hay experiencias de recogida o empresas dedicadas a la logística de estos residuos, al contrario de lo que ocurre con los residuos herbáceos en los que se han desarrollado desde hace mucho tiempo para alimentar el ganado y para cubrir las demandas de las granjas de cerdos.

Como segundo paso, basándose en datos proporcionados por el gerente y los asociados, se ha hecho una evaluación de la cantidad de recursos disponibles procedentes sólo de los socios de la agroindustria. Se ha considerado un radio de 18 km lo que supondrá un menor riesgo en el suministro al centro logístico. Las cantidades disponibles, el contenido de humedad (porcentaje en peso en base húmeda, % m/m bh), meses de producción y el precio de compra, incluyendo el transporte de la cooperativa, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Datos de los residuos agrarios disponibles en un radio de 18 Km.

Tipo de residuo	Cantidad disponible	Contenido de humedad	Meses de cosecha	Precio de compra (transporte incluido)
	t/año	% m/m bh		€/t
Paja de cereal	11.000	15	Julio-Agosto	36 (empacado)
Cañote de maíz	8.000	25	Oct-Nov	33 (suelto)

El precio de las pacas de paja de cereal se ha mantenido constante desde hace muchos años: 36-40 €/t entregada al consumidor. Sin embargo, cada año va aumentando la cantidad de paja que se deja en el suelo ya que el principal mercado para la alimentación del ganado y cama está disminuyendo considerablemente. Para este estudio de viabilidad se ha considerado un precio de 36 €/t.

El mercado de cañote de maíz para alimentación del ganado no existe o es muy marginal. Esto significa que la mayor parte se queda en el suelo y, por lo tanto, a priori, podría estar disponible para el centro logístico. Sin embargo, la recolección del cañote no es tan fácil como en el caso de la paja: en primer lugar tiene que pasar una cortadora, en segundo lugar un hilerador y, finalmente, la empacadora, lo que puede llevar a una alta compactación del suelo debido a la cantidad de maquinaria

utilizada. Por lo tanto, a veces los agricultores no aceptarían cobrar en función de las condiciones meteorológicas. Por ello, la garantía del suministro es menos factible en comparación con la paja. A día de hoy la cosecha de maíz se hace cada vez más en octubre lo que podría ser una buena solución para poder cosechar el cañote con menos compactación del suelo, ya que estaría menos húmedo que en noviembre.

El cañote de maíz se pueden comprar tanto en pacas como suelto. Teniendo en cuenta que el precio del cañote suelto es más barato, esta última opción sería la más conveniente para distancias muy cortas. El precio del cañote de maíz suelto en la agroindustria es, como media, 33 €/t.

5. Mercado potencial de biomasa

En la tarea 4.3 del proyecto SUCELLOG se ha realizado una evaluación del mercado de la bioenergía en las inmediaciones de la cooperativa.

Se espera que los consumidores potenciales sean granjas de cerdos que son numerosos en la zona y que necesitan calor todo el año (especialmente las granjas de madres de cerdos). El consumo de biomasa puede alcanzar hasta 100 kg/año por animal. En un radio de 50 kilómetros de distancia hay un total de 162.000 animales de acuerdo con las estadísticas de 2013 del Gobierno Regional¹. Algunos de los socios de la cooperativa tienen granjas de cerdos propias, lo que significa que pueden ser tanto proveedores de la materia prima como consumidores de la biomasa sólida producida en su cooperativa.

Otros consumidores también podrían ser otras instalaciones de deshidratación, centros deportivos y una residencia de ancianos que consumen biomasa durante el invierno, algunos durante todo el año (con un segundo quemador de gas para el pico de consumo) u otros durante su proceso industrial (deshidratación de mayo a noviembre) . Actualmente, se están consumiendo principalmente pélets de madera, cáscara de almendra o astillas de madera.

El mercado de la biomasa en la zona tiene diferentes proveedores con una amplia gama de productos (residuos principalmente agroindustriales, cuyo precio fluctúa de manera importante de un año a otro). Las materias primas principales de la zona, su precio incluido el transporte (IVA excluido) y su contenido de cenizas (porcentaje en peso en base seca,% m/m bs; con un valor estimado puesto que los proveedores a veces no pueden proporcionar estos datos) son:

- Orujillo de aceituna: 110 €/t (contenido de ceniza 5-7 % m/m bs)
- Hueso de aceituna: 150 €/t (contenido de ceniza 1,4 % m/m bs)
- Cáscara de almendra: 70-130 €/t (contenido en cenizas <1% m/m bs)
- Granilla de uva: 70 €/t (contenido de ceniza 3,4 % m/m bs)

¹ Dirección General de Aragón. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. Directorio Ganadero 2008-2013.

- Astillas de madera: 73 €/t (contenido en cenizas <3 % m/m bs)
- Pélets de madera: 165 €/t (contenido en cenizas <3 % m/m bs)

6. Evaluación técnica de la instalación

La evaluación técnica se llevará a cabo de acuerdo a los componentes logísticos que se necesitan para la nueva línea de negocio. En ese sentido, se han evaluado las distintas líneas de producción llegando a las siguientes conclusiones:

- No será evaluado ninguno de los equipos técnicos utilizados para la fabricación de piensos peletizados dado que esta línea no tiene período de inactividad.
- Ninguna de las 2 líneas de secado de cereal propiedad de la cooperativa se puede utilizar debido a la incompatibilidad técnica del secadero para trabajar con materias primas herbáceas.
- Por tanto, sólo se tomarán en consideración los componentes logísticos utilizados para las 2 líneas de producción de forraje de alfalfa. A partir de ahora, para el estudio de viabilidad sólo serán consideradas estas líneas de producción. Éstas incluyen: la reducción de tamaño de partícula, secado, molienda, peletizado y almacenamiento. Aunque la campaña de alfalfa se extiende de abril a noviembre, se puede considerar que de julio a noviembre el 50 % de la instalación (en su conjunto una línea) podría estar disponible para la producción de combustibles de biomasa en el centro logístico.

La

Figura 3 muestra el diagrama de flujo de la instalación actual de producción de alfalfa. El equipo que se utilizará para la nueva línea de negocio como centro logístico de biomasa se destaca en este diagrama y se explica en detalle en las subsecciones posteriores.

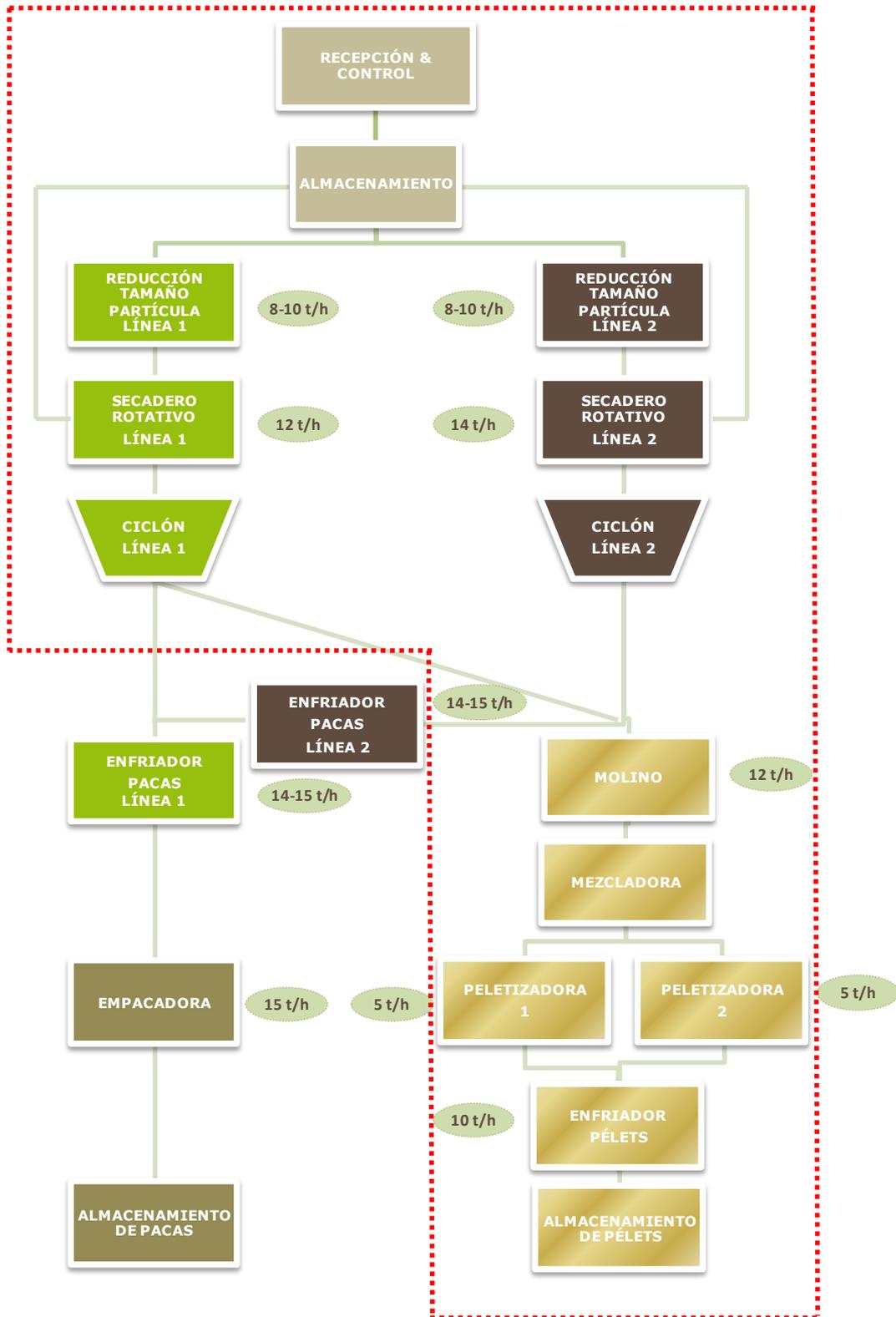


Figura 3: Diagrama de flujo de la línea de producción de alfalfa actual (equipamiento propuesto para el centro logístico de biomasa rodeado en rojo)

6.1. Reducción de partícula

La empresa actualmente cuenta con 2 máquinas rotativas para la reducción del tamaño de las partículas que se utilizan para procesar las fibras de alfalfa antes del proceso de secado.

6.2. Secado

La cooperativa tiene 2 secaderos para la deshidratación de alfalfa, uno opera con el calor producido por la combustión de cáscara de almendra, hueso de aceituna y granilla de uva ("APYSA", Línea 1) y el otro con la combustión de gas natural ("DUTCH DRYERS", Línea 2). Ambos pueden ser utilizados por el centro logístico para el secado de cañote de maíz. En este estudio se ha considerado que la paja de cereal no necesita ser secada, ya que se suele dejar secar de forma natural en los campos hasta alcanzar un 15 % de contenido de humedad (% m/m/m bh)

6.3. Molido y peletizado

La cooperativa posee 1 molino y 2 máquinas de peletización idénticas con el fin de peletizar la alfalfa. Las mismas máquinas se pueden utilizar para hacer los agropélets en el centro logístico. Las peletizadoras están equipadas con un sistema de molienda anterior y un sistema de enfriamiento posterior.

6.4. Almacenamiento

La cooperativa cuenta con un área abierta de 18.000 m² para el almacenamiento y es propietaria de 10 silos de 3.602 m³ para almacenar los granos de cereales y pélets de forraje. Durante los meses de julio a noviembre puede ser necesario almacenamiento adicional (los meses en que se procesa la alfalfa y los recursos de biomasa están disponibles) y si se trabaja bajo demanda en este período sería muy recomendable para el centro logístico.

6.5. Generación de calor

Para las 2 líneas de deshidratación de alfalfa se utilizan 2 quemadores. Uno que utiliza biomasa (cáscara de almendra, orujillo de aceituna y granilla de uva en forma de polvo), y otro que utiliza gas natural. El calor producido por el quemador de biomasa va al secadero de APYSA mientras que el calor producido por el quemador de gas va al DUTCH DRYERS.

Se considerarán varios escenarios teniendo en cuenta la compra de un nuevo quemador de biomasa para sustituir al quemador de gas. Se describen en el apartado 7.2.

6.6. Capacidad máxima para el centro logístico

La capacidad máxima de cada línea para la alfalfa es de 10 t/h. Es importante destacar que la línea no funciona con la misma capacidad con otro tipo de material diferente a la alfalfa debido a la estructura de la fibra y a la densidad.

De acuerdo con el responsable técnico de la línea de la alfalfa, la capacidad que se podría alcanzar sería la siguiente:

- 7 t/h para paja de cereal
- 7,5 t/h para cañote de maíz
- 5 t/h para la madera

A partir de ahora estos son los flujos que se considerarán para el centro logístico.

Además, es importante aclarar que para la producción de biomasa sólida sólo se utilizará una línea (ya sea la Línea 1 o la Línea 2), por lo que la otra podría estar disponible para otros fines. La conveniencia de utilizar una u otra será examinada en la sección siguiente.

7. Viabilidad de la nueva línea de negocio de agroindustria como centro logístico

La cooperativa está interesada en iniciar un nuevo negocio como centro logístico de biomasa para la producción de los siguientes productos de biomasa sólida:

- a. Paja y cañote de maíz para consumo propio
- b. Pélets de paja de cereal para la venta
- c. Pélets de cañote de maíz para la venta

Como primer paso, tiene previsto producir biomasa sólida suficiente para cubrir el 10 % de la demanda de calefacción de las granjas de cerdos en un radio de 50 km que, de acuerdo con los datos presentados en la sección 5, es equivalente a 1.626 t/año de producción. Por otra parte, quisiera obtener una ganancia de 12 € por tonelada lo que equivaldría a un beneficio anual de 19.512 €/año. En función de la satisfacción del consumidor, la cooperativa podría considerar la posibilidad de incrementar esta producción.

Adicionalmente, le gustaría explorar la posibilidad de consumir paja y cañote de maíz en sus propias instalaciones.

Se han desarrollado diferentes escenarios para valorar si el proyecto es económica y técnicamente viable y sostenible, en función de los resultados, se elegirá el más favorable.

7.1. Evaluación de la calidad de los nuevos productos

Como una primera aproximación para este estudio, es necesario aclarar los parámetros de calidad para la biomasa sólida que la empresa tiene como objetivo producir.

En la actualidad, existe una norma internacional ISO 17225, que normaliza todas las categorías de biomasa sólida.

ISO 17225 – 1: Requisitos Generales

ISO 17225 – 2: Clases de pélets de madera

ISO 17225 – 3: Clases de briquetas de madera

ISO 17225 – 4: Clases de astillas de madera

ISO 17225 – 5: Clases de leña de madera

ISO 17225 – 6: Clases de pélets de origen no leñoso.

ISO 17225 – 7: Clases de briquetas de origen no leñoso

Además, es necesario recordar que las calderas se realizan con el fin de utilizar un tipo específico de biocombustible sólido. Por ejemplo, las calderas de pélets de madera o estufas de pélets de madera se pueden construir para quemar solamente pélets de madera del tipo ISO 17225-2 Clase A1. Si se utilizase otro tipo de combustible, el fabricante podría retirar la garantía de la caldera.

Este estudio para el estudio de la calidad de la biomasa sólida se centrará en la ISO 17225 - 6 y también en la norma ISO 17225 - 4 y la ISO 17225 - 2 con el fin de comparar la calidad con otra biomasa sólida disponible actualmente en el mercado. Los requisitos de calidad se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Parámetros de calidad para estos 3 tipos de biocombustible.

ISO 17225	Wood Pellets ISO 17225-2 A1	Wood Pellets ISO 17225-2 A2	Wood Pellets ISO 17225-2 B	Wood Chips ISO 17225-4 A1	Wood Chips ISO 17225-4 A2	Wood Chips ISO 17225-4 B	AGROPELLETS ISO 17225-6 A	AGROPELLETS ISO 17225-6 B
Moisture (w-% ar)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10 ≤ 25	≤ 35	be mentionned	≤ 12	≤ 15
LHV (kWh/kg, ar)	≥ 4,6	≥ 4,6	≥ 4,6	be mentionned	be mentionned	be mentionned	≥ 4	≥ 4
Ash (w-% db)	≤ 0,7	≤ 1,2	≤ 2	≤ 1	≤ 1,5	≤ 3	≤ 6	≤ 10
N (w-% db)	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1	-	-	1,00	≤ 1,5	≤ 2
S (w-% db)	≤ 0,03	≤ 0,05	≤ 0,05	-	-	0,10	≤ 0,2	≤ 0,3
Cl (w-% db)	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,03	-	-	0,05	≤ 0,1	≤ 0,3
As (mg/kg)	≤ 1	≤ 1	≤ 1	-	-	1,0	≤ 1	≤ 1
Cd (mg/kg)	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	-	-	2,0	≤ 0,5	≤ 0,5
Cr (mg/kg)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	-	-	10,0	≤ 50	≤ 50
Cu (mg/kg)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	-	-	10,0	≤ 20	≤ 20
Pb (mg/kg)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	-	-	10,0	≤ 10	≤ 10
Hg (mg/kg)	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,1	-	-	0,1	≤ 0,1	≤ 0,1
Ni (mg/kg)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	-	-	10,0	≤ 10	≤ 10
Zn (mg/kg)	≤ 100	≤ 100	≤ 100	-	-	100,0	≤ 100	≤ 100
shrinkage starting temp. (°C)	be mentionned	be mentionned	be mentionned	-	-	-	be mentionned	be mentionned
deformation temp. (°C)	be mentionned	be mentionned	be mentionned	-	-	-	be mentionned	be mentionned
hemisphere temp. (°C)	be mentionned	be mentionned	be mentionned	-	-	-	be mentionned	be mentionned
flow temp. (°C)	be mentionned	be mentionned	be mentionned	-	-	-	be mentionned	be mentionned

Es esencial, por tanto, la comparación de los parámetros de calidad de la materia prima con respecto a la ISO 17225 - 6. De hecho, se deben identificar los posibles factores limitantes que impidan el uso de la materia prima para producir agrocombustibles sólidos estandarizados.

Es necesario precisar que esta comparación es sólo teórica debido a que los parámetros de calidad de la materia prima provienen de la bibliografía (Anexo B, ISO 17.225-1 o la base de datos de RAGT), ya que la materia prima exacta que la Cooperativa Agraria San Miguel pretende recoger no se ha analizado en esta etapa del proyecto.

En el caso de la paja y madera, es importante mencionar que algunos análisis de contenido de cenizas y de cloro se realizaron sobre muestras de la cooperativa. En el caso de la paja, los resultados mostraron importantes diferencias en comparación con el valor medio de la norma ISO 17225-1. Sin embargo, para este estudio se ha considerado el valor medio de la norma ISO 17225-1 correspondiente a la paja, ya que la muestra analizada no se consideró suficientemente representativa. En el caso de la madera, se han utilizado los valores de las muestras analizadas ya que son del proveedor más probable de madera.

Los valores de calidad considerados en este estudio para el cañote de maíz provienen de la base de datos de RAGT. Se analizó una muestra de hace 1 año que fue tomada por la cooperativa y los valores estaban dentro de los intervalos de RAGT. Por lo tanto, en este estudio se tomará un valor mínimo y máximo de cloro procedente de la base de datos de RAGT para ser analizado en los diferentes escenarios.

En la Tabla 3 se muestran los diferentes parámetros de calidad del cañote de maíz, paja de cereal y madera junto con las directrices del estándar para su comparación. Se evaluará la necesidad de las mezclas con la madera para mejorar la calidad.

Tabla 3: Calidad de las posibles materias primas y directrices del estándar ISO 17225 – 6.

SPAIN CASE - Cooperativa Agraria San Miguel	Mais stalks		Cereal Straw				Wood			AGROPELLETS ISO 17 225-6 A	AGROPELLETS ISO 17 225-6 B
	RAGT Bank of knowledge	Sample from last year	Sample from last year	Sample recently harvested DURUM Rainfed	Average value ISO 17225	Sample 1 wood	Sample 2 wood	AVERAGE value from wood sample 1 and 2			
									Mini.		
Moisture (en %)	9,96	24,18	9,35	9,71	5,71	-	6,88	7,29	7,09	≤ 12	≤ 15
LHV (kWh/kg_ar)	3,89	4,28	4,07	4,23	-	4,33	4,48	4,55	4,51	≥ 4	≥ 4
Ash (w-% db)	5,46	10,45	6,07	4,97	9,69	5,00	2,73	1,53	2,13	≤ 6	≤ 10
N (w-% db)	0,50	1,55	-	-	-	0,50	1,00	1,00	1,00	≤ 1,5	≤ 2
S (w-% db)	0,01	0,12	-	-	-	0,10	0,05	0,05	0,05	≤ 0,2	≤ 0,3
Cl (w-% db)	0,12	0,40	-	-	0,89	0,40	0,03	0,03	0,03	≤ 0,1	≤ 0,3
As (mg/kg)	1,23	1,23	-	-	-	0,10	-	-	-	≤ 1	≤ 1
Cd (mg/kg)	0,56	0,56	-	-	-	0,10	-	-	-	≤ 0,5	≤ 0,5
Cr (mg/kg)	26,42	26,42	-	-	-	10,00	-	-	-	≤ 50	≤ 50
Cu (mg/kg)	6,90	6,90	-	-	-	2,00	-	-	-	≤ 20	≤ 20
Pb (mg/kg)	3,18	3,18	-	-	-	0,50	-	-	-	≤ 10	≤ 10
Hg (mg/kg)	0,07	0,07	-	-	-	0,02	-	-	-	≤ 0,1	≤ 0,1
Ni (mg/kg)	11,16	11,16	-	-	-	1,00	-	-	-	≤ 10	≤ 10
Zn (mg/kg)	21,51	21,51	-	-	-	10,00	-	-	-	≤ 100	≤ 100
Ash Softening Temperature (°C)	1049	1049	-	-	-	-	-	-	-	be mentioned	be mentioned

De acuerdo con esta tabla, se puede afirmar que:

- Los agropéllets clase A y clase B según la ISO 17225-6 no se pueden producir con el 100 % de paja de cereal debido a que el contenido de cloro de esta materia prima es demasiado alto (0,4 % m/m bs).

Por otra parte, es importante destacar que la muestra analizada por la cooperativa (tomada inmediatamente después de la cosecha) tiene un contenido de cloro extremadamente alto (alrededor del 0,9 % m/m bs). Este alto contenido de cloro podría ser debido al uso de fertilizantes de KCl, lo cual es una práctica común en la zona.

En consecuencia, la única manera de producir un agropélet clase A según la ISO 17225 - 6 es utilizar una mezcla con 80 % de madera con 20 % de paja de cereal. Para lograr una calidad de clase A se requiere un límite máximo de un 20 % de paja de cereal. En este caso, se debe evaluar la viabilidad económica aunque, a priori, no sería el mejor escenario para la cooperativa ya que los costes de producción se supone que son altos debido a la alta cantidad de madera en la mezcla.

- En cuanto al cañote de maíz, el valor máximo de cloro es también un problema para producir agropélets Clase A según la ISO 17225-6. Además, el contenido de algunos metales pesados también es demasiado alto. Por tanto, es necesaria la mezcla con madera. Si se considera el valor mínimo de cloro, se necesita una proporción del 70 % de cañote de maíz y un 30 % de madera para llegar a la Clase A. Un porcentaje superior al 70 % significaría que no cumplen la calidad de Clase A.

Por el contrario, si se considerase el valor máximo de cloro, se requeriría una proporción máxima de cañote de maíz de un 20 % (y 80 % de madera) para llegar a la clase A, al igual que en el caso de la paja, podría ser inviable desde el punto de vista económico.

- En relación a la producción de agropélets Clase B según la ISO 17225 - 6, se requeriría el uso de una mezcla de 30 % de madera y un 70 % bien de paja de cereal o de cañote de maíz. Más de un 70 % de porcentaje de paja o de cañote llevaría a no satisfacer la calidad de Clase B.

En la evaluación económica se considerarán todos estos aspectos de calidad con el objeto de determinar los posibles escenarios a estudiar.

7.2. Evaluación económica

En una primera etapa, se realizará una evaluación de los costes de inversión para el nuevo negocio y otros costes relacionados. En una segunda etapa, se determinarán los costes de compra de los residuos agrícolas, del tratamiento previo, de personal y otros gastos. Dado que el precio de mercado de los pélets mixtos no se conoce en la región, se tendrán en cuenta diferentes escenarios.

7.2.1. Costes de inversión

Con el fin de iniciar la nueva línea de negocio, la única inversión necesaria sería la adaptación del quemador de biomasa en la Línea de producción 1 (secadero "APYSA") para quemar la paja y el cañote de maíz o la compra de un nuevo quemador de biomasa para sustituir el quemador de gas en la Línea de producción 2

(secadero “DUTCH DRYERS”). En definitiva, las opciones a tener en cuenta son las siguientes:

Línea 1

- Opción 1.1: Quemador de biomasa funcionando con cáscara de almendra, orujillo de aceituna y granilla de uva, como se hace hasta ahora.
- Opción 1.2: Quemador de biomasa actual adaptado para quemar también la paja cereal y cañote de maíz.

Tras las conversaciones con el fabricante del quemador de biomasa existente, se confirmó que la opción 1.2 no es técnicamente posible. Por lo tanto, en la línea 1 será considerada únicamente la opción 1.1. y no se llevará a cabo ningún cambio e inversiones en esta línea.

Línea 2

- Opción 2.1: El quemador de gas siga funcionando como hasta ahora lo hace. En este caso, la biomasa sólida producida en la cooperativa no se utilizará y será vendida en su totalidad. Se estudia esta opción debido a que el secadero tiene una eficiencia superior al de la línea 1, a pesar de que los costes de combustible son más altos que en el caso de la biomasa.
- Opción 2.2: Compra de un nuevo quemador de biomasa de 5 MW para la quema de paja de cereal y cañote de maíz. En este caso la cooperativa será capaz de consumir su propia biomasa sólida tanto para el centro logístico como para el proceso de secado de alfalfa.

Por lo tanto se tendrán en cuenta los 2 siguientes escenarios:

- **Escenario GB:**
 - Línea 2 - Opción 2.1: Quemador de gas funcionando con gas natural
- **Scenario BB:**
 - Línea 2 - Opción 2.2: Adquisición de un nuevo quemador de biomasa

En ambos escenarios la Línea 1 incluye la Opción 1.1: Quemador de biomasa funcionando con cáscara de almendra, orujillo de aceituna y granilla de uva.

Los costes de inversion para los 2 escenarios se ilustran en la Tabla 4.

Tabla 4: Costes de inversión (€) para el nuevo negocio.

Opciones de inversión	Costes de inversión €	Costes relacionados con el Capital €	Costes de mantenimiento €	Costes totales €
Escenario GB				
Estado actual	0	0	0	0
Escenario BB				
Adquisición de un nuevo quemador de biomasa	434.190 (*)	0	0	439.190 (*)

(*) Costes de depósito de almacenamiento de biomasa no incluido.

En el caso de la inversión en un quemador de biomasa (Escenario BB), el pago se realizaría en efectivo, no incurriendo en ningún coste relacionado con el capital o en costes de mantenimiento.

7.2.2. Costes de compra

La materia prima necesaria para la nueva actividad empresarial se comprará a los asociados de la cooperativa ubicados en las inmediaciones de la misma (máximo 18 km). Las astillas de madera para la producción de pélets mixtos se comprarán a una empresa que trabaja en la zona (de la que el propietario es socio de la cooperativa también) a 73 €/t (contenido de humedad de un 17 % m/m bh, contenido de cenizas de un 3 % m/m bs y distribución de tamaño de partícula G30).

En base a la evaluación de la calidad en la Sección 7.1, se considerarán un total de 5 escenarios en relación al tipo y la calidad de los agropélets producidos:

- Escenario SWP-A: Producción de pélet mezcla Clase A con paja (20 %) y madera (80 %)
- Escenario MWP-A mín: Producción de pélet mezcla Clase A con cañote de maíz (70 %) y madera (30 %)
- Escenario MWP-A máx: Producción de pélet mezcla Clase A con cañote de maíz (20 %) y madera (80 %)
- Escenario SWP-B: Producción de pélet mezcla Clase B con paja (70 %) y madera (30 %)
- Escenario MWP-B: Producción de pélet mezcla Clase B con cañote de maíz (70 %) y madera (30 %)

Es importante mencionar que la mezcla propuesta de madera y de cañote de maíz para los agropélets Clase A (que contienen el valor mínimo testado de cloro, véase la sección 7.1) se corresponde con el de la clase B. Así el Escenario MWP-A mín es el mismo que el Escenario MWP-B. A partir de ahora, en el documento, los escenarios MWP-B y MWP-A máx se referirán como MWP-A.

Para producir 1.626 t/año de pélets mezcla se necesitan diferentes proporciones de paja/madera y cañote de maíz/madera para conseguir productos de calidad de la Clase A y B. La paja de cereal, el cañote de maíz y la madera se compran con un

contenido de humedad (% m/m bh) de un 15 %, un 25 % y un 17 %, respectivamente, pero para el pélet final producido, en todos los casos, se necesita que el contenido de humedad disminuya al 10 %. Por lo tanto, la cantidad a comprar de paja, cañote y madera debería ser mayor, de modo que la cantidad final corresponda a 1.626 t/año (al 10 % m/m bh de contenido de humedad). En la Tabla 5 se muestra la cantidad de materia prima a comprar y su porcentaje para la producción de 1.626 t/año en los 4 escenarios.

Tabla 5: Coste de compra de las materias primas

Tipo de residuo	Mezcla	Cantidad para el producto final	Cantidad de material prima	Precio unitario	Precio total
	%	t	t	€/t	€
Escenario SWP-A					
Paja de cereal (15 %)	20	325	344	36	12.392
Madera (17 %)	80	1.300	1.410	73	102.935
Total		1.626	1.754		115.327
Escenario MWP-A					
Cañote de maíz (25 %)	20	325	390	33	12.874
Madera (17 %)	80	1.300	1.410	73	102.935
Total		1.626	1.800		115.809
Escenario SWP-B					
Paja de cereal (15 %)	70	1.138	1.205	36	43.372
Madera (17 %)	30	488	529	73	38.601
Total		1.626	1.734		81.973
Escenario MWP-B					
Cañote de maíz (25 %)	70	1.138	1.365	33	45.059
Madera (17 %)	30	488	529	73	38.601
Total		1.626	1.894		83.660

Los precios de la materia prima incluyen el transporte a la cooperativa (IVA excluido).

7.2.3. Costes de pretratamiento

Después de la compra de los residuos, tienen que ser pretratados antes de ser vendidos como biomasa sólida. El pretratamiento incluyen: reducción de tamaño de partícula, secado, molienda y peletización. Los costes de almacenamiento no serán considerados en este estudio. **Todos los costes se expresan por tonelada de producto a un 10 % de humedad.**

- La paja de cereal comprada a un 15 % de contenido de humedad no necesita ser secada.
- El cañote de maíz disponible a un 25 % de humedad necesita ser secado hasta un 13 % de humedad.
- La madera comprada a un 17 % de humedad debe secarse hasta llegar a un 13 % de humedad.

Durante el proceso de reducción de tamaño de partícula, la paja de cereal pierde un 2 % de contenido de humedad. Durante los procesos de molienda y peletización, el contenido de humedad de la paja, del cañote de maíz y de la madera disminuirá hasta alcanzar el 10 % de humedad.

Para el secado de la materia prima, se tendrán en cuenta 2 escenarios:

- **Escenario L1:** uso de la Línea 1 (quemador de biomasa pulverizada) para secar la madera y el cañote de maíz.
- **Escenario L2:** uso de la línea 2 (quemador de gas) para secar la madera y el cañote de maíz.

Teniendo en cuenta los escenarios de inversión relacionados con los quemadores para la producción de calor (ver sección 7.2.1), los escenarios para los agropélets Clase A/B relacionados con el tipo de materia prima (mostrado en la sección 7.2.2) y los escenarios de secado relacionados con el tipo de biomasa utilizada para la producción de calor (explicado más arriba), los costes de pretratamiento se calcularán de acuerdo con los siguientes escenarios combinados:

- **SWP-A, L1 and SWP-B, L1:** Producción de pélets mezcla de paja y madera usando la Línea 1 (quemador de biomasa pulverizada) para el pretratamiento. Esto significa que se comprará cáscara de almendra, hueso de aceituna y granilla de uva para la producción de calor.
- **SWP-A, L2, GB and SWP-B, L2, GB:** Producción de pélets mezcla de paja y madera usando la Línea 2 (quemador de gas) para el pretratamiento. Esto significa que se comprará gas natural para la producción de calor.
- **SWP-A, L2, BB and SWP-B, L2, BB:** Producción de pélets mezcla de paja y madera usando la Línea 2 (nuevo quemador de biomasa) para el pretratamiento. Esto significa que se usará paja y cañote de maíz para la producción de calor.
- **MWP-A, L1 and MWP-B, L1:** Producción de pélets mezcla de cañote de maíz y madera usando la Línea 1 (quemador de biomasa pulverizada) para el pretratamiento. Esto significa que se comprará cáscara de almendra, hueso de aceituna y granilla de uva para la producción de calor.
- **MWP-A, L2, GB and MWP-B, L2, GB:** Producción de pélets mezcla de cañote de maíz y madera usando la Línea 2 (quemador de gas) para el pretratamiento. Esto significa que se comprará gas natural para la producción de calor.
- **MWP-A, L2, BB and MWP-B, L2, BB:** Producción de pélets mezcla de cañote de maíz y madera usando la Línea 2 (nuevo quemador de biomasa) para el pretratamiento. Esto significa que se usará paja y cañote de maíz para la producción de calor.

Los costes de pretratamiento se han calculado haciendo una extrapolación de los costes incurridos cuando la instalación está trabajando con alfalfa y cuando la

instalación ha trabajado con madera (la instalación ha sido contratada por una empresa de producción de biomasa para hacer pélets de madera en varias ocasiones). Para la estimación, se han tenido en consideración las diferentes capacidades de las líneas funcionando con los diferentes materiales (mencionados en la sección 6.6).

Los costes de mantenimiento incluyen tanto los gastos de personal como los costes de los dispositivos que necesitan ser reemplazados (por ejemplo cuchillas en el sistema de molido).

7.2.4. Personal y otros costes

Los costes de personal han sido incluidos en los costes de pretratamiento. Por tanto, no se consideran costes adicionales en esta sección.

7.2.5. Costes de producción

Se ha identificado el coste de producción de una tonelada de agropélets producidos considerando los costes de compra y los costes de pretratamiento, incluyendo los costes de personal estos últimos. Todos los costes se expresan por tonelada de producto a un 10 % de humedad. El coste de producción de los agropélets en los diferentes escenarios se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Costes de producción de los agropélets en los diferentes escenarios.

Tipo de escenario	Cantidad producida	Costes totales		Costes de producción
		Costes de compra	Costes de pretratamiento	
	t	€/t	€/t	€/t
SWP-A, L1	1.626	71	64	135,4
SWP-B, L1	1.626	50	44	94,5
SWP-A, L2, GB	1.626	71	66	136,8
SWP-B, L2, GB	1.626	50	45	95,1
SWP-A, L2, BB	1.626	71	57	128,3
SWP-B, L2, BB	1.626	50	41	91,9
MWP-A, L1	1.626	71	68	139,4
MWP-B, L1	1.626	51	57	108,5
MWP-A, L2, GB	1.626	71	70	141,1
MWP-B, L2, GB	1.626	51	58	109,9
MWP-A, L2, BB	1.626	71	60	131,0
MWP-B, L2, BB	1.626	51	50	101,2

La Figura 4 ilustra la diferente proporción de los costes de compra y de pretratamiento en los posibles productos generados en la Línea de producción 1. Como se esperaba, los costes de producción de los productos derivados del cañote

de maíz son, con el mismo porcentaje de mezcla, un poco más altos, en comparación con los productos derivados de la paja, debido a la necesidad de secar el cañote antes de la peletización. Además, hay que decir que la producción de pélets de clase A, que implica alto porcentaje de madera con respecto a los productos de la Clase B, aumenta el precio de producción entre 30 y 42 €/t. La tendencia es la misma para los diferentes escenarios utilizando la Línea 2 GB o la Línea 2 BB.

En la Figura 5, se muestra la comparación de los costes del mismo producto con diferentes líneas (L1, L2 GB y L2 BB), siendo más o menos los mismos costes usando L1 o L2-GB y más interesante si se considera el escenario L2- BB (que, como desventaja, requiere la inversión en un nuevo quemador). Aunque la figura muestra sólo los resultados para el producto SWP-A, la misma tendencia se repite para el resto (SWP-B, MWP-A y MWP-B).

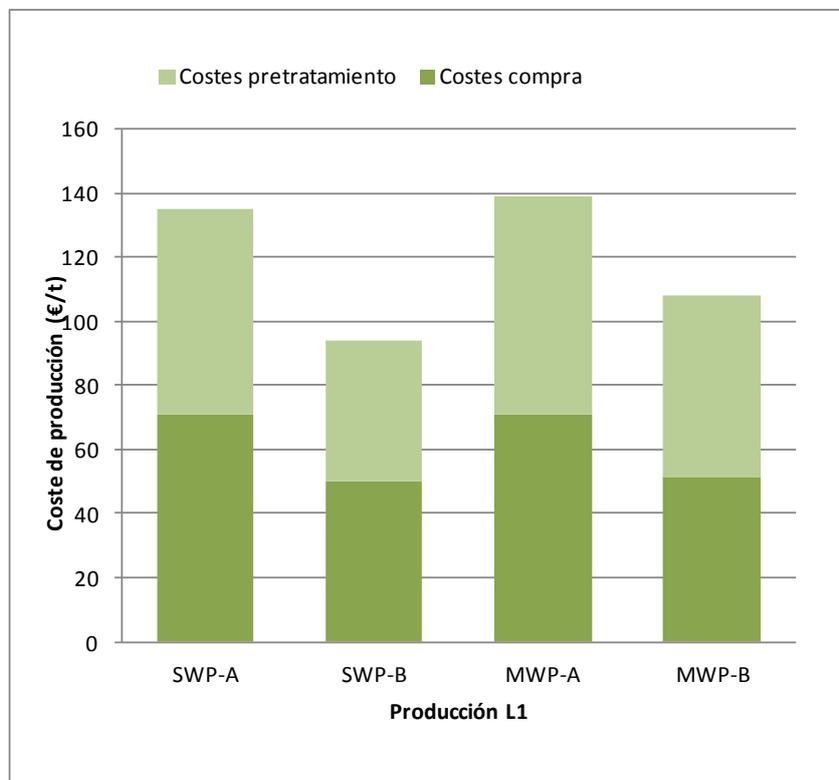


Figura 4: Costes de producción para los diferentes productos generados con la Línea 1 de producción.

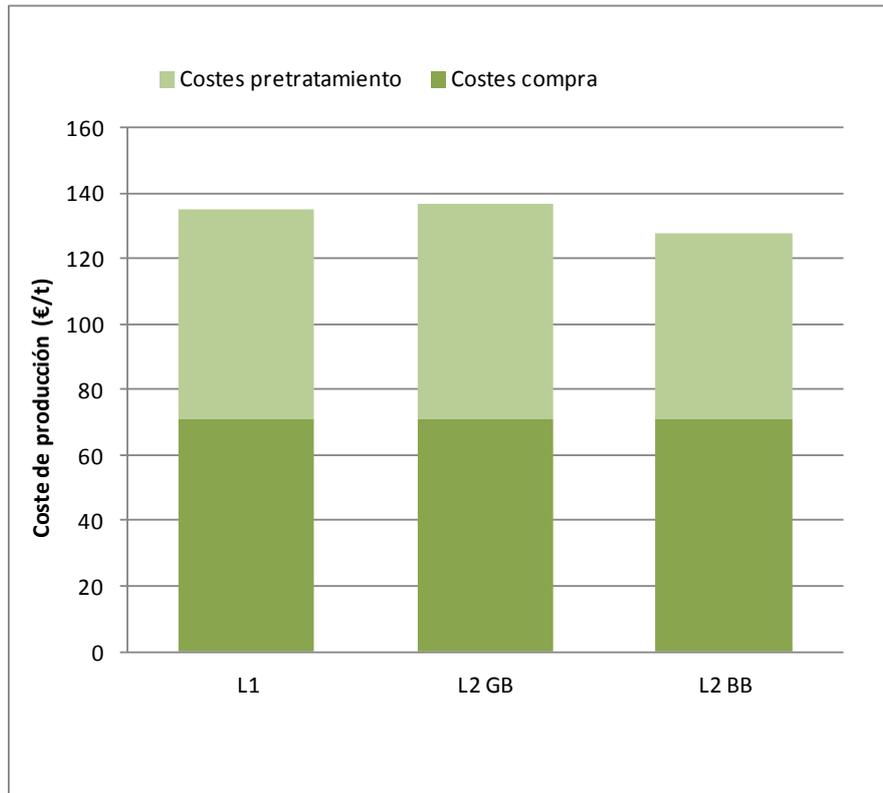


Figura 5: Costes de producción para SWP-A en las diferentes líneas.

7.2.6. Precio de mercado, ingresos y beneficios

La cooperativa estimó un beneficio mínimo de 12 €/t de agropélets para mitigar posibles riesgos al iniciar esta nueva línea de negocio. Es importante mencionar que el precio de venta que defina los ingresos debe incluir también los costes de transporte a los consumidores (máximo 10 €/t para un radio de 60 km de distancia) ya que el resto de productos del mercado lo incluyen.

Como se mencionó anteriormente, en la región no existe un precio de mercado definido para los agropélets. En la Tabla 7 se muestra el precio mínimo de venta para cubrir el coste de producción y obtener un beneficio mínimo de 12 €/t en cada escenario. Como se puede observar, el precio mínimo de venta de todos los agropélets Clase A es superior a 140 €/t que, como se menciona en la sección 7.3, se trata de un precio alto en relación con la calidad en comparación con los competidores del mercado. Por otro lado, el precio de los agropélets de clase B se encuentra dentro del rango de 120-140 €/t lo que puede ser más adecuado para el centro logístico.

Tabla 7: Precio mínimo de venta de los agropélets para un beneficio de 12 €/t en los diferentes escenarios.

Tipo de Escenario	Cantidad producida	Costes de producción	Costes de transporte	Beneficio mínimo	Precio mínimo de venta	Ingreso total mínimo
	t	€/t	€/t	€/t	€/t	€
SWP-A, L1	1.626	135,4	10	12	157	255.914
SWP-B, L1	1.626	94,5	10	12	117	189.440
SWP-A, L2, GB	1.626	136,8	10	12	159	258.171
SWP-B, L2, GB	1.626	95,1	10	12	117	190.286
SWP-A, L2, BB	1.626	128,3	10	12	150	244.285
SWP-B, L2, BB	1.626	91,9	10	12	114	185.,079
MWP-A, L1	1.626	139,4	10	12	161	262.403
MWP-B, L1	1.626	108,5	10	12	131	212.151
MWP-A, L2, GB	1.626	141,1	10	12	163	265.076
MWP-B, L2, GB	1.626	109,9	10	12	132	214.454
MWP-A, L2, BB	1.626	131,0	10	12	153	248.629
MWP-B, L2, BB	1.626	101,2	10	12	123	200.283

7.2.7. Beneficio total

Como se dijo en la sección anterior, un producto de Clase A será difícil de introducir en el mercado debido a su alto precio en relación con la calidad. En esta sección se analizarán sólo los escenarios en materia de calidad para la Clase B.

El beneficio total y los ingresos por año, teniendo en cuenta que el producto se vende al precio mínimo de venta en los escenarios sin inversiones que producen agropélets de la Clase B (SWP-B, L1; SWP-B, L2, GB; MWP-B, L1; MWP-B, L2, GB), corresponden al beneficio fijo de 12 €/t. Los resultados concretos se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8: Beneficios e ingresos totales para un beneficio mínimo de 12 €/t en los escenarios SWP-B, L1; SWP-B, L2, GB; MWP-B, L1; MWP-B, L2, GB.

		SWP-B, L1	SWP-B, L2, GB	MWP-B, L1	MWP-B, L2, GB
Gastos (€)	Costes de inversión	0	0	0	0
	Costes de compra	81.973	81.973	83.660	83.660
	Costes de pretratamiento	71.706	72.553	92.730	95.034
	Costes de transporte de las ventas	16.255	16.255	16.255	16.255
Ingresos (€)	Ingresos de las ventas	189.440	190.286	212.151	214.454
	Otros ingresos	0	0	0	0
Beneficio (€)		19.506	19.506	19.506	19.506

En cuanto a los escenarios de incurrir en la inversión en un nuevo quemador de biomasa y la producción de agropélets de Clase B (SWP-B, L2, BB y MWP-B, L2, BB), se han incluido los ahorros resultantes del uso de paja y cañote de maíz para el secado de la alfalfa en lugar de gas natural. Suponiendo que el producto se vende al precio mínimo que cubra los costes y para obtener una ganancia fija de 12 €/t, la recuperación de la inversión se alcanzará en el sexto año, tal y como se ilustra en la Tabla 9 y la Tabla 10. Los resultados muestran un VAN (valor actual neto) de 117.824 € (considerando una tasa de descuento del 7 %) y una TIR (tasa interna de retorno) del 13 %. Si el precio del producto en el mercado es superior al precio mínimo de venta, la amortización de la inversión será más corta, pero los riesgos de venta del producto se verán incrementados.

Tabla 9: Payback de la inversión en el escenario SWP-B, L2, BB.

		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Gastos (€)	Costes de inversion	434.190	0	0	0	0	0
	Costes de compra	81.973	81.973	81.973	81.973	81.973	81.973
	Costes de pretratamiento	67.345	67.345	67.345	67.345	67.345	67.345
	Costes de transporte de las ventas	16.255	16.255	16.255	16.255	16.255	16.255
Ingresos (€)	Ingresos de las ventas	185.079	185.079	185.079	185.079	185.079	185.079
	Ahorros	59.088	59.088	59.088	59.088	59.088	59.088
Beneficio (€)		-355.596	78.594	78.594	78.594	78.594	78.594
Beneficio acumulado (€)		-355.596	-277.001	-198.407	-119.813	-41.218	37.376
Payback							AÑO 6

Tabla 10: Payback de la inversión en el escenario MWP-B, L2, BB.

		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Gastos (€)	Costes de inversion	434.190	0	0	0	0	0
	Costes de compra	83.660	83.660	83.660	83.660	83.660	83.660
	Costes de pretratamiento	80.862	80.862	80.862	80.862	80.862	80.862
	Costes de transporte de las ventas	16.255	16.255	16.255	16.255	16.255	16.255
Ingresos (€)	Ingresos de las ventas	200.283	200.283	200.283	200.283	200.283	200.283
	Ahorros	59.088	59.088	59.088	59.088	59.088	59.088
Beneficio (€)			78.594	78.594	78.594	78.594	78.594
Beneficio acumulado (€)			-277.001	-198.407	-119.813	-41.218	37.376
Payback							

7.3. Evaluación de riesgos

El principal riesgo para la nueva línea de negocio como centro logístico de biomasa sería la generación de productos que no satisfagan a los consumidores desde el punto de vista de la calidad. En el caso de los escenarios en los que se hace una

inversión, obviamente el riesgo es superior y está vinculado a la necesidad de vender el producto para poder amortizar la misma.

Aunque en la sección 7.1 se ha realizado una evaluación teórica de la calidad, en esta sección se propone un análisis adicional de las diferencias de calidad con productos competidores. Se han evaluado todos los productos posibles para el escenario de L1, ya que es la seleccionada por la cooperativa como la más interesante.

Puesto que el precio del producto depende de su calidad, es necesario, por tanto, no sólo la comparación en términos de €/t, sino también en términos de precio por energía y en necesidades de almacenamiento.

En la Tabla 11 y la Tabla 12 se muestran sus precios con respecto a sus características de calidad, así como su contenido de ceniza.

Tabla 11: Principales características y precios de los productos competidores

	Características de calidad			Precios		
	PCI (kWh/kg bh)	Densidad Granel (kg/m ³)	Contenido cenizas (% m/m bs)	€/t	€/kWh	€/m ³
Astillas de Madera forestal	3,9	250	≤ 3	73	0,022	18
Pélets de Madera forestal	4,7	650	≤ 2	165	0,035	107
Orujillo de aceituna	4,8	500	5-7	110	0,023	55
Hueso de aceituna	4,84	500	1-4	150	0,031	75
Cáscara de almendra	4,78	500	< 1	70-130	0,015-0,027	35-65
Granilla de uva	3,60	500	3-4	70	0,019	35

Tabla 12: Características de calidad y precio de los productos

	Características de calidad			Precios		
	PCI (kWh/kg bh)	Densidad Granel (kg/m ³)	Contenido cenizas (% m/m bs)	€/t	€/kWh	€/m ³
Pélet mezcla Clase A de paja de cereal (20 %) y madera (80 %)	4,48	650	2,70	157	0,035	102
Pélet mezcla Clase B de paja de cereal (70 %) y madera (30 %)	4,39	650	4,14	117	0,027	76
Pélet mezcla Clase A de cañote de maíz (20 %) y madera (80 %)	4,47	650	3,79	161	0,036	105
Pélet mezcla Clase B de cañote de maíz (70 %) y madera (30 %)	4,02	650	4,79	131	0,033	85

En base a la comparación de los precios, las conclusiones sobre los posibles riesgos a los que la agroindustria puede hacer frente a la hora de vender los posibles productos de biomasa son los siguientes:

- El Agropélet final Clase B mezcla 70 % de paja de cereal y 30 % de madera tiene el precio más conveniente por kWh (0,027 €), que pueden competir con los pélets de madera forestal y el hueso de aceituna. En comparación con las astillas de madera forestal, el precio es ligeramente superior, pero los agropélets tienen la ventaja de requerir menos espacio de almacenamiento (véase la Tabla 13). Sólo el orujillo de aceituna tiene mejor precio por kWh (siendo 17 % más barato).
- Los agropélets mezclados con cañote de maíz son difíciles de utilizar debido a que el precio por kWh es más alto en comparación con los agropélets mezclados con paja de cereal. Sólo pueden ser competitivos con los agropélets de paja en el caso de que se dé un menor precio de la materia prima o menos requisitos de secado.

Tabla 13: Requisitos de almacenamiento para el mismo consumo de energía.

	Características biocombustibles		Cantidad necesaria para caldera 50 kW (90.000 kWh/año)			
	PCI (kWh/kg bh)	Densidad Granel (kg/m ³)	t	m ³	Factor de carga (%)	m ³ finales necesarios
Astillas de Madera forestal	3,90	250	23	92	60	154
Pélets de Madera forestal	4,70	650	19	29	85	35
Orujillo de aceituna	4,80	500	19	38	70	54
Hueso de aceituna	4,84	500	19	37	70	53
Pélet mezcla Clase A de paja de cereal (20 %) y madera (80 %)	4,48	650	20	31	85	36
Pélet mezcla Clase B de paja de cereal (70 %) y madera (30 %)	4,39	650	21	32	85	37
Pélet mezcla Clase A de cañote de maíz (20 %) y madera (80 %)	4,47	650	20	31	85	36
Pélet mezcla Clase B de cañote de maíz (70 %) y madera (30 %)	4,02	650	22	34	85	41

La siguiente figura muestra los diferentes precios mínimos de venta en función del porcentaje de paja para las diferentes líneas. Se ilustran también los límites de porcentaje de paja para los pélets de calidad A y B junto con los límites de precio, definiendo una zona de confort en la que la producción tiene sentido. Como se puede observar, la situación actual es arriesgada por lo que, si es posible, se deben reducir los costes de compra o los de pretratamiento. En caso contrario, cualquier mínima bajada en los precios de los productos competidores pueden hacer que nuestro pélet no sea interesante en el mercado.

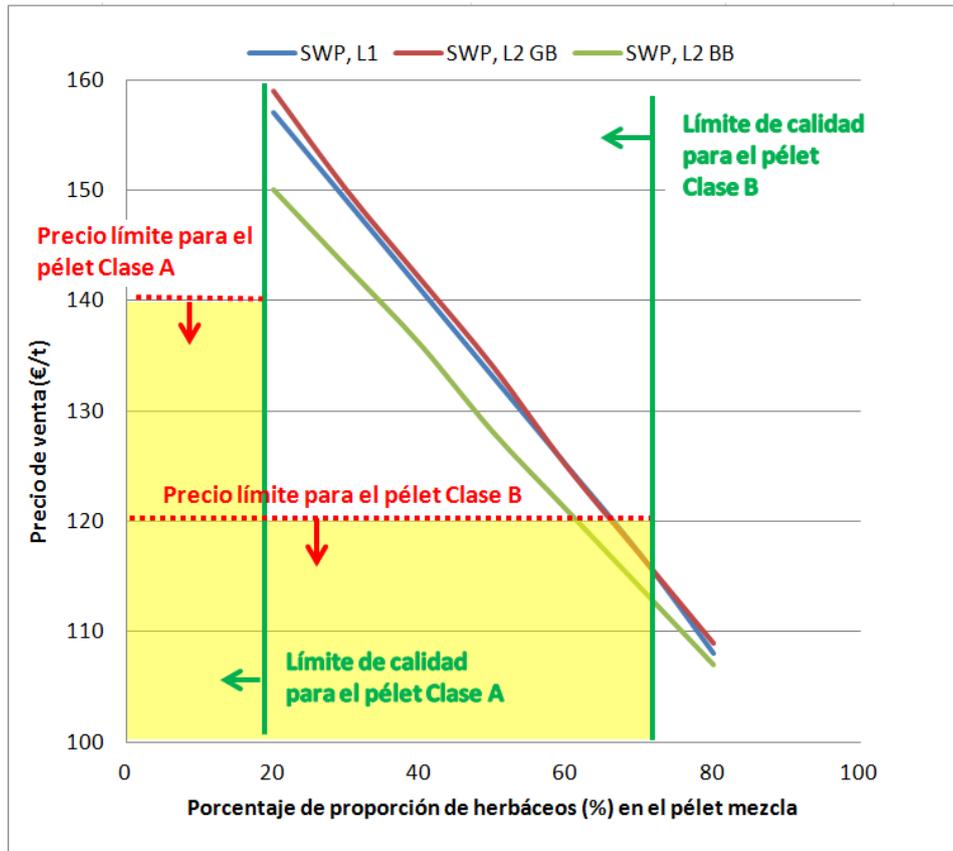


Figura 6: Límites en calidad y precio para los pélets de Clase A y Clase B y zona de confort.

Finalmente, es esencial destacar dos aspectos importantes a tener en cuenta:

- Como se ha señalado en la sección 7.1, los valores de calidad considerados para el estudio provienen de la bibliografía y la experiencia previa. Esto significa que es esencial un importante proceso de muestreo y la determinación de los valores de calidad de una cantidad representativa de material que se utilizará para el centro logístico. Esto evitará problemas inesperados y la insatisfacción de los clientes.
- Por ello, también es importante hacer algunas pruebas previas en varias calderas de clientes objetivo con el fin de comprobar la viabilidad técnica del producto. Estos resultados pueden hacer que cambie el porcentaje de herbáceos y madera, contribuyendo, por tanto, a la determinación de la fórmula final, lo que podría producir cambios en los cálculos previos de costes.

7.4. Evaluación social

La evaluación de impacto social incluye el proceso de análisis, seguimiento y gestión de las consecuencias sociales previstas e imprevistas, tanto positivas como negativas de las intervenciones planificadas (políticas, programas, planes, proyectos) y los procesos de cambio social ocasionados por esas intervenciones. Su

objetivo principal es lograr un entorno² biofísico y humano más sostenible y equitativo. Los impactos sociales son monitoreados por lo general a través de un conjunto de indicadores. En este estudio, los principales impactos sociales y los indicadores que se evaluarán se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14: Impactos e indicadores evaluados en el estudio.

Impactos sociales	Indicadores
a. Contribución a la economía local	Empleo
b. Condiciones de trabajo	Beneficios del empleo
c. Derecho de los trabajadores	Seguridad y salud en el trabajo, Género, Discriminación
d. Derechos sobre la tierra	Derechos sobre la tierra y conflictos
e. Seguridad alimentaria	Tierra cubierta por cultivos básicos

a. Contribución a la economía local: La implementación de un centro logístico utilizando residuos agrícolas para la producción de biomasa sólida tiene un efecto positivo en la economía desde el punto de vista social, ya que creará una nueva oportunidad de empleo o más horas de trabajo para los trabajadores a tiempo parcial. Además, la compra de un residuo no utilizado actualmente a los agricultores locales les dará un ingreso adicional ocasionando un impacto social positivo. Se estimó que se requieren alrededor de 320 horas para la nueva línea de negocio. Por el momento, no se contratará a ningún empleado, pero los trabajadores a tiempo parcial tendrán más horas de trabajo.

b. Condiciones de trabajo: Una de las principales áreas cubiertas por la legislación laboral de la UE son las condiciones de trabajo. Esto incluye disposiciones sobre el tiempo de trabajo, trabajo a tiempo parcial y trabajo de duración determinada, trabajadores temporales y el desplazamiento de trabajadores. Todas estas áreas son clave para garantizar un alto nivel de empleo y protección social en toda la UE.

En la Cooperativa Agraria San Miguel, se aplican las condiciones de trabajo de la UE. Los trabajadores a tiempo parcial tienen las mismas condiciones de trabajo y prestaciones laborales que los trabajadores a tiempo completo.

c. Derechos de los trabajadores: En la UE los trabajadores tienen ciertos derechos mínimos relacionados con:

- Seguridad y salud en el trabajo: derechos y obligaciones generales, centros de trabajo, equipos de trabajo, riesgos específicos y trabajadores vulnerables.
- Igualdad de oportunidades entre mujeres y hombres: igualdad de trato en el trabajo, embarazo, permiso de maternidad, permiso parental.
- Protección contra la discriminación por motivos de sexo, raza, religión, edad, discapacidad y orientación sexual.

² <http://www.iaia.org/publicdocuments/sections/sia/IAIA-SIA-International-Principles.pdf>

En la Cooperativa Agraria San Miguel, se respetan los derechos laborales. Cuando se trabaja tanto con la materia prima como con la biomasa producida, los trabajadores deben usar máscaras debido a que riesgo de inhalación de partículas de polvo que pueden causar problemas de salud graves es alto.

d. Derechos sobre la tierra: El tema de los derechos sobre la tierra es muy relevante a la luz de la creciente práctica de los países con escasez de tierras de arrendamiento de tierras en países en desarrollo. Esta tierra arrendada podría ser utilizada principalmente para la producción de recursos alimentarios estratégicos. No obstante, y con independencia de si se cultivan alimentos o recursos para combustibles, el tema de las transacciones de tierras o "acaparamiento de tierras" es un ejemplo de los efectos del aumento de la demanda de tierras, a los que contribuye el desarrollo de la bioenergía. La práctica de las transacciones de tierras plantea serias preocupaciones sobre el respeto de los derechos consuetudinarios sobre la tierra de los pequeños agricultores.

El concepto del proyecto SUCELLOG no mejorará el arrendamiento de nuevas tierras para la producción de bioenergía, ya que utilizará los residuos de los productos agrícolas que hacen este impacto irrelevante.

e. Seguridad alimentaria: La producción de bioenergía podría competir con la agricultura en el uso de la tierra que conduce a la posible puesta en peligro de la seguridad alimentaria.

El concepto del proyecto SUCELLOG no afectará la seguridad alimentaria, ya que está utilizando residuos de cultivos agrícolas que no crean ninguna competencia con la alimentación sino que, por el contrario, contribuye a las sinergias con el sector agrario. La única amenaza que podría producirse es la competencia con la alimentación animal ya que, por ejemplo, la paja se puede utilizar para este fin, pero durante el estudio de adquisición de biomasa sólo se han tomado en consideración los residuos que no tienen competencia con otros usos.

7.5. Evaluación medioambiental

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es el proceso de identificar, predecir, evaluar y mitigar los efectos biofísicos, sociales, y otros efectos pertinentes (positivos o negativos) de las propuestas de desarrollo previas a que se tomen las decisiones importantes y que se adquieran compromisos. En la evaluación ambiental, se estudian normalmente los impactos, principalmente en la biodiversidad, el suelo, el agua y el aire.

En este estudio, puesto que se trata de residuos agrícolas, la biodiversidad y el agua no se consideran afectados ni positiva ni negativamente. Por lo tanto, se discutirán sólo los impactos sobre el suelo y el aire.

a. Suelo: La adición de residuos de los cultivos a los suelos es relevante, ya que son una importante fuente de carbono orgánico (C) y nutrientes. El C orgánico tiene un impacto positivo en la fertilidad del suelo, su estructura, infiltración de agua, capacidad de retención de agua, y la densidad aparente, y sustenta la actividad microbiana. Retirar todos los residuos del campo, como la paja, tendrá, por tanto, un impacto negativo en el suelo. Con el fin de tener un proceso sostenible para la producción de biomasa sólida sin ningún impacto negativo en el suelo, durante la cosecha debe considerarse mantener un porcentaje de los residuos en el campo (entre 20-30 %). Es importante destacar que todos estos aspectos han sido ya tomadas en consideración al establecer la cantidad de materia prima disponible en el estudio de evaluación de la biomasa (sección 4),

b. Aire: Cuando se trata de la contaminación del aire deben tenerse en cuenta dos aspectos. Si los residuos son quemados en el campo, van a emitir una gran cantidad de contaminantes (CO, CH₄, CO₂, SO₂, compuestos orgánicos volátiles distintos del metano y amoníaco). Por lo tanto el uso de los residuos para la producción de biomasa sólida es una buena alternativa con impacto positivo.

El Informe de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo relativo a los requisitos de sostenibilidad para el uso de fuentes de biomasa sólida y gaseosa en los sectores de la electricidad, la calefacción y la refrigeración (COM (2010) 11), recomienda que los Estados miembros que tengan o que introduzcan sistemas nacionales de sostenibilidad en relación con la biomasa sólida y gaseosa utilizada en los sectores de la electricidad, la calefacción y la refrigeración, velen por que, a todos los efectos, dichos sistemas sean iguales a los establecidos en la Directiva sobre Energías Renovables. La Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril 2009 estableció los criterios de sostenibilidad para los biocarburantes y biolíquidos.

Según la Directiva de Energías Renovables, los residuos para la producción de biomasa sólida deben cumplir el criterio de que la reducción mínima de las emisiones de gases de efecto invernadero será del 35 %, que pasará al 50 % el 1 de enero de 2017 y al 60 % el 1 de enero de 2018 para los biocarburantes producidos en instalaciones cuya producción haya comenzado a partir del 1 de enero de 2017.

Con el fin de comprobar si estos valores se cumplen en el caso de la producción de pélets mixtos (paja y madera), se ha utilizado la herramienta BIOGRACE (desarrollada por el proyecto BIOGRACE II financiado por el programa Energía Inteligente para Europa). La hoja de Excel permite el cálculo del ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero introduciendo las características del caso y la distancia entre proveedor y consumidor final.

En el caso del posible centro logístico que será desarrollado por la Cooperativa San Miguel, la reducción de GEI es considerablemente superior al 35 %. Los cálculos se han realizado considerando pélets de un 100 % de madera y pélets de un 100 % de paja, puesto que la herramienta no permite los cálculos para pélets mezcla,

resultando en ambos casos el ahorro de gases de efecto invernadero mucho más alto que el 35 %. En el análisis se ha considerado toda la cadena logística de la materia prima: la recolección y el transporte de la materia prima, el pretratamiento, el transporte del producto y la conversión final. Para el cálculo, se han elegido los valores más adecuados obtenidos de la herramienta.

8. Resumen y conclusiones

La Cooperativa Agraria San Miguel es una cooperativa agroindustrial cuyas actividades actuales son: la producción de pélets de forraje y pacas de alfalfa, secado de cereales y la fabricación de piensos principalmente peletizados. La cooperativa está interesada en la creación de un centro logístico de biomasa y en la producción de biomasa sólida a partir de los residuos agrícolas de sus asociados, creando, de esta forma, un valor añadido para ellos.

Una evaluación tanto de las condiciones del entorno (recursos de biomasa y de mercado) como de las condiciones de la empresa (equipos y gestión) ha demostrado que:

- Los residuos agrarios disponibles para el centro logístico son paja de cereal y cañote de maíz. La cantidad anual producida por sus asociados, en un radio de 18 km, es significativa.
- El mercado de la biomasa actual es muy variado y cuenta con muchos tipos diferentes de calidad y precio. Se espera que los consumidores potenciales sean principalmente granjas de cerdos, que son numerosas en la zona y que necesitan calor durante todo el año. Otros consumidores podrían ser también otras instalaciones de deshidratación, centros deportivos y una residencia de ancianos que consumen biomasa (por ejemplo, pélets de madera, cáscara de almendra, astillas de madera).
- Las 2 líneas de producción de alfalfa actuales pueden ser utilizadas para el pretratamiento de la biomasa sólida: Línea 1 (calor para el secado producido por la quema de cáscara de almendra, orujillo de aceituna y de granilla de uva) y la Línea 2 (calor para el secado producido por la quema de gas natural; más eficiente, pero con un costo de combustible e impactos ambientales superiores). En la Línea 2, se ha evaluado la implementación de una nueva caldera de biomasa para ser capaz de utilizar la paja y el cañote directamente desde el campo al objeto de suministrar las necesidades de calor para la actividad agroindustrial.

El estudio de viabilidad técnico-económica ha demostrado que la materia prima más interesante es la paja de cereal. Aunque el precio de compra es mayor en comparación con el cañote de maíz, no se requiere de secado antes de la peletización. Para la producción, se debe utilizar la Línea 1 ya que los costes de pretratamiento son más baratos en comparación con la Línea 2, excepto si se

instalase un nuevo quemador de biomasa (con lo que se incurriría en unos costes de inversión con un payback de 6 años).

Además, el estudio ha demostrado que se requiere mezcla con madera y que el producto más competitivo que podría producir el centro logístico es agropélet de clase B con un porcentaje máximo de paja de un 70 %. Esto se ha determinado teniendo en cuenta los parámetros de calidad de la paja y el cañote proporcionados por la bibliografía y la experiencia previa. Por lo tanto, antes de iniciar la nueva actividad empresarial, es muy recomendable realizar un análisis previo de la calidad (sobre todo la determinación del contenido de humedad, poder calorífico, contenido de cenizas y el porcentaje de cloro) de una muestra representativa de la paja que se va a utilizar como materia prima en el centro logístico. Una evaluación exhaustiva de la calidad del producto evitará la insatisfacción inesperada de los consumidores. También es muy recomendable la realización de pruebas de combustión iniciales con algunas calderas de destino con el objeto de probar la viabilidad del producto durante la conversión (evaluación de la formación de escoria, por ejemplo). Ambas pruebas pueden, por tanto, cambiar la proporción de paja vs madera y los costes asociados a la producción.

Teniendo en cuenta los costes de producción y la ganancia mínima establecida por las cooperativa se fija el precio mínimo de venta de este agropélet en 117 €/t (0,027 €/kWh). En comparación con la gran variedad de competidores en el mercado, el producto no ofrece la mejor calidad precio. La situación actual es, por tanto, de riesgo y, si es posible, se deben reducir los costes de compra o de pretratamiento. Sin embargo, como se destacó anteriormente, el análisis de la calidad del material a utilizar puede cambiar la proporción de paja - madera y hacerlo más atractivo para el mercado. El proyecto SUCELLOG ha desarrollado un modelo de negocio con nuevas propuestas para la nueva actividad como centro logístico para la producción de agropélets mixtos Clase B (70 % de paja, 30 % de madera) (ver el documento D4.4 disponible en el sitio web).

El uso de paja y madera para la producción de agropélets mixtos Clase B no tiene impactos sociales y ambientales negativos. Por el contrario, contribuyen a la mejora de la sociedad y el medio ambiente. Esto demuestra que el concepto del proyecto SUCELLOG es sostenible desde el punto de vista de los 3 pilares (económico, social y medioambiental).