

## RESUMEN

La energía hoy en día es uno de los recursos más demandados por la sociedad. Se caracteriza por un importante incremento de los precios y por esta razón, se buscan nuevas fuentes alternativas, más económicas y sostenibles.

El objetivo de las empresas es adaptarse a las necesidades y deseos de los consumidores. Por ello algunas de ellas han apostado por el sector térmico ofreciendo productos al mercado que se adapten a las necesidades del consumidor.

En este trabajo se estudia el caso particular de la empresa Burpellet S.L, especializada en el aserrado y preparación industrial de la madera. Dicha empresa apuesta por aprovechar los residuos generados en su actividad para producir una nueva línea de productos “pellets” que se utilizarán posteriormente como una fuente de calor dentro de las calderas de calefacción y agua caliente sanitaria.

Además, se describe detalladamente el proceso producto y las operaciones que lleva a cabo la empresa en la fabricación de pellets consiguiendo diversificar su actividad a un nuevo mercado.

Por último, se realiza un estudio comparativo del coste de los pellets frente al del gasoil y del gas natural justificando el interés desde el punto de vista económico y medioambiental el uso del pellet como combustible para uso doméstico.

## ABSTRACT

Nowadays, energy is one of the most important resources demanded by society. It is characterized by the rising prices, and for this reason, people are looking for alternative sources of energies, more economical and sustainable.

The purpose of whatever business is to adapt to the needs and wishes of consumers. Some companies have chosen the thermal sector as business, offering a range of products suitable to the needs of the consumer.

In this case, we analyse the Bupellet S.L Company, which is involved in sawing and industrial treatment of wood. This company is committed to re-use material remains of their activities to manufacture a new line of product named as "pellets". Those products will be used later as a source of heat in the heating boilers.

The report also describes in detail the process and management of the product, which is derived from the manufacturing activities of the pellets, getting a way to go in to a new market.

Finally, a comparison of the cost of pellet versus cost of fuel and propane is undertaken. As a result, the pellet is more economical and friendly with the environment as a source of heat for domestic use.

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	9
2	OBJETIVOS.....	11
3	METODOLOGÍA.....	12
4	ANTECEDENTES .....	14
4.1	LA POLÍTICA ENERGÉTICA EN ESPAÑA .....	14
4.2	EL SECTOR ENERGÉTICO ESPAÑOL .....	17
5	LAS ENERGÍAS RENOVABLES .....	20
6	LA BIOMASA .....	22
6.1	DEFINICIÓN DE BIOMASA .....	22
6.1.1	Previsiones de futuro.....	23
6.2	TIPOS Y FUENTES DE BIOMASA .....	23
6.3	LA BIOMASA EN ESPAÑA .....	25
7	PELLETS.....	26
7.1	DEFINICIÓN.....	26
7.2	OBJETIVO DE LA PELLETIZACIÓN.....	27
7.3	NORMATIVA DE CALIDAD .....	27
7.4	COMPARATIVA DE PRECIOS DE LOS PELLETS RESPECTO A OTROS COMBUSTIBLES .....	28
7.5	PLANTAS DE PELLETS EN ESPAÑA.....	29

---

7.5.1	Costes de producción .....	31
7.6	PERSPECTIVAS DEL MERCADO DE PELLETS EN CASTILLA Y LEÓN.....	33
8	LA EMPRESA BURPELLET.....	35
8.1	ORIGEN DE LA EMPRESA.....	35
8.2	LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA .....	36
8.2.1	Razones de localización .....	37
8.3	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA .....	38
8.4	PROCESO PRODUCTIVO.....	39
8.4.1	Integración del proceso productivo.....	39
8.4.2	Diseño del proceso productivo y mantenimiento .....	39
8.4.3	Sistemas de transporte y almacenamiento de la planta .....	41
8.4.4	Distribución en planta .....	42
8.4.5	Fases del proceso productivo.....	45
8.5	PREVISIÓN.....	52
8.6	EL PRODUCTO.....	53
8.6.1	Características de los pellets.....	53
8.6.2	Los formatos del producto.....	55
8.6.3	El etiquetado .....	55
8.6.4	Los certificados del producto .....	56
8.6.5	La manipulación del producto .....	57

---

8.6.6	El almacenamiento.....	58
8.7	INVENTARIO .....	60
8.8	CONTROL DE CALIDAD .....	61
8.8.1	El gráfico de proceso de control de calidad.....	63
8.9	LA PRODUCTIVIDAD .....	65
8.10	PROVEEDORES.....	66
8.11	CLIENTES .....	66
8.12	LOGÍSTICA .....	68
9	ANÁLISIS ECONÓMICO DE COMBUSTIBLES.....	69
9.1	INTRODUCCIÓN.....	69
9.2	ESTUDIO COMPARATIVO .....	70
10	CONCLUSIONES .....	74
11	BIBLIOGRAFÍA .....	76
12	ANEXOS.....	78

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 4.1: Autoabastecimiento de energía primaria producida en España (porcentaje).....	19
Tabla 7.1: Diferencias por tamaño de planta de pellets .....	30
Tabla 7.2: Demanda de energía térmica con Biomasa en Castilla y León prevista para el 2015 .....	33
Tabla 8.1: Características de los pellets .....	53
Tabla 8.2: Productividad de la mano de obra .....	66
Tabla 9.1: Coste anual de los combustibles .....	73

**INDICE DE CUADROS**

Cuadro 5.1: Diferencias de las energías renovables frente a las convencionales ....	20
Cuadro 6.1: Análisis DAFO de la biomasa tradicional.....	24
Cuadro 8.1: Ventajas e inconvenientes de la integración vertical .....	39
Cuadro 8.2: Controles de calidad.....	61

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1: Aportación directa al PIB en España del sector de las energías renovables (2005-2010) .....	15
Gráfico 4.2: Evolución de la sustitución de importaciones de combustibles fósiles y previsión para los próximos años (Toneladas Equivalentes de Petróleo-TEP).....	16
Gráfico 4.3: Evolución histórica del precio de los combustibles fósiles y previsiones de futuro .....	18
Gráfico 5.1: Empleo total e inducido en el Sector de las Energías Renovables.....	21
Gráfico 5.2: Estructura de energía primaria por fuentes energéticas (Mayo 2011-Abril 2012) .....	21
Gráfico 6.1: Tasa de crecimiento de la biomasa en España .....	25
Gráfico 7.1: Comparativa del precio del pellet respecto a otros combustibles .....	28
Gráfico 9.1: Coste acumulado de los combustibles en cinco años .....	71
Gráfico 9.2: Coste acumulado de la biomasa y el gas natural en quince años .....	72

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 7.1: Aspecto de los pellets .....	26
Figura 7.2: Cadena de suministro de los pellets .....	27
Figura 7.3: Fábricas de pellets en España .....	29
Figura 7.4: Condiciones para la eficiencia de las plantas de pellets .....	32
Figura 7.5: Matriz de crecimiento-cuota de mercado de la bioenergía.....	34
Figura 8.1: Evolución de la actividad de la empresa .....	35
Figura 8.2: Razones de la instalación de la planta de pellets .....	36
Figura 8.3: Localización de la planta.....	37
Figura 8.4: Resultados de la automatización de la planta .....	40
Figura 8.5: Matriz de producto-proceso.....	41
Figura 8.6: Tolva de almacenamiento del serrín .....	42
Figura 8.7: Distribución por procesos. Planta 1 .....	43
Figura 8.8: Distribución por procesos. Planta 2 .....	44
Figura 8.9: Esquema del proceso productivo .....	45
Figura 8.10: Proceso de aserrado.....	46
Figura 8.11: Astilladora Morbak de 640 CV de potencia .....	47
Figura 8.12: Secador de banda Scolari.....	48
Figura 8.13: Aspecto del material posterior al proceso de secado .....	49
Figura 8.14: Máquina pelletizadora .....	50
Figura 8.15: Proceso de cribado .....	51

---

Figura 8.16: Máquina Boceli ensacado-paletizado .....	52
Figura 8.17: Gráfico de calidad .....	54
Figura 8.18: Certificados del producto .....	56
Figura 8.19: Beneficios de los certificados de calidad del producto .....	57
Figura 8.20: Silos de almacenamiento .....	58
Figura 8.21: Optimización de almacenaje .....	59
Figura 8.22: Ventajas del inventario .....	60
Figura 8.23: Controles de calidad. Ensayo de cribado.....	62
Figura 8.24: Control de calidad. Ensayo de humedad .....	62
Figura 8.25: Proceso de obtención del serrín .....	63
Figura 8.26: Proceso de transformación de pellets .....	64
Figura 8.27: Proceso de carga .....	65
Figura 8.28: Empresa de servicios energéticos- contrato de gestión de energía-....	67
Figura 8.29: Empresa de servicios energéticos-leasing .....	67
Figura 8.30: Carga de la mercancía .....	68

## 1 INTRODUCCIÓN

La razón del desarrollo del presente trabajo es dar a conocer la importancia de las energías renovables procedentes de la biomasa, frente al desarrollo de empresas que están implantando nuevas formas de aprovechamiento de recursos a través de residuos que se generan en el desarrollo de su actividad.

La continua evolución de los precios de los combustibles fósiles, el incremento de los precios y la elevada dependencia de la que se caracteriza nuestro país, está dando lugar a la sustitución de combustibles fósiles por otros alternativos y a la oportunidad de las empresas en diversificarse hacia nuevos mercados, introduciéndose así en el sector energético.

Numerosas empresas, con el objetivo de disminuir costes y optimizar sus recursos, han desarrollado nuevos procesos de transformación que han permitido apostar por la innovación tecnológica y abrirse a nuevos mercados, teniendo como resultado el incremento de beneficios y la supervivencia de la empresa.

El sector maderero, con las materias primas de biomasa y sus residuos, dispone de mecanismos de información de mercado y tendencias, lo que le permite diseñar estrategias y políticas de actuación que se anticipan a todo tipo de cambios de mercado que puedan afectar a las empresas, convirtiendo la I+D en un factor clave de desarrollo.

Éstas empresas de primera transformación, cuya actividad es obtener productos elaborados (empresas de tableros y de aserrado y preparación industrial de la madera), han apostado por invertir en un nuevo proceso, obteniendo como producto terminado los pellets, que mediante su fabricación y distribución, se destinarán como una fuente energética renovable, sustituyendo a los combustibles tradicionales de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS).

El proceso productivo de la obtención de pellets, se caracteriza por unos altos costes de inversión, bajos costes de fabricación y una importante automatización, con el objetivo de obtener un producto óptimo que se adecue a las necesidades de los clientes. Además, requiere importantes controles de mantenimiento de los equipos para evitar

posibles deterioros de los productos y paradas en el proceso de transformación que afecte a la entrega de los productos a los clientes.

A su vez, genera valor añadido a la empresa, da lugar a la creación de trabajos y la reactivación de la actividad del medio rural.

Además, el precio de los pellets no muestra fluctuaciones en comparación con el resto de los combustibles fósiles, siendo un combustible más económico y ecológico que el resto.

## 2 OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es analizar detalladamente el proceso de transformación y las operaciones que se llevan a cabo en una empresa maderera (Burpellet S.L.), que aprovecha los residuos derivados de su actividad para transformarlos en un nuevo producto, los pellets, aportándoles un valor añadido como fuente alternativa a los combustibles fósiles.

Para ello, se ha realizado desarrollado los siguientes apartados:

- Situación del sector energético en España, para la apuesta de este tipo de fuente de energía, con el fin de disminuir la dependencia de energías convencionales de nuestro país.
- Descripción de las características de las empresas que disponen de plantas de pellets y las condiciones que tienen que cumplir para ser eficientes y se consoliden. Todo ello es posible gracias a la innovación tecnológica y a la concienciación de las empresas por preocuparse por el medio ambiente.
- Estudio de la empresa Burpellet S.L. como caso particular en la que se analiza el proceso productivo y las operaciones necesarias para llevar a cabo la fabricación de los pellets.
- Estudio económico de viabilidad con el fin de comparar el uso de los pellets frente al gas natural como combustible de calefacción y gasoil.

### 3 METODOLOGÍA

Este trabajo pretende mostrar el funcionamiento del proceso productivo y las operaciones de una empresa cuya actividad productiva se basa en el proceso pelletización con materiales residuales biomásicos. Para ello se realiza una descripción del proceso productivo, analizando en profundidad las diferentes fases del mismo así como la aplicación del producto.

Una de las principales limitaciones del desarrollo de las empresas de primera transformación de la madera es el desconocimiento de la rentabilidad del producto elaborado (pellets) como combustible alternativo a los combustibles fósiles para uso doméstico. Con el fin de solventar esta limitación, se realiza un estudio de viabilidad comparativo del uso de pellets, gas natural y el gasoil.

Para el desarrollo del proyecto, en los capítulos del 1 al 7, se aplica una metodología carácter introductorio y descriptivo sobre la política energética en España y el impacto que tiene en un nuestro país. Posteriormente se define cuál es el producto sobre el que se va a elaborar el proceso productivo y las características y situación de las empresas que se dedican a la elaboración de pellets en nuestro país. El objetivo de estos primeros capítulos es dar una visión genérica del proyecto. Para una mejor visualización se aplican gráficas que recogen datos cuantitativos así como tablas y cuadros que engloban los datos cualitativos más significativos.

En el apartado 8, se describen las distintas fases del proceso de fabricación de los pellets y las diferentes operaciones que se llevan dentro de la empresa. En este punto se utilizan tablas y figuras que ayudan a dar una visión práctica sobre los diferentes equipos y mecanismos que utiliza la empresa para llevar a cabo su actividad.

Por último, se desarrolla un estudio de viabilidad mediante datos reales establecidos, con el fin de promover la importancia del producto. Se elabora un estudio de viabilidad mediante el empleo de datos reales, con el fin de comparar el coste que supondría el uso de los pellets con el de utilizar el gas natural y el gasoil. Para ello se aplica una tabla comparativa que recoge las diferencias económicas entre las tres fuentes energéticas.

Referente a las fuentes de información y bibliografía empleadas para la elaboración de este proyecto, se ha utilizado información relevante del Instituto para la Diversificación y Desarrollo de Energía (IDAE) y de otras páginas webs como por ejemplo Energías Renovables en España. Además, ha sido preciso contar con información de primera mano proporcionada por la empresa Burpellet, para el apoyo del desarrollo del proceso productivo de la empresa.

## 4 ANTECEDENTES

### 4.1 LA POLÍTICA ENERGÉTICA EN ESPAÑA

La evolución de los precios del petróleo y la distribución geográfica de las reservas de energía han condicionado las opciones energéticas de los países desarrollados desde hace más de tres décadas.

De manera más reciente, las preocupaciones ambientales, el intenso proceso de crecimiento de los países emergentes, con el consiguiente efecto inflacionario sobre las fuentes de energía primaria y la liberalización del sector de la energía en Europa, han venido caracterizando el nuevo marco de referencia para la instrumentación de la política energética.

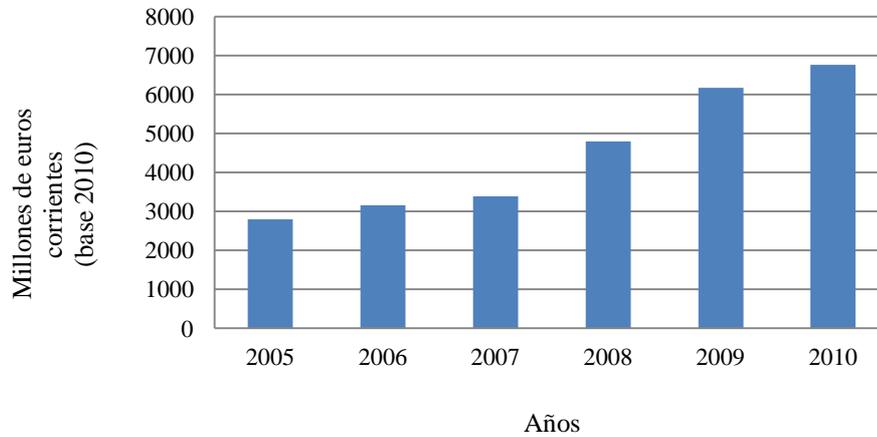
La Unión Europea ha remarcado la necesidad de un avance coordinado en la liberalización de los mercados, la garantía del suministro, el desarrollo de las infraestructuras de interconexión y la reducción de emisiones contaminantes.

Por su parte, la política energética en España ha avanzado a lo largo de estos ejes comunes de manera armonizada con los países europeos y, al mismo tiempo, se ha singularizado para dar respuesta a los principales retos que han caracterizado tradicionalmente el sector energético español que, de manera resumida, pueden sintetizarse en los siguientes:

- **Un consumo energético por unidad de Producto Interior Bruto más elevado.** Para producir una misma unidad de Producto Interior Bruto, España consume más energía que la media de los países europeos, incluso en comparación con aquellos dotados con una estructura industrial y productiva, y de un grado de desarrollo económico similar. Para corregir esta tendencia, durante los últimos años, se han realizado importantes esfuerzos en materia de ahorro y eficiencia energética, que han permitido iniciar el camino hacia la convergencia con los valores medios europeos en intensidad energética, camino que es necesario recorrer en los próximos años.

El gráfico 4.1 representa la aportación directa del sector de las energías renovables al PIB de España.

**Gráfico 4.1: Aportación directa al PIB en España del sector de las energías renovables (2005-2010)**



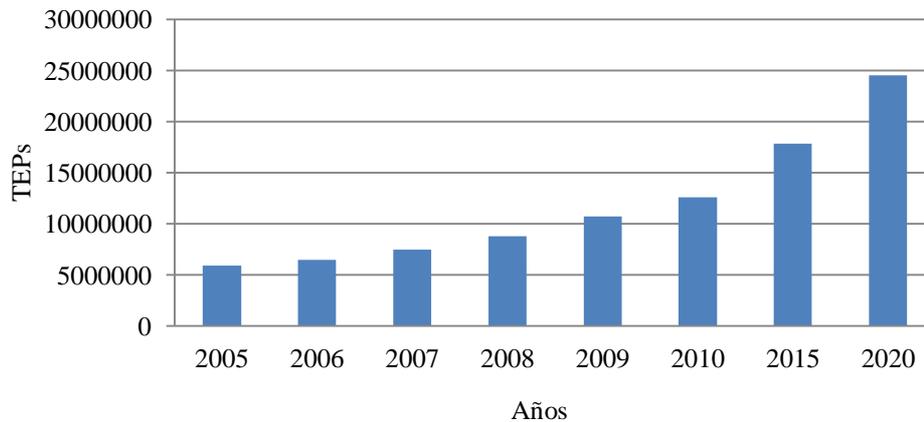
Fuente: Asociación de Productores de Energías Renovables (2012).

- **Elevada dependencia energética.** La escasa presencia de yacimientos de energía primaria fósil ha supuesto históricamente una elevada tasa de dependencia energética en España. Esta mayor dependencia introduce fuentes de riesgo adicionales sobre los procesos productivos, como los relacionados con la garantía del suministro energético o con la volatilidad de los precios de los mercados internacionales.

Existe una enorme dependencia energética al estar toda la industrial sujeta a los precios marcados por los países exportadores. Aproximadamente el 85% de la energía que se consume en nuestro país debe importarse.

En el gráfico 4.2 se aprecia como a través de la generación de electricidad mediante energías renovables, se evitó que se importasen aproximadamente 12,6 millones de Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP) en el año 2010. Mientras que en el año 2020 se prevé que se supere aproximadamente las 24,5 millones de TEP.

Gráfico 4.2: Evolución de la sustitución de importaciones de combustibles fósiles y previsión para los próximos años (Toneladas Equivalentes de Petróleo-TEP)



Fuente: Asociación de Productores de Energías Renovables (2012).

- **Elevadas emisiones de gases de efecto invernadero.** Explicadas fundamentalmente por el fuerte crecimiento de la generación eléctrica y de la demanda de transporte durante las últimas décadas.

La política energética en España se ha desarrollado alrededor de tres ejes: el incremento de la seguridad de suministro, la mejora de la competitividad de nuestra economía y la garantía de un desarrollo sostenible, tanto económico, como social y medioambiental.

En España, la política energética se ha dirigido, de manera prioritaria, hacia la liberalización y el fomento de la transparencia en los mercados, el desarrollo de las infraestructuras energéticas, la promoción de las energías renovables, el ahorro y la eficiencia energética.

La liberalización y la transparencia de los mercados, mediante el establecimiento de los mecanismos que garantizan que los usuarios adopten sus decisiones con la mayor información disponible.

El desarrollo de las infraestructuras energéticas refuerza la seguridad y diversifica las fuentes del suministro energético. En los últimos años se han dado importantes pasos mediante la mejora de los índices de cobertura, la modernización de las redes, el desarrollo de las plantas de regasificación de gas natural licuado (GNL) de los almacenamientos subterráneos de gas natural y de los almacenamientos de reservas estratégicas de productos petrolíferos.

Deben destacarse de manera singular las interconexiones internacionales porque permiten una gestión más eficiente del equilibrio entre la producción y el consumo, contribuyendo a la integración de la generación renovable en horas valle, y reforzando, al mismo tiempo, la seguridad de suministro en las horas punta.

La promoción del ahorro y la eficiencia energética es positiva para la sociedad, implicando consumir menos energía para producir lo mismo, gracias a las mejoras en los patrones de consumo o en los métodos productivos. Por ello, se han adoptado políticas de promoción del ahorro y la eficiencia que están mostrando resultados significativos en un descenso de la intensidad energética final superior al 10% durante los últimos cinco años, con reducciones en todos los ejercicios.

## 4.2 EL SECTOR ENERGÉTICO ESPAÑOL

En cuanto al nivel de competitividad del Sector Energético, en España los precios finales, especialmente de electricidad, tienen un impacto directo en la competitividad industrial, situándose en el año 2011 en el rango elevado de la Unión Europea, al igual que los precios finales que los consumidores domésticos-residenciales pagan por la electricidad, registrando los puestos más elevados a nivel europeo.

Además, el nivel de dichos precios finales en España es superior en relación con los precios europeos, debido a que los costes reconocidos a las distintas actividades reguladas han sido, y siguen siendo, superiores a los ingresos obtenidos por los precios regulados que pagan los consumidores.

En cuanto a la evolución de los precios finales, hay que hacer referencia a los precios mayoristas que han sido generalmente coherentes con las trayectorias de los precios de los combustibles en los principales mercados internacionales. En el sector eléctrico, la existencia de un mercado organizado, con precios transparentes y con un grado de liquidez elevada, ha facilitado la entrada de nuevos competidores y el desarrollo de la contratación, mayoritariamente de carácter financiero y no organizado. De forma específica el sector gasista, está caracterizado por un volumen significativo de intercambios entre agentes, motivados principalmente por razones logísticas, no habiéndose desarrollado hacia un formato organizado con precios transparentes.

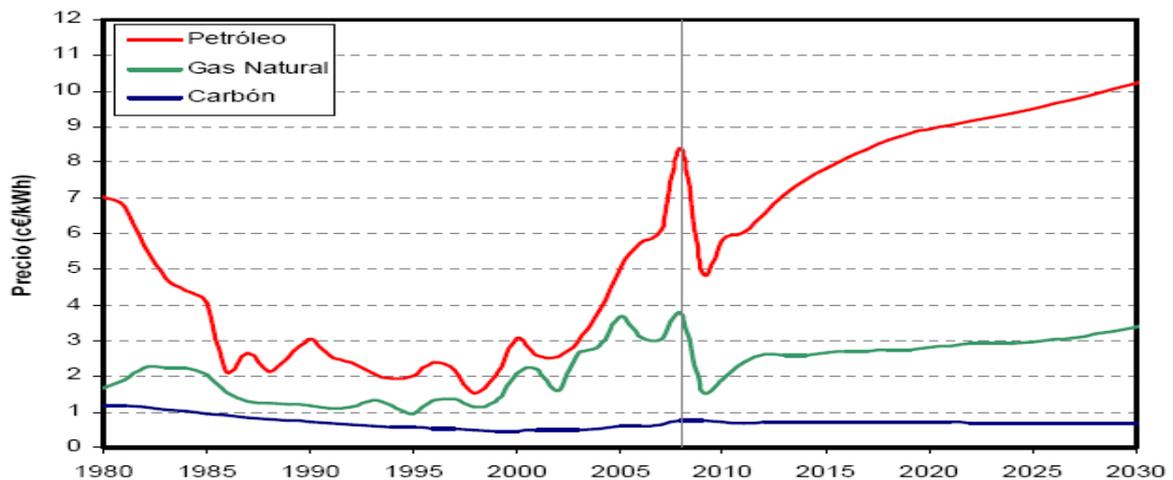
El gráfico 4.3 muestra como en los próximos años se espera que el precio del petróleo siga incrementándose, caracterizándose por un constante declive de producción

en las zonas tradicionales, siendo un hecho clave los riesgos de suministro en países exportadores y el bajo rendimiento de la producción en algunas zonas fronterizas.

Es previsible que el precio del gas natural se aumente a lo largo de los próximos años, lo cual incrementará todavía más el coste de la electricidad producida en las centrales termoeléctricas.

A diferencia del petróleo y el gas natural, el precio del carbón se mantendrá estable e incluso disminuirá ligeramente en la década de 2020. Este recurso es todavía muy abundante y se estima que hay reservas para los próximos 200 años. No se prevé que el precio de la electricidad generada mediante esta fuente de energía se incremente con el tiempo.

**Gráfico 4.3: Evolución histórica del precio de los combustibles fósiles y previsiones de futuro**



Fuente: Sociedad de la Energía Fotovoltaica Inorgánica y Nanomolecular (2012).

La tabla 4.1 refleja la alta dependencia energética de suministro del petróleo y del gas natural, caso contrario de lo que ocurre con el recurso energético del carbón y la biomasa.

**Tabla 4.1: Autoabastecimiento de energía primaria producida en España (porcentaje)**

<b>Combustibles</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
<b>Petróleo</b>	0.3	0.5	0.5	0.5	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>Gas Natural</b>	1	2.9	2.5	0.9	1.3	0.5	0.2	0	0	0	0.2	0.2
<b>Biomasa y Residuos</b>	...	...	...	100	100	100	100	100	95.9	97.2	94.1	77.1
<b>Carbón</b>	38.6	40.3	35.1	35.4	33.1	31.3	33.8	27.3	31.1	38	42.4	18.4

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2012).

## 5 LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son aquellas que se obtienen de fuentes naturales, inagotables a escala humana, porque el recurso dispone de una cantidad de energía inmensa y tiene la capacidad de regenerarse de manera natural.

Las energías renovables son energías autóctonas que generan empleo y riqueza, y al no depender de recursos externos, la energía generada con estas fuentes no depende de los mercados internacionales, asegurando un suministro energético autóctono y seguro, siendo la única alternativa para un abastecimiento energético sostenible.

Está en marcha una estrategia de ahorro y eficiencia energética que pretende reducir un 8,5 % el consumo de energía primaria, y un Plan de Energías Renovables (PER) para fomentar estas energías. El objetivo de ambas medidas es la reducción de la dependencia energética y el volumen de emisiones contaminantes a la atmósfera.

**Cuadro 5.1: Diferencias de las energías renovables frente a las convencionales**

ENERGÍAS RENOVABLES	ENERGÍAS CONVENCIONALES
Limpias	Contaminantes
Inagotables	Limitadas
Autóctonas	Dependencia con el exterior
Sin residuos	Generan residuos
Equilibran desajustes interterritoriales	Utilizan recursos importados

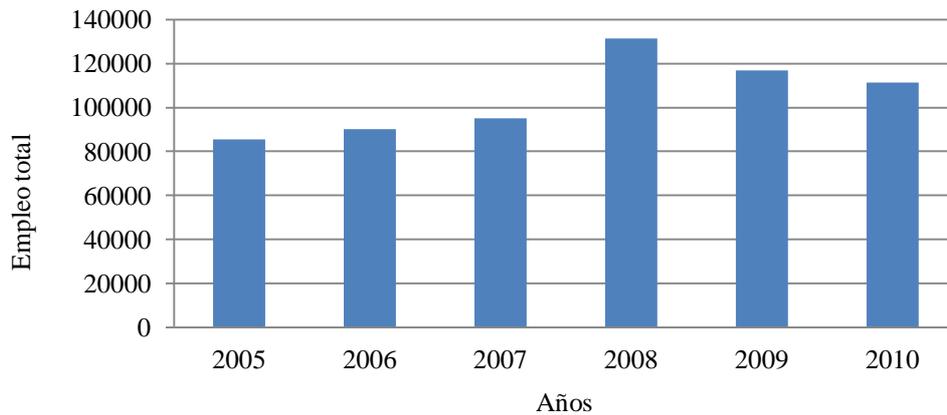
Fuente: Asociación de Productores de Energías Renovables (2012).

Como se puede apreciar en la cuadro 5.1, las principales ventajas medioambientales de las energías renovables son las siguientes:

- Son inagotables, bien por la magnitud del recurso o por su generación natural.
- Son limpias y no generan residuos de difícil tratamiento.
- No producen emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases contaminantes a la atmósfera.

Otra ventaja a destacar del sector de las energías renovables es la creación de empleo, como se observa en el gráfico 5.1 que recoge una tendencia ascendente de empleo hasta el año 2008, disminuyendo progresivamente como consecuencia de la crisis económica en nuestro país.

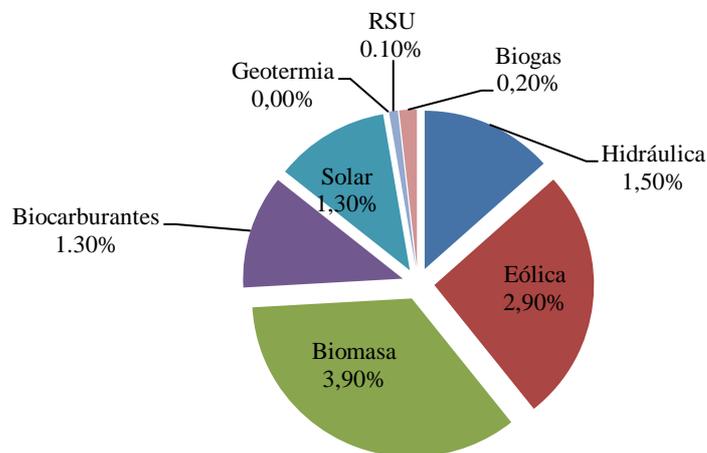
Gráfico 5.1: Empleo total e inducido en el Sector de las Energías Renovables



Fuente: Asociación de Productores de Energías Renovables (2012).

El gráfico 5.2 muestra la importancia que tiene cada una de las energías renovables en España representando el conjunto de todas ellas el 11,2 % de la energía primaria. Se destaca la importancia de la energía procedente de biomasa con un porcentaje del 3,9 % en el último año.

Gráfico 5.2: Estructura de energía primaria por fuentes energéticas (Mayo 2011-Abril 2012)



Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (2012).

## 6 LA BIOMASA

### 6.1 DEFINICIÓN DE BIOMASA

La biomasa es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los residuos y desechos orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente.

Las principales ventajas económicas de la utilización de biomasa son, entre otras:

- Disminuye el déficit exterior.
- Suministrar precios finales inferiores a los clientes.
- Revalorización del recurso.
- Precios estables.
- Aumenta la recaudación tributaria, así como en cotizaciones.
- Contribución al desarrollo regional.

Las principales ventajas socio-económicas de la biomasa se pueden resumir en:

- Creación de empleo rural, tanto directo como indirecto.
- Disponibilidad de nuevos bienes y servicios.
- Desarrollo sostenible del medio rural.
- Importante campo de innovación tecnológica.

En general, los costes de inversión para instalaciones de biomasa son superiores a sus homólogos para instalaciones de combustibles convencionales. Esto se debe, no sólo a la falta de desarrollo de sistemas de producción en serie para algunos componentes, sino que también influyen las características especiales requeridas por los equipos para poder utilizar biomasa de forma eficiente.

Por lo que se refiere a los costes de operación o explotación de plantas de biomasa, su comparación frente a combustibles convencionales puede ser favorable o no según el tipo de aplicación. El principal componente de los costes de explotación en este tipo de instalaciones es la compra de la biomasa. Los costes asociados al suministro de la biomasa varían según la cantidad demandada, la distancia de transporte y los posibles tratamientos para mejorar su calidad, como el secado, el astillado o la pelletización. A ello hay que añadir la disponibilidad del combustible, su estacionalidad

y la variación de los precios, íntimamente ligados al comportamiento de las cosechas, en el caso de residuos agrícolas y de la industria agroalimentaria.

Los obstáculos que presenta la biomasa son:

- Inexistencia de un régimen retributivo que garantice la obtención de una rentabilidad razonable de las instalaciones.
- Existe un riesgo de suministro de materia prima, debiéndose realizar contratos a largo plazo con los suministradores, incorporando garantías adecuadas.
- Se trata de una tecnología muy heterogénea, con un grado de maduración inferior a otras tecnologías.

### 6.1.1 Previsiones de futuro

Se prevé un desarrollo dirigido a las mejoras en las tecnologías de densificación y reducción de la humedad de la biomasa.

Es necesaria una mejora de las técnicas de control y mantenimiento en tiempo real de la biomasa que llega de las instalaciones, facilitando su recepción y manipulación en planta.

Está prevista la optimización de las prácticas de recolección y almacenamiento de materias primas mediante sistemas que reduzcan los costes de operación.

## 6.2 TIPOS Y FUENTES DE BIOMASA

Existen distintos tipos de biomasa:

**Biomasa natural:** Se obtiene de forma natural sin intervención humana.

**Biomasa residual:** Son residuos obtenidos tras intervención humana:

- Biomasa residual seca:
  - Forestal: tratamientos silvícolas y aprovechamientos maderables.
  - Agrícola: cultivos herbáceos, y podas y arranques de frutales.
  - Residuos de industrias agroalimentarias o de transformación de madera.
- Biomasa residual húmeda:
  - Aguas residuales humanas

- Residuos ganaderos.
- Residuos industriales: biodegradables.

**Cultivos energéticos:** cultivos específicos destinados a la producción de energía:

- Destinados a la producción de calor y/o electricidad.
- Destinados a la producción de biocarburantes.

El cuadro 6.1 recoge las características internas así como la situación externa de la biomasa forestal.

**Cuadro 6.1: Análisis DAFO de la biomasa forestal**

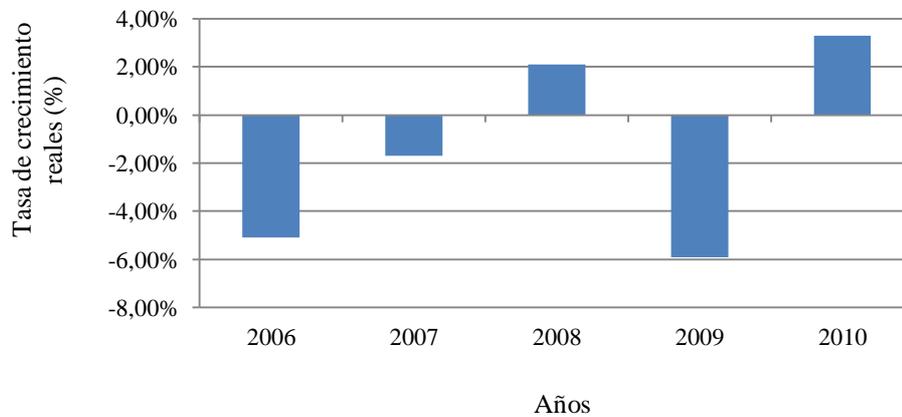
<p style="text-align: center;"><b>Fortalezas/Strengths</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recurso gestionable, renovable, competitivo y de gran calidad química.</li> <li>• Precio inferior al gas o gasoil.</li> <li>• Crea empleo rural directo e indirecto.</li> <li>• Energía limpia y sostenible.</li> <li>• Balance CO2 nulo.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Debilidades/Weakness</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costes de extracción superiores a otros combustibles biomásicos.</li> <li>• Porcentaje de humedad variable.</li> <li>• Disponibilidad limitada a diferencia del sol o el viento.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Oportunidades/Opportunities</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimización de la biomasa forestal en las nuevas directivas europeas.</li> <li>• Necesidad de gestión y aprovechamiento de las masas forestales.</li> <li>• Posibilidades de desarrollo en el ámbito térmico y eléctrico.</li> <li>• Reducción de la dependencia energética exterior.</li> <li>• Instalaciones de referencia, sencillas para el uso térmico.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Amenazas/Threats</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de desarrollo legislativo de la biomasa térmica.</li> <li>• Promoción y edificaciones pensadas para el gas natural con instalaciones individuales.</li> <li>• Desconocimiento por parte de la sociedad y escaso apoyo institucional.</li> <li>• Rechazo de la gran industria de la madera por la competencia por la materia prima.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

### 6.3 LA BIOMASA EN ESPAÑA

Es importante destacar, que el potencial de la biomasa se encuentra aún poco aprovechado en España. El gráfico 6.1 recoge su tasa de crecimiento en los últimos años. En él se observa como el periodo comprendido entre los años 2006 al 2009, ha supuesto en España una época de transición y de sentar las bases para impulsar el desarrollo de la biomasa. En ese periodo han sido mayores las expectativas de desarrollo que los resultados alcanzados.

Gráfico 6.1: Tasa de crecimiento de la biomasa en España



Fuente: Asociación de Productores de Energías Renovables (2012).

## 7 PELLETS

### 7.1 DEFINICIÓN

Los pellets son cilindros de madera producidos mediante el prensado de serrines tras un proceso de molienda y secado. La madera empleada proviene generalmente de restos de poda y de limpiezas de bosques, y de los residuos de las serrerías, de industrias forestales o agroforestales. El prensado se realiza simplemente mediante presión, sin añadir ningún tipo de aditivos. Normalmente su distribución se realiza por kilogramos y su almacenamiento se realiza, principalmente en silos flexibles o en silos de obra. En la figura 7.1 se aprecia el aspecto que tienen los pellets.

Figura 7.1: Aspecto de los pellets



En cuanto a las **ventajas económicas**, el uso de pellets es considerablemente más económico que los combustibles fósiles, sin olvidar los continuos cambios en los precios de otros combustibles. Además aporta un valor añadido a la región, fortaleciendo a la economía y creando nuevos puestos de trabajo.

Refiriéndonos a la **seguridad**, los pellets almacenados no producen riesgo de explosión, no es volátil, no produce olores y no se producen fugas, además de tratarse de un combustible no tóxico e inocuo para la salud.

En cuanto al **confort**, para producir el mismo calor, el pellet almacenado ocupa unas tres veces menos el volumen que ocuparía la madera maciza, dado que las propiedades físicas del biocombustible permite que éste actúe como un fluido, de forma que es totalmente automatizable, tanto en su transporte, llenado de depósito, combustión

y limpieza. Otro punto a tener en consideración es que la combustión del pellet apenas produce humos, a diferencia de otros combustibles no renovables.

## 7.2 OBJETIVO DE LA PELLETTIZACIÓN

La pelletización tiene como objetivo la incorporación de la biomasa en el mercado doméstico, ofreciendo productos con características competitivas frente a los combustibles convencionales, cuya manipulación es cómoda y limpia.

No solo se debe producir un biocombustible sólido de calidad, sino que también deben hacerlo con el mínimo coste. Para ello, se está produciendo una optimización en los equipos de tratamiento, así como en los procedimientos para reducir el consumo energético. En la figura 7.2 se muestra la cadena de suministro de los pellets.

Figura 7.2: Cadena de suministro de los pellets



Fuente: Elaboración propia.

## 7.3 NORMATIVA DE CALIDAD

Actualmente no existe normativa Estatal que rija la calidad de los pellets. En este sentido, las fabricas comprometidas con el mercado del pellet en España trabajan siguiendo unos estándares de calidad que marcan las normas DIN y Ö-NORM (Alemana y Austriaca), en los cuales se especifican poder calorífico, densidad, humedad, contenido en cenizas, resistencia a la abrasión, longitud y diámetro.

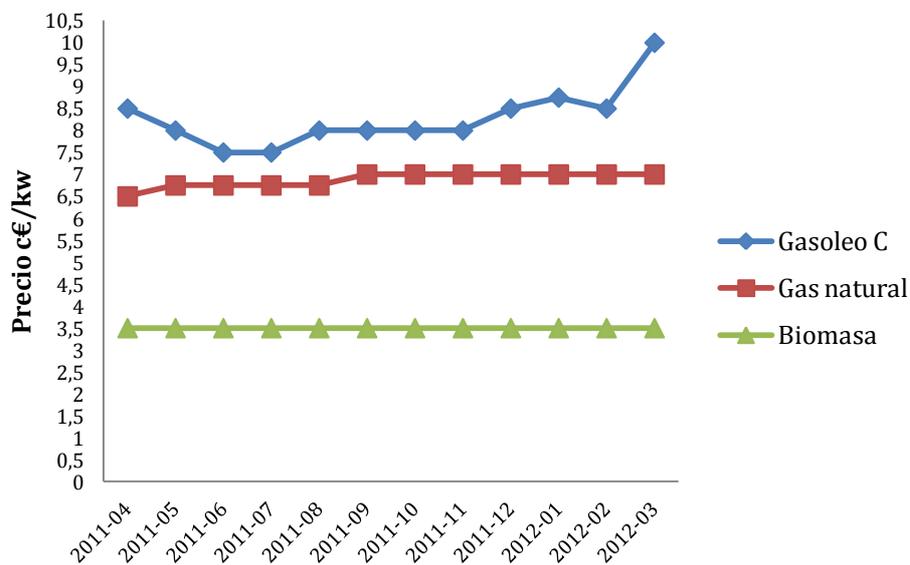
En España no existe un mercado desarrollado y estable como en algunos países del centro y norte de Europa, pero existen buenas expectativas para su crecimiento. La calefacción en edificios puede favorecer el desarrollo de un mercado más competitivo en lo que se refiere a la materia prima.

## 7.4 COMPARATIVA DE PRECIOS DE LOS PELLETS RESPECTO A OTROS COMBUSTIBLES

La gran ventaja del pellet es su calidad, y que es un producto manufacturado, por lo que puede suministrarse a zonas lejanas del lugar de producción. Es el combustible de biomasa más generalizado, y por lo tanto el que tiene menos problemas de suministro.

Tal y como se ve en el siguiente gráfico, el precio de los pellets se ha mantenido casi estable durante el último año, frente a las constantes subidas del precio de los combustibles sólidos:

Gráfico 7.1: Comparativa del precio del pellet respecto a otros combustibles



Fuente: Instituto para la Diversificación y el Desarrollo Energético (2012).



interna, cuyo destino principal son calderas y estufas instaladas, un número todavía muy escaso en la actualidad.

Así, de las 800000 t/año de capacidad instalada, la producción sólo alcanza las 240000 t/año. Según los datos proporcionados por la Asociación de Productores de Pellets (Apropellets), el consumo en España de pellets alcanzó las 60000 t/año en el año 2010, suponiendo un 25 % de la producción y un 7,5 % de la capacidad instalada. La producción restante, se exporta principalmente a Italia, además de Portugal, Irlanda, Reino Unido, Francia, Bélgica y Suecia.

En la tabla 7.1 se muestra las diferencias que hay entre los tamaños de las plantas de pellets.

**Tabla 7.1: Diferencias por tamaño de planta de pellets**

	<b>Capacidad de producción</b>	<b>Costes de producción</b>	<b>Suministro de materia prima</b>
<b>Planta pequeña</b>	7500 t/año	150 €/t <sub>pellets</sub>	Más o menos continuado
<b>Planta mediana</b>	7500 - 45000 t/año	50-150 €/t <sub>pellets</sub>	Continuado
<b>Planta grande</b>	≥ 45000 t/año	50 €/t <sub>pellets</sub>	Muy continuado

Fuente: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León (2012).

De acuerdo en lo establecido por el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER), aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros, afirma que en el año 2020 se debería consumir en España entre 9 y 11 millones de toneladas anuales de biomasa de calefacción, teniendo en cuenta toda la biomasa que cada año se queda en los bosques.

### 7.5.1 Costes de producción

La producción de pellets se caracteriza por los altos costes de producción debida principalmente al consumo eléctrico.

La fabricación de pellets requiere inversiones relativamente intensivas en capital, influenciadas en gran medida por el factor escala. El precio de la materia prima sólida puesta en planta en las condiciones actuales del mercado está entre 20 y 50 €/biomasa, salvo en aquellos casos en que se utilizan residuos propios.

En cuanto al pellet, dependiendo del tipo de distribución y presentación del producto terminado, el intervalo de precios está entre 175 y 200 €/t<sub>pellets</sub>.

Los beneficios de las empresas se han visto disminuidos por el incremento de las tarifas eléctricas, manteniéndose a su vez el precio de los pellets constantes en los últimos 4 años.

#### 7.5.1.1 Equipos y diseño para la eficiencia de la planta:

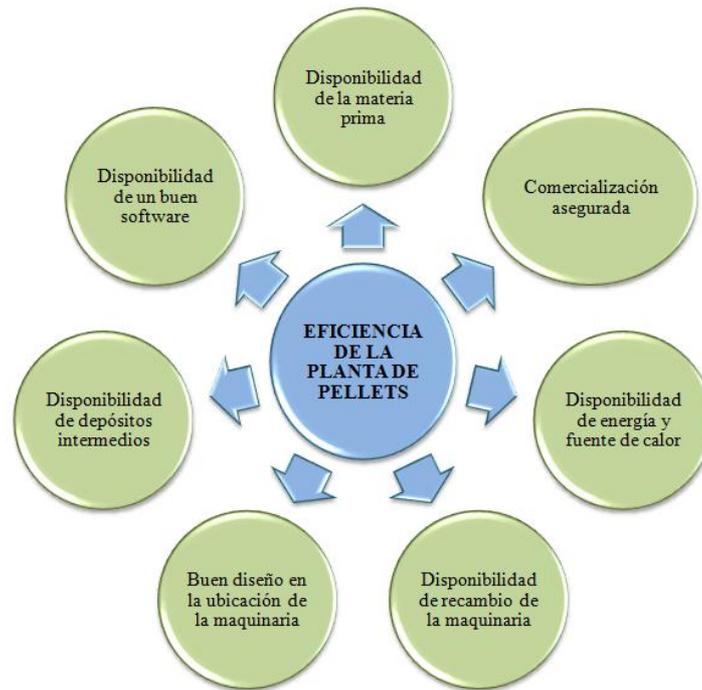
A continuación se muestra una serie de condiciones para que las plantas de pellets sean más eficientes logrando una disminución de los costes:

- Disponibilidad de materia prima de forma continua en el tiempo y tener la comercialización asegurada del producto final.
- Disponer de energía de gran potencia y/o de una fuente de calor cerca disponible.
- Instalación de equipos robustos que tengan piezas de recambio fáciles de encontrar y baratas.
- Buen diseño de ubicación de los equipos en planta
- Disponer de depósitos intermedios de material semiprocado, de gran capacidad, que permiten realizar determinadas intervenciones sin detener la producción.
- Disponer de un buen software de control para las siguientes sistemas/operaciones: el sistema de detección y extinción de incendios, evitar atascos en las cintas transportadoras que reducen la productividad, minimizar la presencia de recursos humanos en lugares peligrosos, etc. El software permite la

toma de datos y optimizar el trabajo de las máquinas y hacer el proceso energéticamente más eficiente.

A continuación se muestra un esquema resumen de las condiciones principales para la mejora de la eficiencia de las plantas de pellets (figura 7.4).

**Figura 7.4: Condiciones para la eficiencia de las plantas de pellets**



Fuente: Energías Renovables (2012).

## 7.6 PERSPECTIVAS DEL MERCADO DE PELLETS EN CASTILLA Y LEÓN

El objetivo para el periodo de vigencia del Plan de la Bioenergía de Castilla y León de aumentar la potencia instalada para consumo final en usos térmicos en 857,3 MWt, supondrá una inversión global de 443,8 M€ en el que se consumirá biocombustibles (principalmente pellets, residuos forestales y de sus industrias) por valor de 867,7 M€, con 162,9 M€/año a finales del año 2020, y con todas las instalaciones en marcha.

A continuación se presenta la tabla 7.2 con los objetivos de demanda de bioenergía para el año 2015.

**Tabla 7.2: Demanda de energía térmica con Biomasa en Castilla y León prevista para el 2015**

<b>APLICACIONES TÉRMICAS</b>	<b>Potencia instalada (Mw<sub>t</sub>)</b>	<b>Potencia instalada (Mw<sub>t</sub>)</b>	<b>Potencia instalada (Mw<sub>t</sub>)</b>	<b>Producción energía final (ketp/año)</b>	<b>Consumo energía prim. (ketp/año)</b>
<b>Inst. dom. de pequeña potencia</b>	65	6.7	72	6	8
<b>Calderas autom. edificios</b>	140	128	268	29	38
<b>Redes centralizadas</b>	6.8	33	40	4	6
<b>Instalaciones en industrias</b>	132	122	254	52	70
<b>Aprov. térmicos biogás en EDAR<sup>1</sup></b>	2.9	0	2.9	0.8	1.1
<b>Total aplicaciones</b>	<b>347</b>	<b>290</b>	<b>637</b>	<b>92</b>	<b>123</b>

Fuente: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León (2012).

Respecto a la participación pública en esta actividad, se destinarán a inversiones en forma de subvención, participaciones accionariales y adquisición directa de equipos

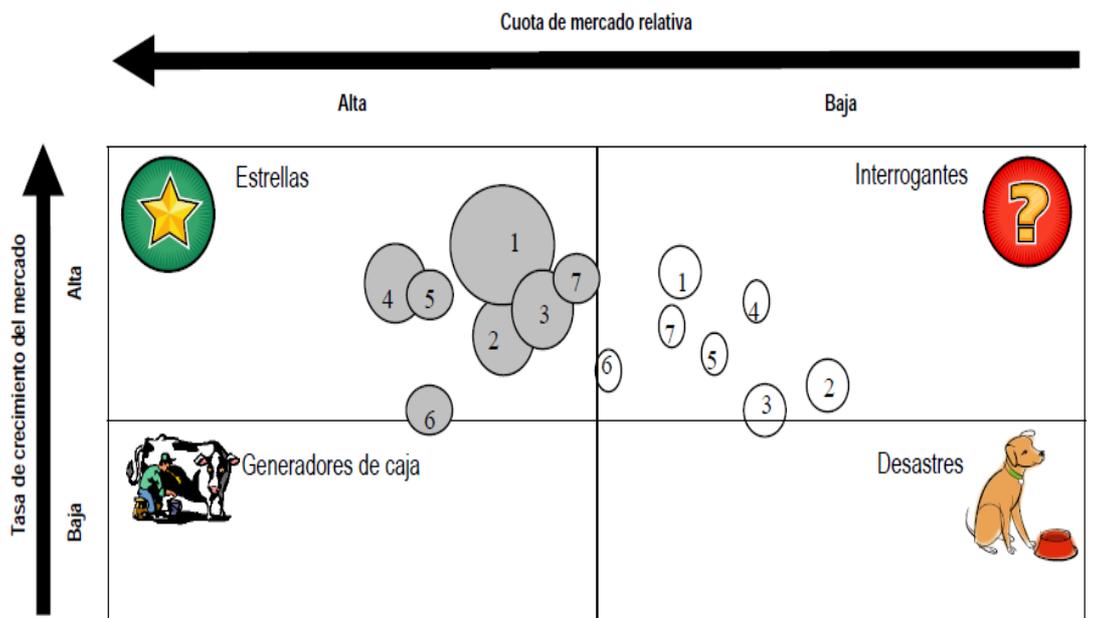
<sup>1</sup> EDAR: Empresas de aprovechamiento de residuos.

123,4 M€, que movilizarán un global de 361,9 M€. Así, con un 27,8 % de la inversión global, se logrará incidir en un 81,5% de misma. Para reflejar las previsiones futuras, cada subsector se representa gráficamente según su crecimiento y cuota de mercado o relevancia en el sector global, indicando así el efecto conjunto de todos ellos.

Esta representación permite definir los siguientes cuadrantes:

- Interrogantes: Elevado crecimiento del mercado pero débil participación.
- Estrellas: Elevado crecimiento del mercado y participación dominante en el mismo.
- Generadores de caja: Bajo crecimiento del mercado y participación dominante.
- Desastres: Bajo crecimiento del mercado y débil participación en el mismo.

Figura 7.5: Matriz de crecimiento-cuota de mercado de la bioenergía



Nota: 1 = Grandes plantas eléctricas. 2 = Pequeñas plantas eléctricas. 3 = Fábricas de biocombustibles. 4 = Redes de calefacción centralizada. 5 = Consumo de energía térmica en el sector residencial. 6 = Consumo de energía térmica en la industria. 7 = Aplicaciones en transporte.

Fuente: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León (2012).

Para el caso particular de los pellets de madera de pino, éstos se engloban en el subíndice 3, situándose en el diagrama entre producto estrella, cercano al cuadrante del interrogante y no muy lejano al desastre.

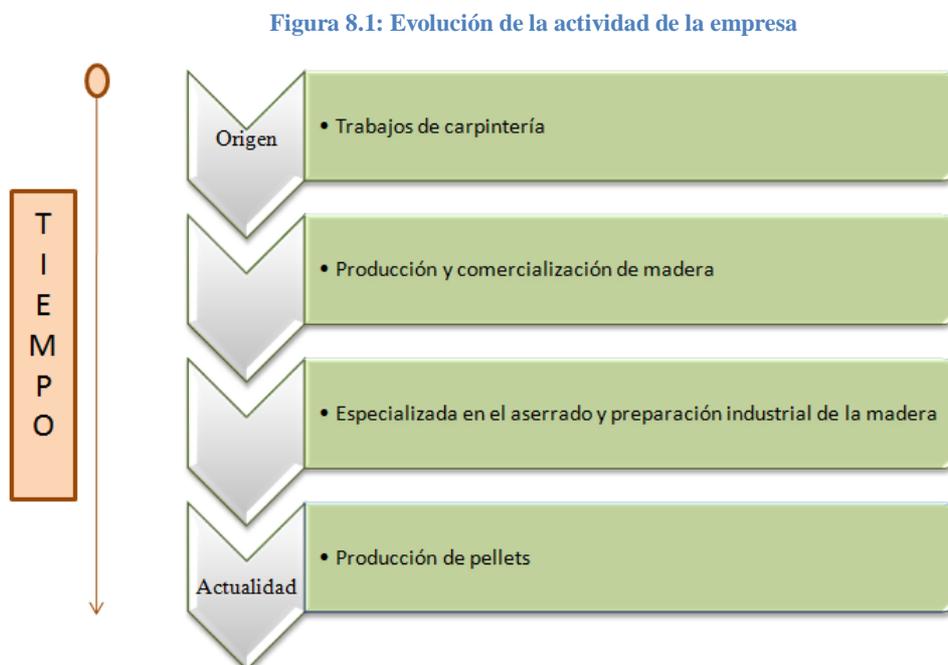
## 8 LA EMPRESA BURPELLET

### 8.1 ORIGEN DE LA EMPRESA

En el año 1936 se constituye la empresa de *Maderas Hijos Tomás Martín S.L* cuyo objeto social estaba orientado a los trabajos de carpintería. Con el paso de los años, amplió su negocio a la producción y comercialización de madera para el embalaje y la construcción. En la actualidad, está especializada en el aserrado y preparación industrial de la madera para diversos sectores industriales.

En el año 2006, como ampliación del negocio, surge Burpellet, convirtiéndose en la primera fábrica de producción de pellets de España y en una planta de cogeneración de energía. La empresa llevó a cabo una innovación por proceso ya que los conocimientos tecnológicos que fue adquiriendo, fueron aplicados a la puesta en marcha de un nuevo proceso de fabricación como es la elaboración de pellets, obteniendo una nueva maquinaria y equipos de producción, caracterizados por una elevada inversión.

En la siguiente figura se muestra la evolución de la actividad de la empresa:



Fuente: Elaboración propia.

El crecimiento de la empresa ha venido acompañado de un intenso aprendizaje tecnológico realizado a partir de del aprovechamiento de los recursos y capacidades tecnológicas.

Las razones que llevan a la construcción de la planta de pellets vienen definidas en la figura 8.2:

Figura 8.2: Razones de la instalación de la planta de pellets



Fuente: Elaboración propia.

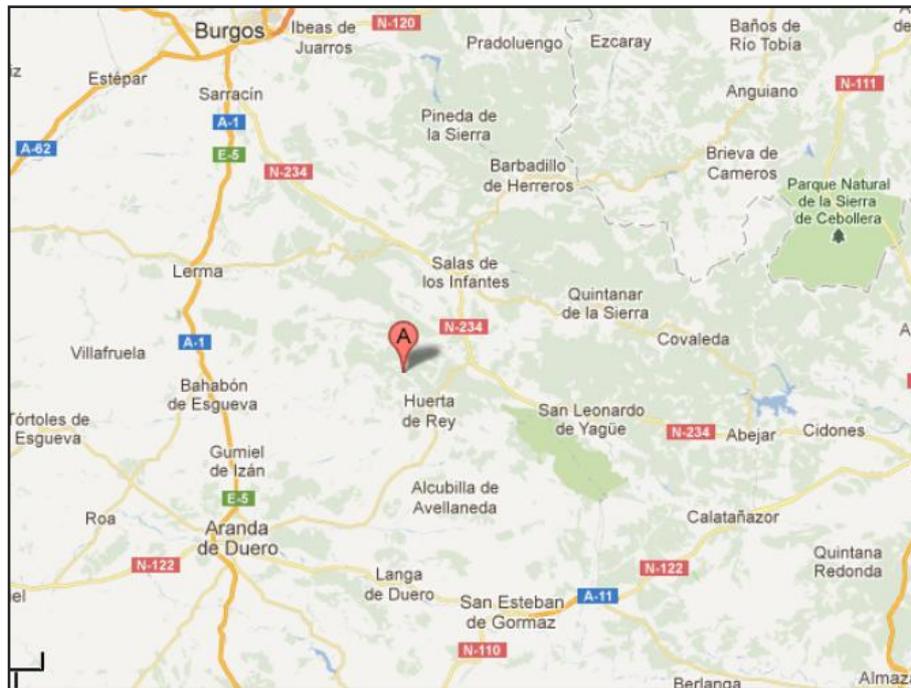
## 8.2 LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Se localiza en la provincia de Burgos a 87 Km, situada en Doña Santos de Arauzo de Miel, entre Salas y Huerta de Rey, en plena Comarca burgalesa de Pinares.

Inicialmente se localizaba dentro del casco urbano de Doña Santos (Burgos). En el año 1991 la empresa se trasladó a la carretera de Doña Santos, a unos 500 metros de la ubicación anterior, y entre 1998 y 2000 amplió dos naves nuevas, adquiriendo maquinaria mucho más automatizada.

En la figura 8.3 se muestra un mapa de la localización:

Figura 8.3: Localización de la planta



### 8.2.1 Razones de localización

A continuación se enumeran las razones principales por las que se decidió la ubicación de la planta y que define la singularidad de la instalación con el objetivo de buscar la eficiencia en la instalación:

1. Proximidad de la materia prima, dado que se encuentra en una zona productora de madera.
2. Existencia de un gran número de proveedores, esto es, empresas del sector maderero.
3. Proximidad a importantes zonas industriales en los que se ubican sus principales clientes (Aranda de Duero y Burgos).
4. Acceso a vías rápidas, para la distribución de su producción a otras importantes zonas industriales (Castilla y León, País Vasco, Cantabria, La Rioja, Aragón y Comunidad de Madrid, principalmente).
5. Disponibilidad de un bajo coste del terreno dónde se localizan las instalaciones, dotados de todos los servicios necesarios para realizar el proceso productivo.
6. Insuficiencia de la capacidad productiva en la antigua planta, lo que le obliga a elegir una nueva localización.

### 8.3 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Con el paso de los años, Burpellet ha desarrollado numerosos proyectos dentro de la planta, como la ampliación del aserradero, trituración del producto, maquinaria para trabajos forestales y el parque de pelado para la biomasa, obteniendo así toda clase de productos derivados de labores forestales de tala, aserrado y preparación de ésta, así como su carpintería.

La superficie total de la es de 70000 m<sup>2</sup>, de los cuales 10000 m<sup>2</sup> están cubiertos. La planta de pellets se compone de 2 naves que hacen un total de unos 2000 m<sup>2</sup>, sin contar con superficies para acopio de materia prima y almacén de producto terminado.

De las 500 toneladas aproximadas de madera que se reciben diariamente en la planta, la mitad se transforma en producto final para diferentes sectores industriales y el otro 50%, considerado anteriormente un subproducto con nulo o escaso valor, se revaloriza en forma de biocombustible transformándose en pellets.

La planta tiene una capacidad máxima de producción de pellets de 32000 t/año teniendo la expectativa de incrementarla a 64000 t/año por necesidades de la demanda. Tiene una capacidad de stock de 3000 t de pellets a granel en sus tres silos, y 1000 t más sobre pallets enfundados en parque.

Cuenta con 61 personas de mano de obra directa, de las que 7 se dedican a la planta de pelletización. Además, se estima que genera entre 80 y 90 personas de empleo indirecto, por los trabajos en el monte, transporte, etc.

## 8.4 PROCESO PRODUCTIVO

### 8.4.1 Integración del proceso productivo

Para la ampliación del proceso productivo de fabricación de madera, la empresa decide integrarse verticalmente hacia adelante, aprovechando el residuo del serrín (obtenido en su proceso de corte), aportándole un valor añadido al mismo, al emplearlo como materia prima para la fabricación de pellets. Las ventajas e inconvenientes de esta integración vertical se recogen en el siguiente cuadro:

**Cuadro 8.1: Ventajas e inconvenientes de la integración vertical**

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Consolidación de las actividades de la organización	Posibilidad de reducción de flexibilidad
Reducción de los costes de transacción	Elevadas necesidades de capital
Asegurar el suministro de la materia prima	Posibles problemas de gestión
Facilidad de coordinación a lo largo de la cadena de suministros	Exigencia de dominar el proceso productivo

Fuente: Miranda *et al.* (2005).

### 8.4.2 Diseño del proceso productivo y mantenimiento

Para que la empresa fabrique y diseñe el producto, es necesario que disponga de un diseño de un proceso de fabricación que le permita que el flujo de información y materiales sea fluido y eficiente. El diseño del proceso productivo es de producción continua, caracterizado por la existencia de un flujo de material sin pausa y sin transición entre operación y operación. En este sentido, el producto va pasando por una serie de operaciones, sin paradas en el proceso productivo. En caso de una avería, la planta cuenta con unos depósitos intermedios entre procesos que permiten que el resto del proceso productivo no se interrumpa.

El proceso productivo requiere de una elevada automatización, funcionando los equipos las 24 horas del día para evitar paradas y puestas en funcionamiento costosas. En cuanto al mantenimiento de los equipos, la empresa se ha centrado en que los

propios trabajadores lleven las labores de control y regulación de los equipos, porque ello conlleva numerosos beneficios para la empresa:

- Incrementa la motivación de los trabajadores, al incrementarse el número de tareas bajo su responsabilidad.
- Se facilita la labor de mantenimiento porque son los trabajadores los que mejor conocen el funcionamiento normal de las distintas maquinarias.
- Se reduce notablemente el coste y el tiempo empleado en tareas de mantenimiento.
- Se incrementa la flexibilidad del sistema productivo porque los trabajadores son polivalentes.
- La implicación de los trabajadores en el mantenimiento de la maquinaria hace que presten mayor atención a la maquinaria.

La automatización de la planta, da lugar a un notable incremento de la flexibilidad y a una mejora de la calidad en la obtención de los pellets ayudando al cumplimiento de los objetivos de la empresa de obtener pellets de carácter uniforme de elevada calidad y a un bajo coste. Véase figura 8.4.

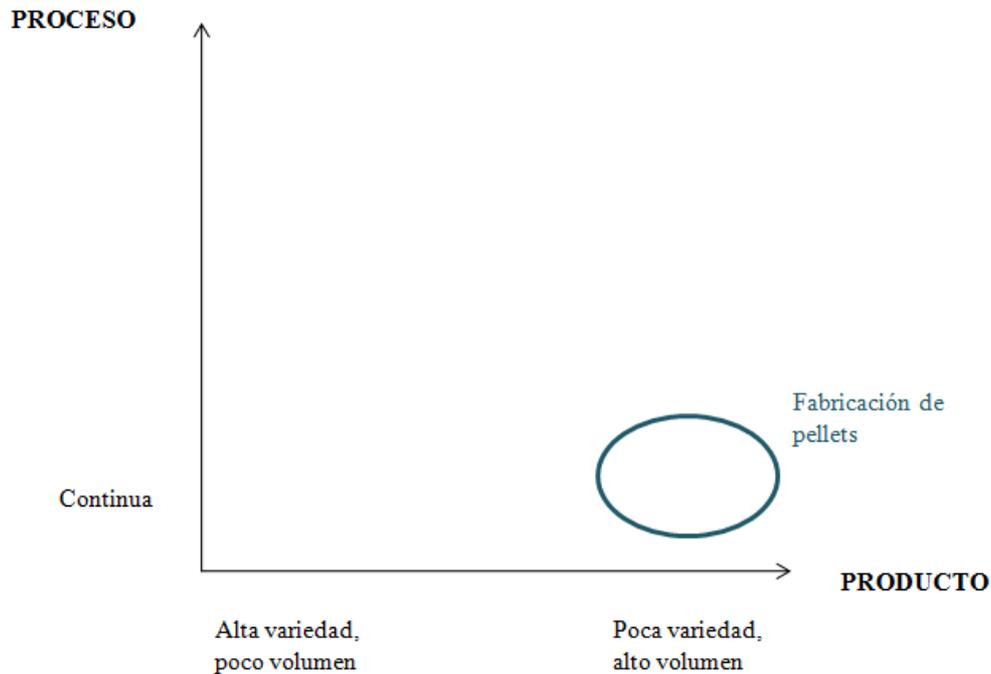
Figura 8.4: Resultados de la automatización de la planta



Fuente: Adaptado de Miranda *et al.* (2005).

La elección del proceso productivo está estrechamente relacionada con el grado de automatización que aplican en la planta de pellets así como con la variedad y el volumen del producto que se desea obtener (figura 8.5):

Figura 8.5: Matriz de producto-proceso



Fuente: Adaptado de Heizer y Render (2007).

### 8.4.3 Sistemas de transporte y almacenamiento de la planta

El transporte utilizado por la empresa para la fabricación del producto es variado. Para que el material se desplace a lo largo de la planta, utilizan:

- Transportadores de tornillo sin fin, usado para la alimentación del serrín procedente de la tolva hacia al proceso productivo.
- Transporte neumática, empleado en la mayoría del proceso de elaboración de los pellets, para transportar el material de un equipo a otro.
- Cintas transportadoras que se utilizan para que el serrín llegue al secado de bandas y se vaya transportando a lo largo de él, como en el proceso de ensacado-paletizado.
- Elevadores de cangilones para desplazar los pellets obtenidos hacia los silos.

A lo que se refiere al almacenaje de los materiales, disponen de una tolva abierta por la parte superior en la que se almacena temporalmente el serrín (figura 8.6) y donde su descarga se realiza por la parte inferior a través del tornillo sin fin. Además disponen de tres depósitos de silos donde se almacenan los pellets, que se explicará detalladamente en el punto 8.7.6 (almacenamiento del producto).

**Figura 8.6: Tolva de almacenamiento del serrín**



#### **8.4.4 Distribución en planta**

La distribución de la planta es por producto, se fabrica un producto altamente estandarizado y en grandes lotes. Se caracteriza por agrupar en un lugar todas las operaciones necesarias para fabricar los pellets, de forma que los equipos se encuentran ubicados unos cerca de otros.

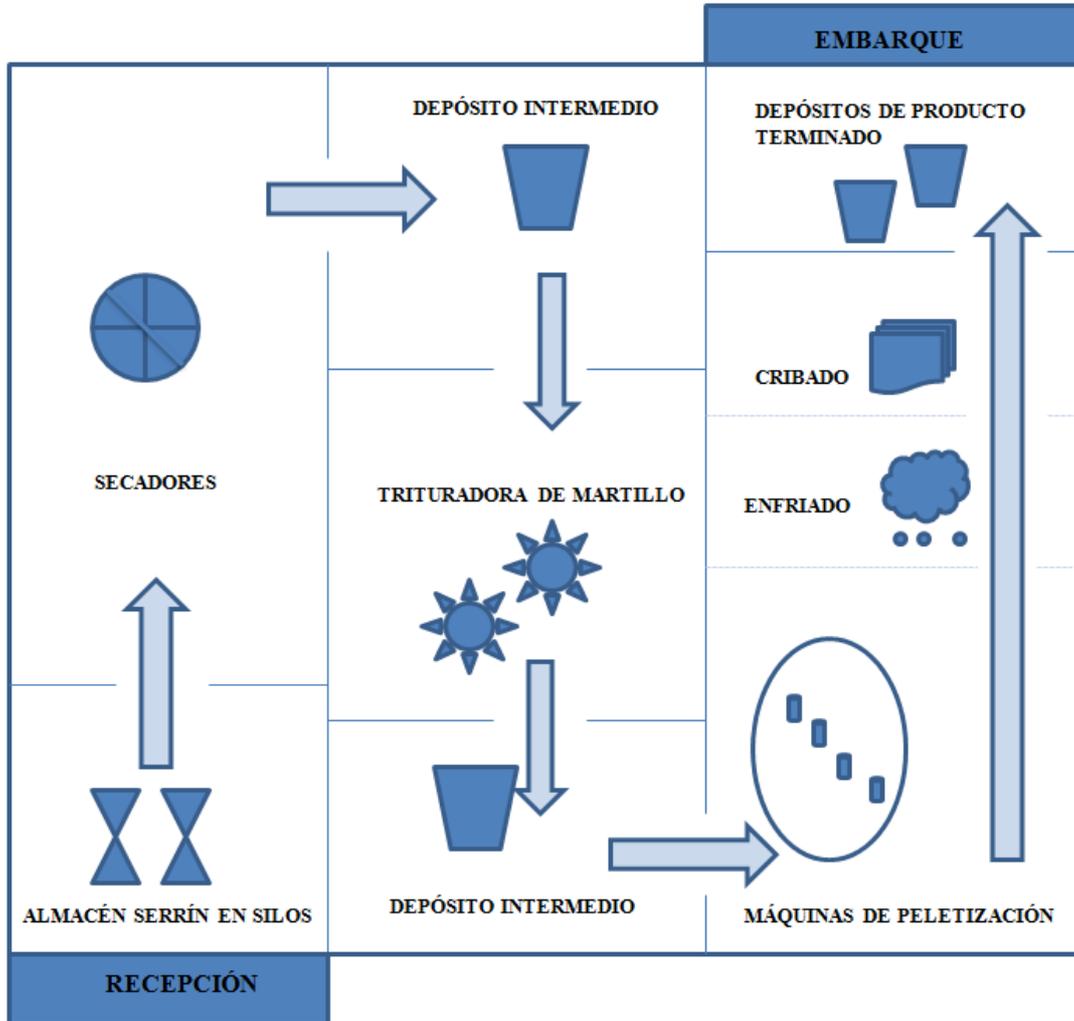
La maquinaria es altamente especializada, requiriendo un largo plazo de adaptación para pasar a fabricar un producto diferente.

Los pellets sigue una secuencia establecida, recorriendo la línea de producción de un equipo a otro a medida que va pasando por las diferentes de producción.

La planta de fabricación de pellets mide un total de 2000 m<sup>2</sup>, dividido a su vez en dos plantas. La planta 1, se encarga de la fabricación de los pellets, y la planta 2, corresponde a la preparación del producto para ser distribuido.

En la figura 8.7, se resume el proceso de elaboración de los pellets desde que se obtiene el serrín, pasando por las diferentes fases, hasta que son almacenados en los correspondientes depósitos (silos).

Figura 8.7: Distribución por procesos. Planta 1



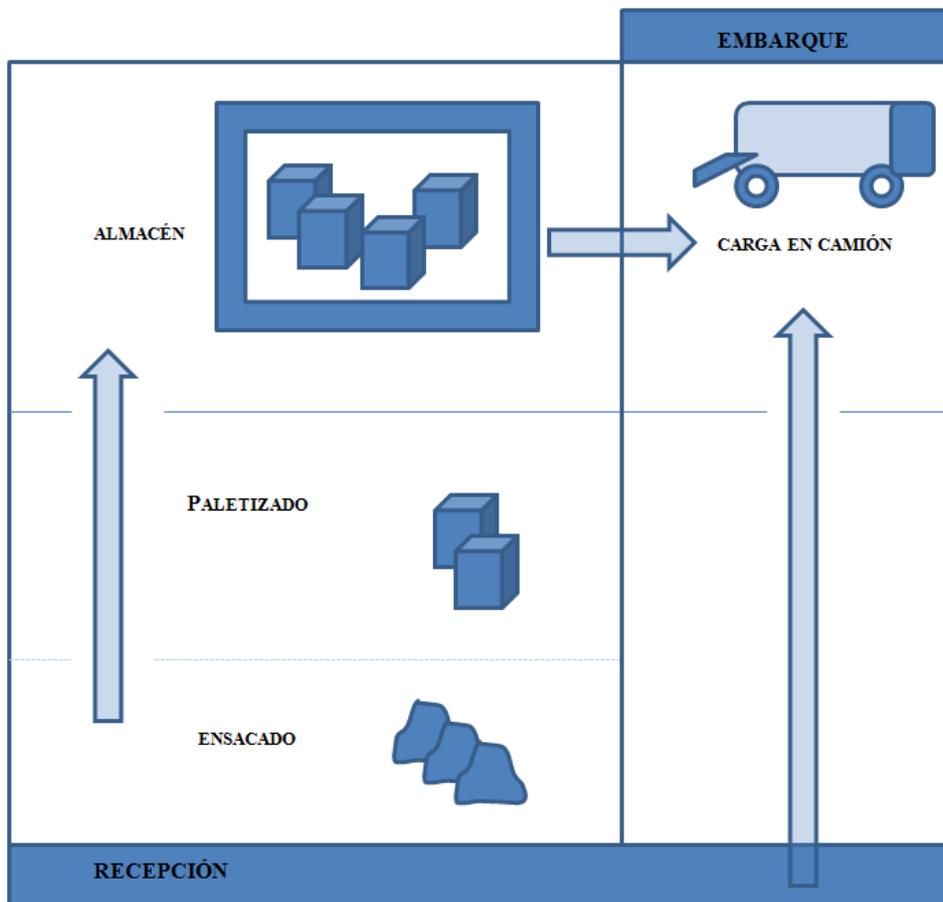
Fuente: Elaboración propia.

En caso de que se existan errores en el proceso de producción, la empresa tiene que verificar la cantidad de pellets defectuosos que se produjeron hasta el momento que detectan el fallo, por lo que dichos pellets no los pueden vender como producto certificado ENplus.

Cuando se completan las labores de mantenimiento y reparación, los pellets de madera obtenidos deben ser sometidos a un control de calidad interna. Además, Es muy importante revisar los equipos de las cintas transportadoras, los silos y las áreas de manipulación para detectar suciedad.

El esquema de la figura 8.8 recoge las actividades que se ejecutan en la planta 2, desde la recepción del pellet ya elaborado hasta la carga en el camión, existiendo dos posibilidades. La primera, consiste en que el pellet proveniente de la planta 1, pase por las fases de ensacado y paletizado, y la segunda, en que se cargue directa mediante camión cisterna.

Figura 8.8: Distribución por procesos. Planta 2

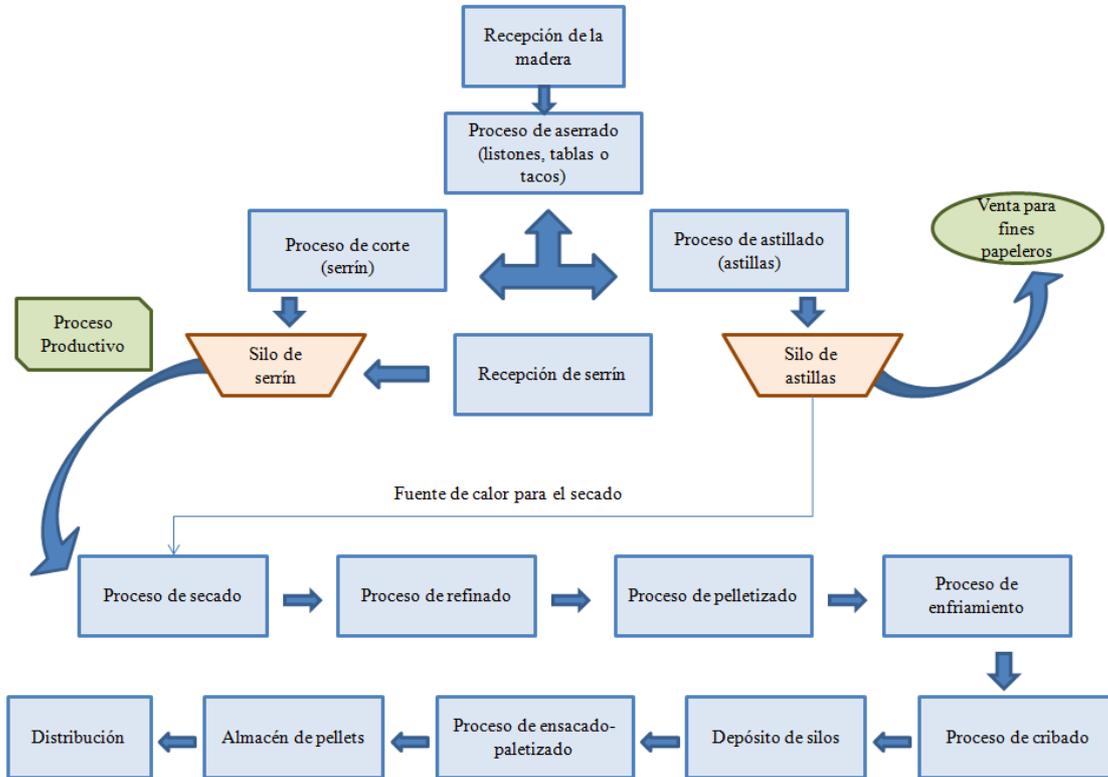


Fuente: Elaboración propia.

### 8.4.5 Fases del proceso productivo

La figura 8.9 muestra el esquema del proceso productivo de la empresa cuya explicación se realizará de forma detallada.

Figura 8.9: Esquema del proceso productivo



Fuente: Elaboración propia.

#### 8.4.5.1 La recepción y el procesado

Todos los días laborales, se reciben serrín y la madera en la planta en roys de diferentes grosores y con longitudes próximas a los 2,50 metros, procedentes de empresas del sector maderero de las zonas limítrofes.

Esta madera posteriormente se descorteza y entra en el proceso de transformación primaria del aserradero, obteniendo como producto final las tablas, listones o tacos que se producen en el aserradero.

En el proceso de corte es dónde se genera el serrín, que posteriormente se valoriza en el proceso de granulación. Todos los días se procesan en el aserradero entre 500 y 600 t de madera de pino descortezado.

Burpellet recibe 500 t/día de madera de pino. La materia prima empleada para la generación de pellets es el serrín procedente del proceso de aserrado de madera de pino.

El proceso de aserrío comienza con la clasificación automática de los trozos según su diámetro, a fin de asegurar un mayor rendimiento en las líneas de producción de madera aserrada.

En la figura 8.10 se muestra la madera transportada mediante la banda transportadora para comenzar el proceso de aserrío.

**Figura 8.10: Proceso de aserrado**



Una vez que la materia prima está seleccionada, se almacena para su posterior transformación.

#### 8.4.5.2 El astillado

La astilladora actúa sobre grandes bloques de madera para convertirlos en elementos más manejables, aprovechando la fisuración natural de troncos, ramas y raíces. Con la astilladora se reduce la granimetría de la madera entre 1 y 5 cm mediante sus sistemas de chuchillas.

La máquina astilladora que utilizan tiene 640 CV de potencia siendo capaz de obtener 60 t/h de producción. Consta de, un sistema de alimentación que, a través de pequeñas cintas transportadoras ayudan a introducir la madera en la máquina. Unos rodillos que facilitan la sujeción de la madera, y con un sistema de corte se obtienen las astillas.

En la figura 8.11 muestra la madera en proceso de disminución de tamaño a través de la maquina astilladora móvil, transformándose dicha madera en astillas que posteriormente se almacenarán en uno de sus silos.

**Figura 8.11: Astilladora Morbak de 640 CV de potencia**



Parte de las astillas, se comercializan para fines papeleros y no como fuente de calor, por su alto contenido en humedad (40%), y el resto se utiliza para generar calor para el secado.

### 8.4.5.3 El secado

La materia prima húmeda se distribuye uniformemente sobre una banda transportadora llegando al secador de banda.

Debido a la humedad de la madera es preciso realizar un secado inicial para reducir la humedad en un 10%. La instalación cuenta con secaderos de bandas, un sistema muy eficiente que reduce la humedad a valores óptimos consiguiendo así una inducción adecuada en la caldera de combustión.

En la figura 8.12 se presenta el interior del secado de banda, y cómo la materia prima es almacenada con el fin de reducir la humedad al valor óptimo comentado anteriormente.

Figura 8.12: Secador de banda Scolari



La banda desplaza la capa de producto a lo largo del túnel de secado, de forma que a través del producto húmedo y de la propia banda fluye una corriente de aire o de gases a 95°C aproximadamente, que es la que seca el producto. El aire caliente se obtiene a través del intercambio térmico de aire ambiente con agua caliente o vapor. Para obtener el agua caliente, el sistema de secado está asociado a una unidad de cogeneración con gas licuado con apoyo de una caldera de biomasa de 2 MW que se alimenta con el propio material generado en la planta.

La figura 8.13 muestra el aspecto de la materia prima después de que haya reducido su humedad a través del secado.

**Figura 8.13: Aspecto del material posterior al proceso de secado**



Las razones de elección de este sistema de secado son varias:

- Su bajo consumo de energía eléctrica.
- El nivel de emisiones contaminantes es muy bajo.
- Dispone de un funcionamiento automático.
- Utilización de energía a muy baja temperatura.
- Existe mínimo riesgo de incendio.
- La calidad del producto es óptimo.

#### *8.4.5.4 Refinado*

Una vez que el material está seco se pasa por un molino refinador. Su función consiste en triturar la materia prima hasta obtener un tamaño adecuado para el calibre del pellet final. Dispone de un molino de martillo para conseguir un material lo más uniforme posible. El tamaño recomendado de la materia prima a granular suele ser de 20x40x3 mm.

#### *8.4.5.5 El pelletizado*

Se lleva a cabo mediante el uso de un sistema de rodillos que ejercen presión en el producto, obligándolo a atravesar los orificios de una matriz al mismo tiempo que se comprime los pellets. A la salida de la matriz, un dispositivo compuesto de cuchillas, corta los cilindros, aún blandos, a la medida de la longitud que se desea con diámetros

comprendidos entre 6 y 8 mm. En la figura 8.14 se puede observar el interior de la máquina de pelletizado.

Figura 8.14: Máquina pelletizadora



El proceso de pelletizado no necesita ningún tipo de aditivo, porque la madera libera una sustancia denominada lignina que actúa como aglutinante, y que junto a la presión de los rodillos, configuran los pellets. La lignina natural de la madera, con el calor y la presión de la pelletizadora, se derrite y es el momento donde se forma realmente el pellet. Posteriormente el pellet no presenta dureza hasta una vez enfriado.

La fábrica cuenta con una pelletizadora de 440 CV, capaz de fabricar 4000 Kg/h de pellets de 750 kg/m<sup>3</sup> de densidad. Todo está dimensionado para albergar una segunda prensa más adelante y aumentar su capacidad productiva de pellets a 64000 t/año.

#### 8.4.5.6 El enfriamiento

Este proceso se realiza cruzando el flujo de los pellets contra el del aire frío. Mediante un enfriador de contraflujo colocado después de la pelletizadora, se consigue bajar la temperatura del producto, ya que la temperatura de los pellets suele rondar en los 90°. Con ello se estabilizan los pellets y se endurece la lignina constituyendo un pegamento natural, y evitando así fisuras y problemas de manipulación en las etapas posteriores del proceso productivo.

En caso contrario, daría lugar un alto nivel de desaprovechamiento de los pellets ya que estos se caracterizan por tener una importante fragilidad después de haber pasado el proceso de pelletización.

#### 8.4.5.7 *El cribado*

Es el proceso en el que el polvo de la materia prima (piezas de escasos milímetros), mezclado entre los pellets (piezas de grandes milímetros), es separado y reciclado, haciéndolo separar el polvo de los pellets de nuevo al proceso de pelletizado. La máquina del proceso es un tamizador, con sistema de vibrado y posterior clasificado, que asegura un producto homogéneo, con el fin de facilitar su manipulación y transporte, así como una perfecta optimización en los equipos de combustión.

En la figura 8.15 se aprecia el aspecto de los pellets después de haber pasado por el proceso de cribado.

**Figura 8.15: Proceso de cribado**



#### 8.4.5.8 *El ensacado-paletizado*

Se realiza mediante unos equipos de última generación, a través de una maquinaria ensacadora con dispositivo de pesaje incorporado. Este proceso permite almacenar a la intemperie el producto durante al menos doce meses sin que se altere por la humedad. Aún así, es necesario almacenar el producto en lugares donde haya un control de humedad para que no se pierdan las cualidades del producto.

La figura 8.16 presenta la máquina ensacadora-paletizado, para introducir los pellets en sus correspondientes sacos y posteriormente paletizarlo.

Figura 8.16: Máquina Boceli ensacado-paletizado



El embalaje se realiza mediante una funda elástica con fuerza de tensión por todos los lados con las siguientes características:

- Alta flexibilidad para fijar la funda adaptándose a la carga del pallet.
- Reducción de daños en el transporte y almacenamiento.
- Embalaje totalmente impermeable, protegido frente a la suciedad y a la humedad, pudiéndose acopiar en el exterior de las naves.
- Gran estabilidad de la carga gracias a la fuerza de tensión en el sentido horizontal como en el vertical.
- Fijación hasta debajo de las tablas del pallet.
- Mejor imagen de presentación de la mercancía.
- Alto rendimiento.
- Mínimo consumo específico de energía.

## 8.5 PREVISIÓN

La empresa, conoce la demanda aproximada que tiene en cada momento, es decir, toda la venta de los pellets está asegurada, así que lo que persiguen es que su instalación rinda al 100%.

La planta produce pellets todos los días del año incluyendo los sábados, domingos y festivos, trabajando interrumidamente las 24 horas del día. La época que

más demanda de pellets tiene la empresa está comprendido entre los meses de Octubre a Abril, que son aquellos que más demanda tienen.

Los pedidos se atienden con prioridades respecto a empresas y grandes consumidores con las que se blindan contratos a largo plazo.

## 8.6 EL PRODUCTO

### 8.6.1 Características de los pellets

Lo que le interesa a la empresa es que el producto satisfaga las necesidades y deseos de los consumidores, y son sus características que las hacen diferenciarse de los competidores.

En la tabla 8.1 se recogen las características de los pellets que fabrican.

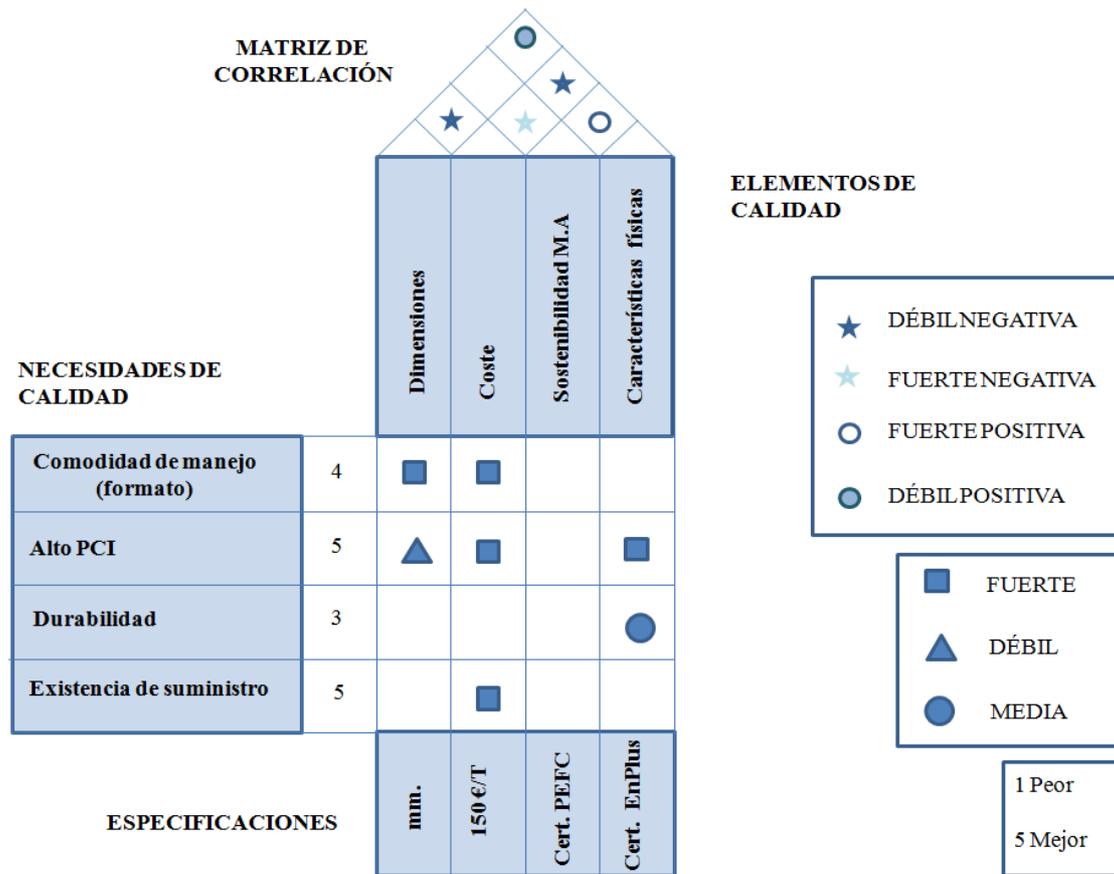
**Tabla 8.1: Características de los pellets**

Longitud	$3.15 < L > 40 \text{ mm}$
Humedad	$< 10\%$
Cenizas	$< 0.7\%$
Durabilidad mecánica	$< 97.5\%$
Finos	$< 1\%$
Poder calorífico	$4650 < Q > 4850 \text{ Kcal/Kg}$
Densidad aparente	$700 < DA > 750 \text{ Kg/m}^3$
Azufre	$< 0.03\%$
Cloro	$< 0.02\%$

Fuente: Burpellet S.L. (2012).

Con vistas en convertir la demanda de los clientes y características concretas de calidad en el producto, se establecerá un despliegue sistemático de relaciones de demanda y características mediante en el siguiente gráfico de calidad recogido en la figura 8.17.

Figura 8.17: Gráfico de calidad



Fuente: Adaptado de Miranda *et al.* (2005).

Las necesidades de calidad (comodidad, alto poder calorífico-PCI-, durabilidad y existencia de suministro) son las principales necesidades del consumidor y se ha recogido la importancia medida en una escala que varía del 1 al 5, siendo por lo tanto la existencia de suministro y el alto PCI los de mayor puntuación.

Por otro lado, los elementos de calidad en este caso se han determinado fijos según el producto que se elabora. Al combinar ambos despliegues, los símbolos indican el grado de relación entre necesidades de calidad y características de calidad, evaluando de esta manera el producto.

Se observa que existe una gran relación entre comodidad, dimensiones y coste, así como entre existencia de suministro y coste de producto. Por lo tanto, cuanto más se ajuste el servicio a las necesidades de calidad del cliente, más repercutirá en el coste; sin embargo, ajustarse en gran medida a las necesidades del cliente, la empresa se diferenciará más respecto a sus competidores.

La matriz de correlación, es la tabla triangular añadida, y establece la relación entre los diversos elementos de calidad identificados. Así se observa, por ejemplo, una componente fuerte negativa entre dimensiones y características físicas del pellet contra el coste (porque cuanto más específico sean las características del pellet, se necesitará un proceso de elaboración más exhaustivo). Por otro lado, existe una relación positiva entre sostenibilidad y características físicas determinadas por el producto lo que resulta positivo para la empresa debido a la apuesta por los certificados (EnPlus y PEFC) que disponen de su producto.

### 8.6.2 Los formatos del producto

La empresa dispone de cuatro tipos de formatos que varían dependiendo de su usuario final:

- Sacos de 15 Kg: este formato es destinado al uso de estufas o calderas domésticas pequeñas de carga manual, fácil de almacenar y manejar.
- Pallet de 65 sacos (975 Kg): son entregadas a minoristas que venden al usuario final. Son destinadas a calderas domésticas.
- Big Bag: son sacos con capacidad de hasta 1000 Kg de pellets. La empresa lo destina para el sistema de almacenamiento con silo o para recarga manual en tolvas.
- A granel: destinado a usos industriales, es el formato para sus grandes consumidores (edificios, hoteles, polideportivos...). Normalmente se distribuye directamente desde la planta al cliente final a través de camión cisterna.

### 8.6.3 El etiquetado

Para la empresa es importante ofrecer al consumidor información que le puede resultar relevante en función de sus necesidades.

Al disponer del certificado ENplus se rigen unas normas de etiquetado que son las siguientes:

- “Pellets de madera”, con la clase de longitud correspondiente. En el caso de la empresa es el ENplus A1.
- Sello de certificado para el material envasado.
- Número de identificación del envasado, indicando el número del productor.

- Masa: En kilogramos.
- Diámetro: 6 u 8 mm.
- Se incorporan dos notas: la primera que los pellets han de almacenarse en un lugar seco, y la segunda, que se utilice en calderas aprobadas y apropiadas.

#### 8.6.4 Los certificados del producto

Los pellets disponen de dos certificados que recogen las propiedades que deben reunir como producto propio de la planta Burpellet:

**El certificado PEFC:** El sistema español de certificación forestal certifica que el producto forestal proviene de un bosque gestionado con criterios de sostenibilidad.

**El certificado ENplus A1:** La clase A1 representa pellets de madera virgen y residuos madera sin tratar químicamente, con bajos contenidos en cenizas, nitrógeno y cloro.

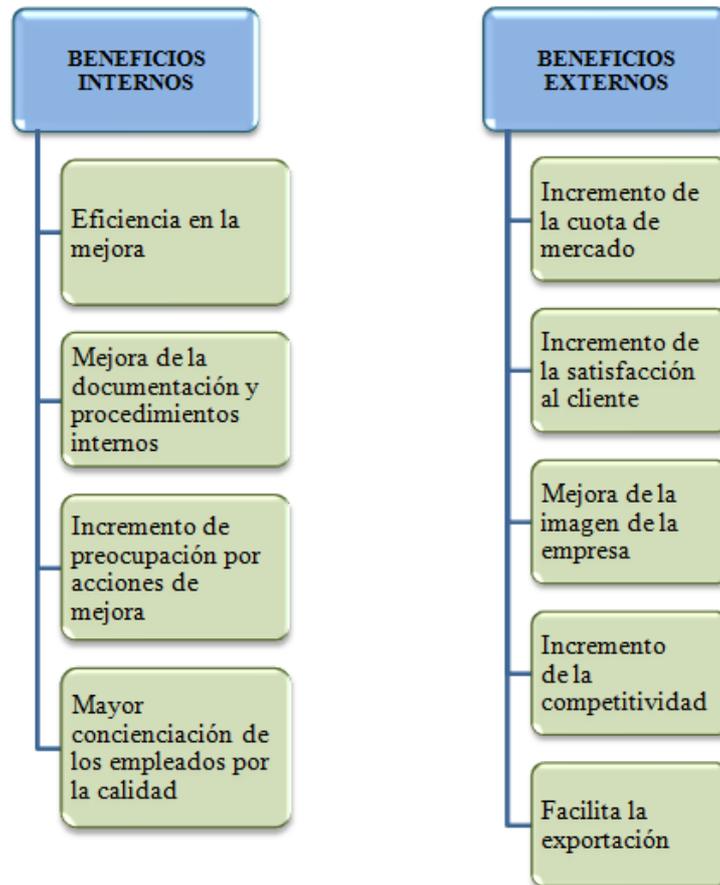
En la figura 8.18 se observan los sellos de los dos certificados que disponen los pellets de la empresa.

Figura 8.18: Certificados del producto



Estos certificados conllevan a la empresa a dos tipos de beneficios como se recoge en la figura 8.19.

Figura 8.19: Beneficios de los certificados de calidad del producto



Fuente: Adaptado de Miranda *et al.* (2005).

### 8.6.5 La manipulación del producto

Los pellets de madera son muy sensibles al desgaste físico y por lo tanto han de ser manejados con cuidado, por eso, se deben enfriar para evitar la condensación de la humedad. Esto es particularmente importante para pellets envasados en bolsas cerradas teniendo especial cuidado de que los pellets no absorban humedad.

El auto-calentamiento puede hacer variar la calidad de los pellets, y hay más posibilidades de que esto ocurra poco después de que éstos se hayan producido.

### 8.6.6 El almacenamiento

La empresa dispone de tres silos de almacenamiento de pellets herméticamente cerrados, con una capacidad en cada uno de ellos de 1000 t de pellets. Los silos disponen de aberturas de alimentación cerca del extremo superior y boca de descarga en un lateral. El objetivo de los silos es facilitar el flujo del producto dentro del mismo y protegerlo de materiales corrosivos.

La figura 8.20 muestra los silos en la que se almacenan los pellets.

Figura 8.20: Silos de almacenamiento

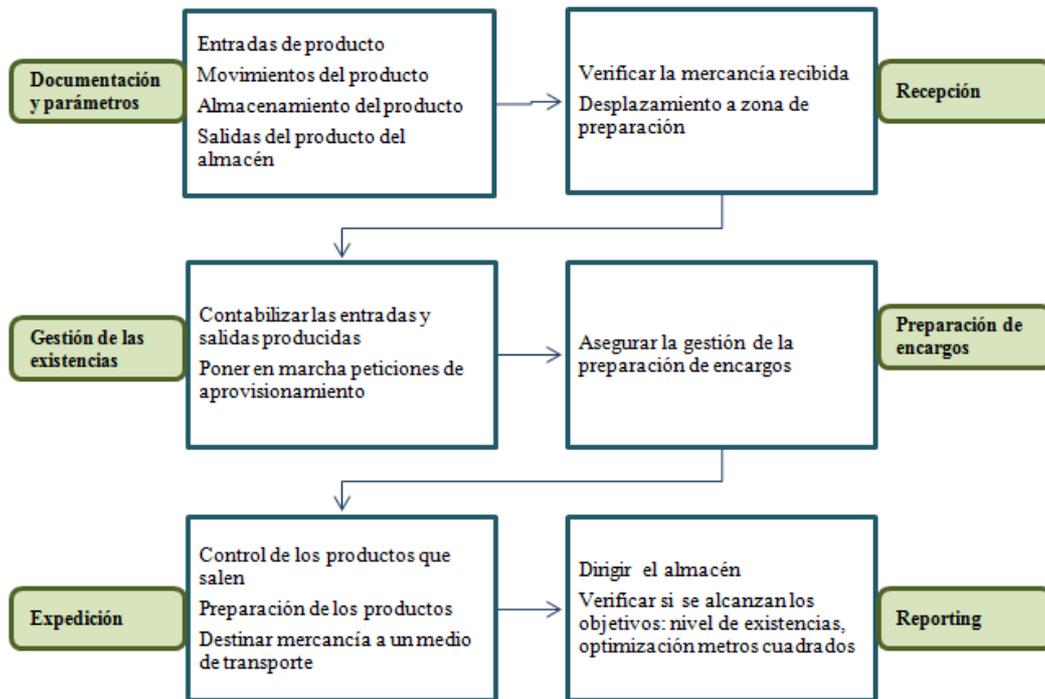


Los silos de la empresa disponen de una serie de medidas de seguridad que son los enumerados a continuación:

- El sistema de medición de temperatura: Incluye sensores de temperaturas colocados a diferentes alturas y en diferentes posiciones horizontales, capaz de medir temperaturas hasta mínimo 100° C.
- El sistema de detección de gas: Incluye analizadores de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> midiendo la atmósfera en la parte superior del silo.
- Zona de descarga de emergencia del combustible en caso de incendio.
- Inyectores de gas inerte (N<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub>) para operaciones de extinción de incendios.

La empresa dispone de un sistema de organización de equipos (*Team Management Systems*) y de un sistema de ejecución de fabricación (*Manufacturing Execution System*) para asegurar la gestión y la optimización de cada uno de los equipos a nivel operativo y de ejecución. Ambas cubren seis etapas funcionales que se recogen en la figura 8.21.

Figura 8.21: Optimización de almacenaje



Fuente: Burpellet S.L. (2012).

## 8.7 INVENTARIO

El inventario ayuda a adecuar un flujo de producción y un flujo de demanda de diferente frecuencia temporal. Al tener un solo producto, la gestión del inventario es sencilla expidiendo lo fabricado con mayor anterioridad y existiendo una trazabilidad que facilita la gestión. Las ventajas de disponer de un inventario vienen definidas en la figura 8.22.

Figura 8.22: Ventajas del inventario



Fuente: Adaptado de Miranda *et al.* (2005).

El tiempo medio que tarda la mercancía en salir del almacén depende de la temporada, aunque como máximo tarda en salir 5 meses. Además, se dispone de un stock de seguridad en el parque de madera de 10000 t de madera en rojo, que aproximadamente es la que se consume en un mes, para su posterior transformación en listones, tablas o tacos. El stock de seguridad ayuda a la empresa frente a la incertidumbre de demanda y del plazo de entrega de los pedidos, evitando así la inexistencia de inventarios y la consiguiente parada del proceso productivo así como la insatisfacción de la demanda de sus clientes.

## 8.8 CONTROL DE CALIDAD

Los pellets obtenidos en la planta son sometidos a rigurosos controles de calidad. En sus instalaciones se realizan constantemente análisis de humedad, densidad, durabilidad, longitud y finos, que facilitan el proceso de valorización, consiguiendo que todo el producto fabricado sea totalmente acorde con la ficha técnica certificada del pellet.

El cuadro 8.2 describe el control al que están sometidos los diferentes parámetros en función de la frecuencia y momento de la producción.

**Cuadro 8.2: Controles de calidad**

PARÁMETRO	PUNTO DE LA PRUEBA	FRECUENCIA
<b>Densidad aparente</b>	Después de la producción, antes del almacenamiento	Al menos una vez por turno
<b>Humedad</b>	Después de la producción, antes del almacenamiento	Al menos una vez por turno
<b>Durabilidad mecánica</b>	Después de la producción, antes del almacenamiento	Al menos una vez por turno
<b>Longitud</b>	Después de la producción, antes del almacenamiento	Al menos una vez por turno
<b>Finos</b>	En el último punto posible antes de la entrega	Al menos una vez por turno

Fuente: Burpellet S.L. (2012).

Además, laboratorios cualificados, independientes y reconocidos a nivel nacional e internacional analizan periódicamente el producto, verificando sus características y etiquetados.

Los controles de calidad para comprobar si el producto es óptimo o no, se realizan todos los días con un máximo de 8 horas, es decir, al menos una vez por turno.

En las figuras 8.23 y 8.24 se observan dos controles de calidad realizados en la planta. En la primera, se muestra un ensayo de cribado, donde se determina la medida del paso de malla por el que se quedan retenidos los pellets verificando que tengan el

tamaño adecuado y no sufran disgregaciones. La segunda, muestra un ensayo de determinación de humedad de las muestras recogidas.

**Figura 8.23: Controles de calidad. Ensayo de cribado**



**Figura 8.24: Control de calidad. Ensayo de humedad**

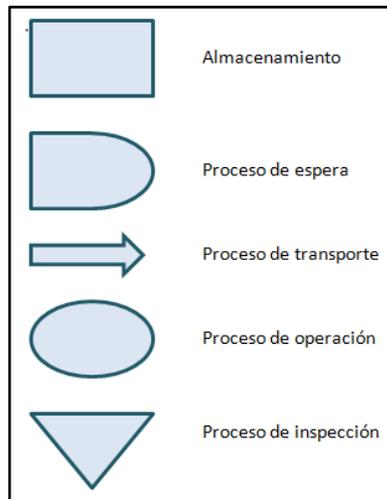


En caso de que los pellets sean defectuosos, se tiene que verificar la cantidad que se ha producido e identificar los pallets para retirarlos. Una vez rectificado el error, los pellets producidos deben ser sometidos a un proceso de calidad interna.

### 8.8.1 El gráfico de proceso de control de calidad

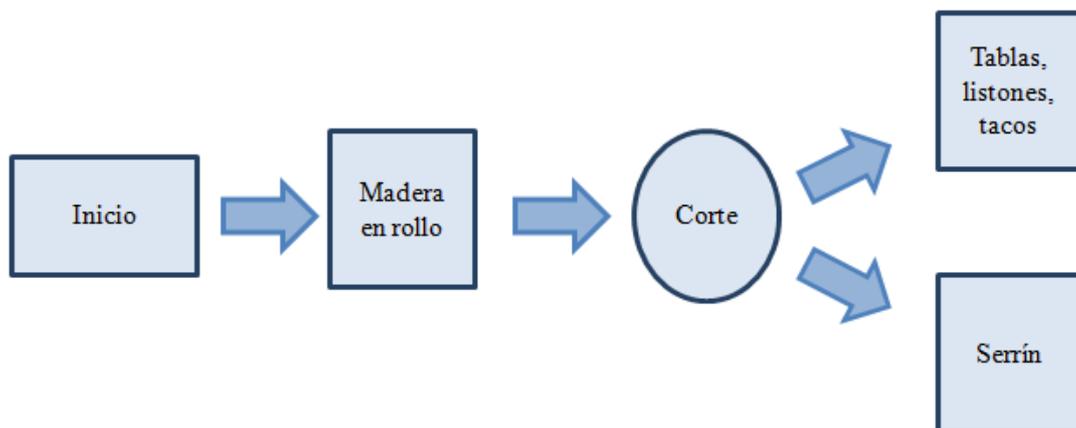
El gráfico de proceso indica todos los movimientos de los materiales a lo largo del proceso de fabricación de forma más detallada.

Para elaborar el diagrama se emplean los siguientes símbolos:



En la figura 8.25 se observa los pasos a seguir para la obtención del serrín que se utilizará como materia prima.

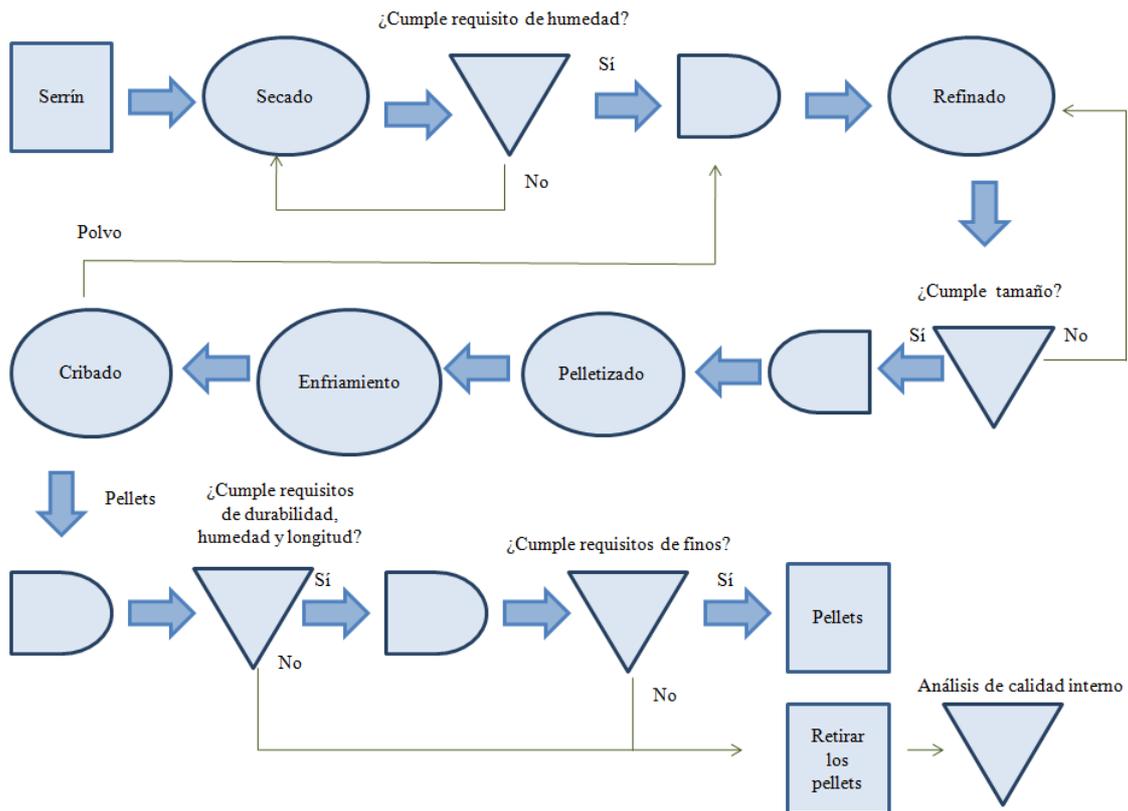
Figura 8.25: Proceso de obtención del serrín



Fuente: Adaptado de Miranda *et al.* (2005).

Por su parte, en la figura 8.26 se observa la cadena de transformación del serrín a pellets, resaltando los procesos de toma de muestras y análisis de control de calidad entre las distintas fases. Además toma importancia la presencia de los distintos depósitos intermedios que permite seguir trabajando ante la eventual avería de un equipo.

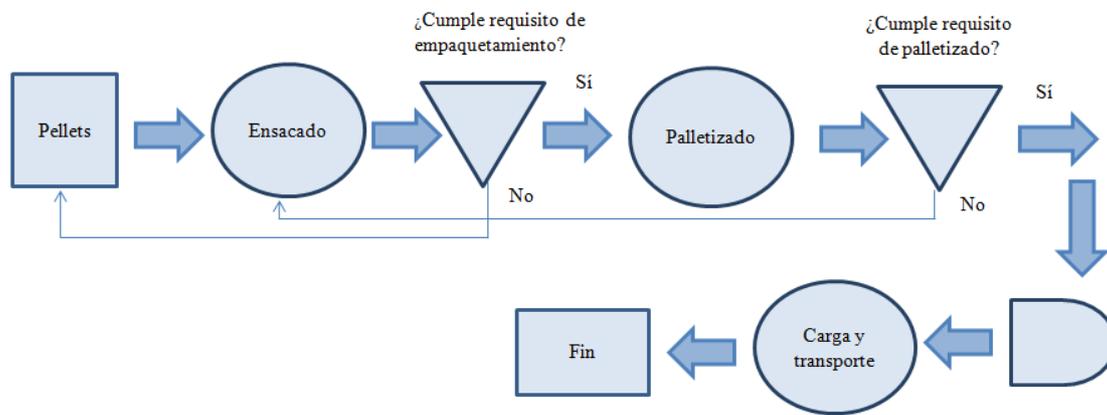
Figura 8.26: Proceso de transformación de pellets



Fuente: Adaptado de Miranda *et al.* (2005).

Por último se muestra el proceso de empaquetado, paletizado y carga de los pellets que van a ser distribuidos (figura 8.27). Si la carga se realiza con camión cisterna los pellets se cargan directamente al camión.

Figura 8.27: Proceso de carga



Fuente: Adaptado de Miranda *et al.* (2005).

## 8.9 LA PRODUCTIVIDAD

La productividad relaciona el volumen de producción con la mano de obra empleada para la fabricación de un producto. En la empresa se distinguen dos épocas de producción, la de invierno y la de verano, en la que los volúmenes de producción de pellets varían. En invierno producen alrededor 60  $t_{\text{pellets}}$ /día, mientras que en verano la cifra aumenta a 100  $t_{\text{pellets}}$ /día.

Teniendo en cuenta que en la planta de pellets cuenta con siete trabajadores, dicha productividad se obtendría mediante la siguiente fórmula

$$Productividad = \frac{\text{producción}}{n^{\circ} \text{ de trabajadores}}$$

A continuación se muestra en la tabla 8.3 los resultados de la productividad de la mano de obra.

Tabla 8.2: Productividad de la mano de obra

Temporada	Productividad (t/día por trabajador)
Invierno	8.6
Verano	14.3

Fuente: Elaboración propia.

## 8.10 PROVEEDORES

Son intermediarios del sector maderero que operan con madera en royo de las provincias limítrofes en un radio de 60-90 km de distancia de la planta. Dichas empresas proveedoras obtienen la madera de los montes y pinares municipios cercanos como el de San Bernardo de Yaguë.

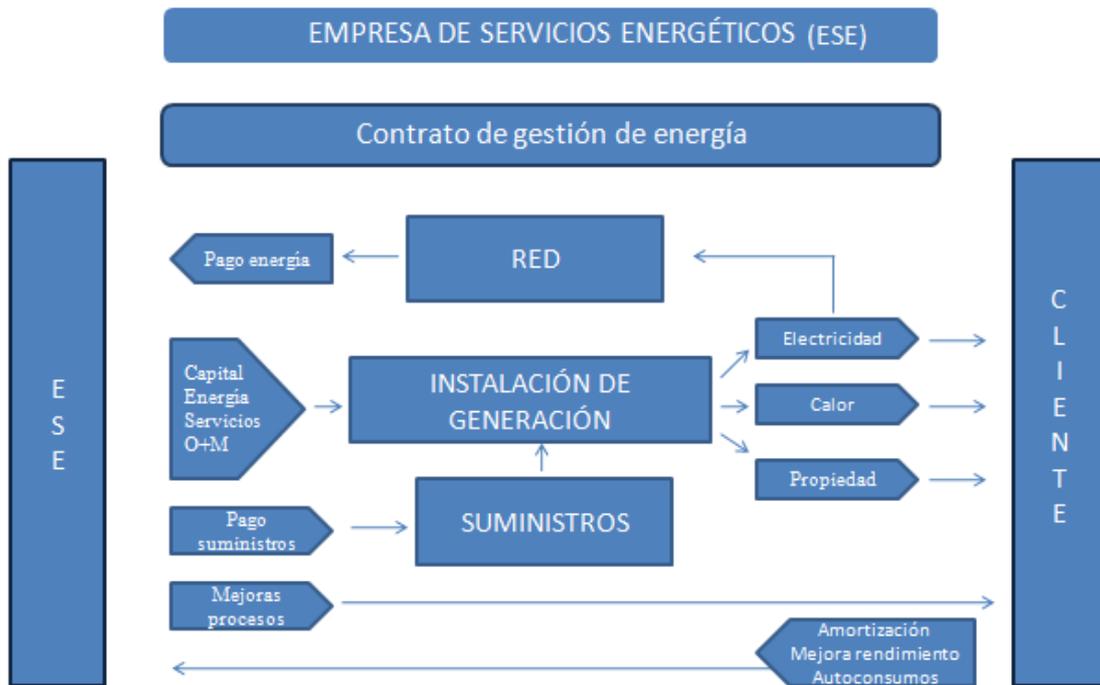
Dichos proveedores de madera son un ejemplo de mitigación de empleo en las zonas rurales, control de la biomasa forestal de los bosques para la prevención de incendios y conservación de una manera legal y sostenible.

## 8.11 CLIENTES

Los clientes de la planta son en su mayoría instaladores y Empresas de Servicios Energéticos (ESE's), que son aquellas que ofrecen un servicio integral, desde la instalación, hasta el suministro de la biomasa y el mantenimiento de las instalaciones. Los clientes de las ESE's pagan en función de su consumo, incluyendo en el contrato el precio de la biomasa durante la duración del contrato.

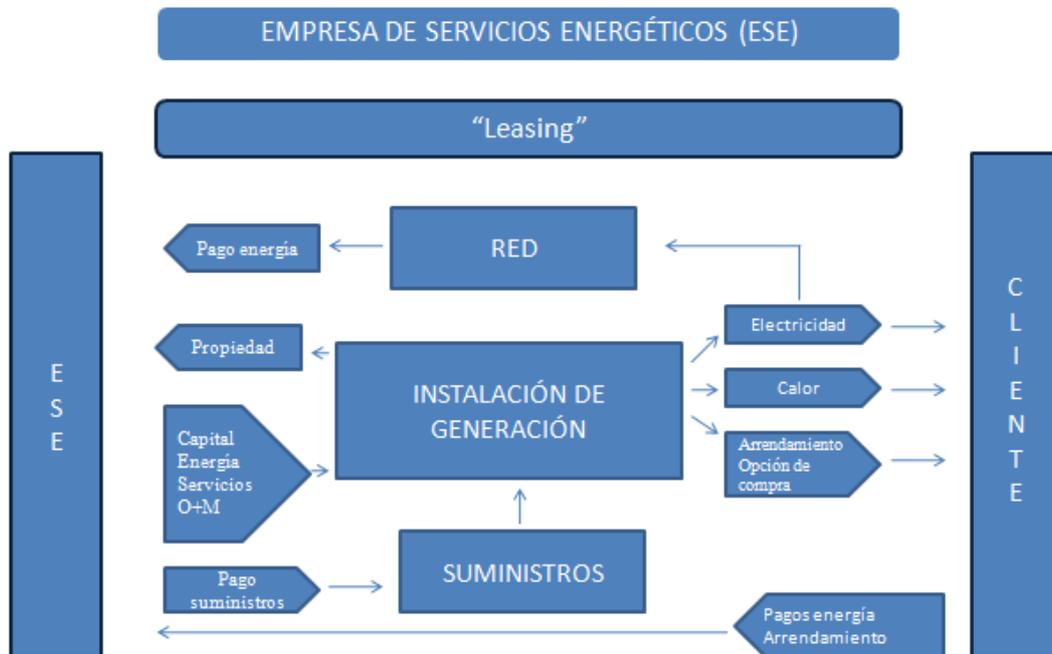
Generalmente, el modelo de gestión de las ESE's se basa en un contrato entre el usuario y la empresa, con el objeto de cubrir la demanda térmica (por ejemplo de un edificio) y establecer un pago por los servicios prestados, que se estima (en parte o totalmente) en función de la obtención de mejoras en la eficiencia energética y/o en un ahorro de energía primaria consumida. Se distinguen 2 modalidades de ESE's:

Figura 8.28: Empresa de servicios energéticos- contrato de gestión de energía-



Fuente: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León (2012).

Figura 8.29: Empresa de servicios energéticos-leasing



Fuente: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León (2012).

## 8.12 LOGÍSTICA

De la empresa Burpellet sale mercancía todos los días laborales de la semana hacia todo el territorio nacional.

Principalmente, se gestiona mediante grandes distribuidores a los que se les facilita cargas completas de camiones de gran tonelaje, de entre 24 - 25 t. El transporte siempre se subcontrata, (figura 8.30), a excepción de las cargas a granel para las que se dispone de un camión cisterna que realiza descargas neumáticas.

Figura 8.30: Carga de la mercancía



A nivel internacional, están vinculados comercialmente con Italia. La ruta de envío es mediante transporte terrestre por carretera hasta el Puerto de Valencia y hasta Italia vía barco.

Durante el proceso de carga, el conductor del vehículo de reparto debe asegurarse de la calidad de los pellets realizando una inspección visual. Es muy importante que la temperatura de los pellets cargados no exceda de los 40° C.

Además, con cada entrega de pellets a granel al usuario final, la empresa tiene obligación de tomar una muestra de referencia durante la carga del vehículo de transporte, archivando 2,1 Kg de pellets por día de la cantidad entregada y que tiene que archivar por lo menos hasta nueve meses.

## 9 ANÁLISIS ECONÓMICO DE COMBUSTIBLES

### 9.1 INTRODUCCIÓN

El principal uso del pellet es la generación de energía térmica, pudiendo alimentar un sistema de climatización del mismo modo que si se realizara con gas, gasoil o electricidad. Su tamaño reducido permite automatizar la dosificación del combustible como si fuese líquido.

La instalación de la biomasa (caldera e instalaciones auxiliares) suele resultar más cara que la de otros tipos de combustibles, pero el precio reducido de los pellets, es la solución más barata a largo plazo. El pellet no está sujeto a fluctuaciones como el resto de los combustibles, permaneciendo estable a lo largo del tiempo.

Para producir la misma cantidad de energía que se produce al quemar un litro de gasoil, necesitamos 2 Kg de pellets.

La producción térmica puede realizarse mediante:

- Estufas, que calientan una única estancia y normalmente actúan simultáneamente como elementos decorativos.
- Calderas de baja potencia para viviendas unifamiliares o construcciones de gran tamaño.
- Calderas diseñadas para un bloque de viviendas como calefacción centralizada.
- Centrales térmicas que calientan varios edificios o grupo de viviendas (*district heating*).

## 9.2 ESTUDIO COMPARATIVO

A continuación se procede a determinar los costes anuales de gasoil, biomasa gas natural para una instalación de una vivienda tipo de 200 m<sup>2</sup> con una demanda térmica de 172000 Kcal/día. Se realiza un estudio para comparar y determinar qué instalación resulta más adecuada a corto (< 5 años) y a largo plazo (> 10 años).

Los datos de partida se recogen en la siguiente tabla:

<b>ESTUDIO ECONOMICO</b>	<b>GASOIL</b>	<b>BIOMASA</b>	<b>GAS</b>
Superficie (m <sup>2</sup> )	200		
Demanda de calor. (Kcal/día)	Q=172000		
Rendimiento de caldera (%)	91	90	91
Poder calorífico (PCI)	8500	4500	9500
Coste combustible (€/Kg)	0.72	0.27	0.49
Precio instalación (€)	4000	6300 <sup>2</sup>	4000

Fuente: Elaboración propia.

El coste total anual de cada uno de los combustibles se ha determinado a partir de la siguiente fórmula:

$$C = \frac{Q * h * cc}{PCI * \eta}$$

Donde:

---

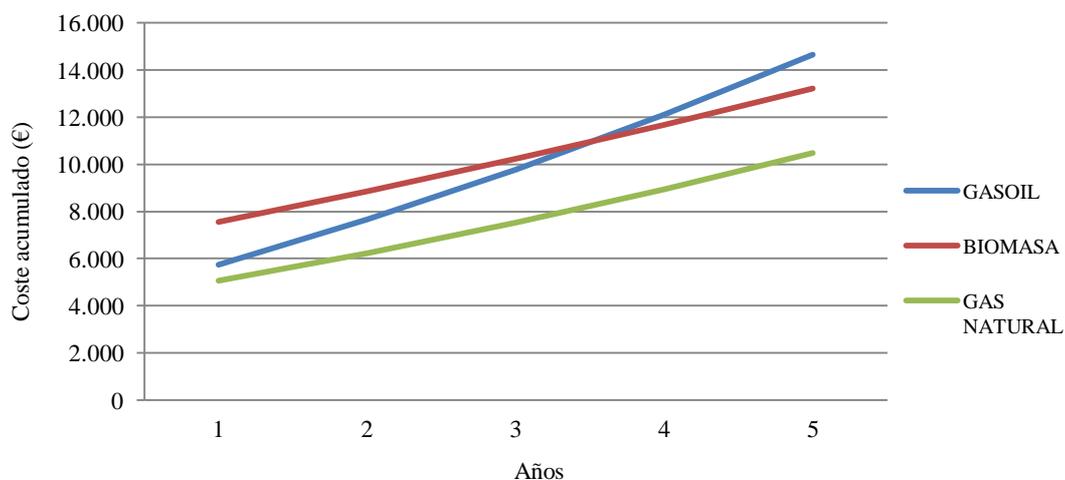
<sup>2</sup> Se ha tenido en cuenta una subvención estatal de 4000 €

- $C$  = Coste anual [€]
- $Q$  = Potencia Térmica necesaria de Proyecto [172000 Kcal/día]
- $h$  = Horas anuales [2617 h]
- $cc$  = Coste combustible [0.72 €/Kg para gasoil, 0.27 €/kg para biomasa y 0.49 €/Kg para el gas natural]
- $\eta$  = Rendimiento caldera [95 % gasoil, 90% biomasa y 91% para el gas natural]
- $PCI$  = Poder Calorífico Combustible [8.500 Kcal/Kg gasoil, 4.500 Kcal/Kg biomasa y 9500 Kcal/Kg gas natural]

Para este estudio se ha tenido en cuenta un previsible incremento anual de cada uno de los combustibles para un total de quince años. Se estima en el caso del gasoil un incremento del 10%, la biomasa del 5% y para el gas natural del 10%

En el gráfico 9.1 se representa el coste acumulado del gasoil, de la biomasa y del gas natural a lo largo de 5 años. Inicialmente el coste acumulado de la biomasa (teniendo en cuenta una subvención de 4000 €) es superior al coste del gas natural y del gasoil. Esto es debido a que el coste de la caldera de biomasa es más elevado que el de los otros dos combustibles. A partir del año 3, se observa que el coste acumulado del gasoil supera al de la biomasa, mientras que el coste del gas natural se mantiene todavía por debajo.

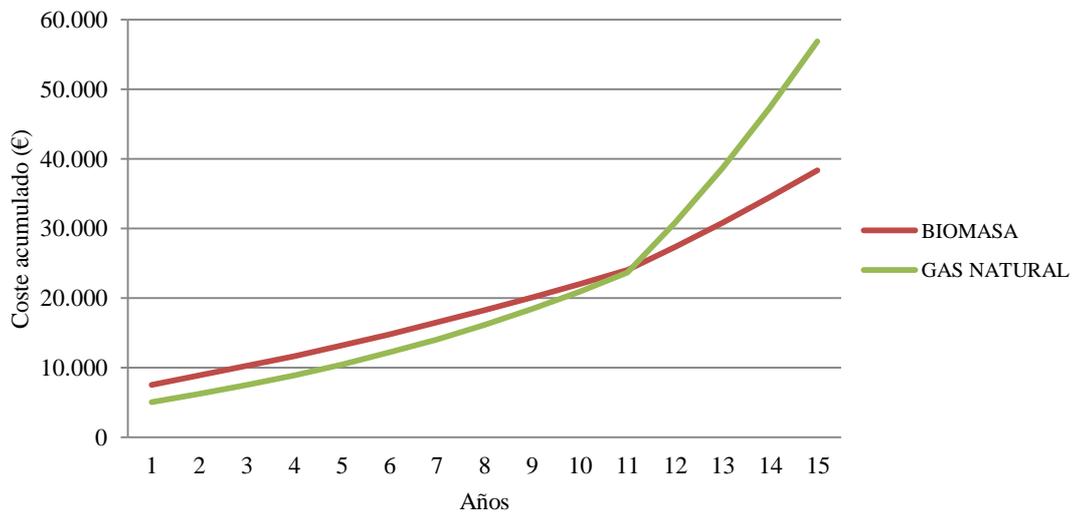
Gráfico 9.1: Coste acumulado de los combustibles en cinco años



Fuente: elaboración propia.

En el gráfico 9.2, se representa el coste acumulado de la biomasa y el del gas natural en un periodo de quince años. En este caso, el coste de la biomasa está por encima que el del gas natural hasta aproximadamente el año 11. A partir del año 11, el coste del gas natural supera al coste de la biomasa.

**Gráfico 9.2: Coste acumulado de la biomasa y el gas natural en quince años**



Fuente: Elaboración propia.

A partir de los gráficos anteriores se llega a la conclusión, de que a corto plazo es más rentable disponer de una instalación de gas natural, mientras que a largo plazo una instalación de biomasa resulta más viable. Por otro lado se descarta definitivamente el uso del gasoil por el elevado precio de los combustibles derivados del petróleo.

En la tabla 9.1 se recoge el coste anual del gasoil, biomasa y el gas natural a lo largo de quince años. Se observa que desde un primer momento el coste anual del gasoil es el más elevado, seguido de la biomasa y del gas natural. Es en el año 5 cuando el coste anual del gas supera el de la biomasa, manteniéndose ésta por debajo del gas a lo largo de los años.

Tabla 9.1: Coste anual de los combustibles (miles de € / año)

<b>Año</b>	<b>Año</b>	<b>GASOIL</b>	<b>BIOMASA</b>	<b>GAS NATURAL</b>
2012	1	1,746	1,250	1,063
2013	2	1,920	1,313	1,169
2014	3	2,112	1,379	1,286
2015	4	2,324	1,447	1,415
2016	5	2,556	1,520	1,556
2017	6	2,812	1,596	1,712
2018	7	3,093	1,676	1,883
2019	8	3,402	1,759	2,072
2020	9	3,742	1,847	2,279
2021	10	4,116	1,940	2,507
2022	11	4,528	2,037	2,757
2023	12	11,745	3,318	7,152
2024	13	12,919	3,483	7,857
2025	14	14,211	3,658	8,653
2026	15	17,196	4,032	10,471

Fuente: Elaboración propia.

## 10 CONCLUSIONES

El desarrollo del trabajo ha permitido obtener las siguientes conclusiones:

- España se caracteriza de una alta dependencia energética sujeta a los precios marcados de los países exportadores siendo los precios más elevados que los de la media Europea.
- Las energías renovables disminuyen la dependencia energética al ser recursos autóctonos, crean empleo y son respetuosas con el medio ambiente.
- La biomasa todavía se encuentra poco desarrollada en España pesar de ser una energía que contribuye a revalorizar los recursos, motiva al desarrollo rural, y ofrece precios muy competitivos respecto al resto de energías convencionales. Sin embargo, los principales inconvenientes que presenta este tipo de energía es la elevada inversión en los equipos de producción y la existencia de un riesgo de suministro de materia prima, obligando a la empresa a realizar contratos a plazo con sus proveedores de materias primas.
- Las situaciones del mercado motivan a las empresas a invertir en recursos necesarios para la fabricación de nuevos productos que se adaptan a las necesidades y deseos de los clientes.
- La experiencia y el incremento de conocimientos de la actividad productiva ofrecen nuevas oportunidades empresariales para poder fabricar nuevas líneas de productos e incrementar así sus beneficios.
- La localización de las empresas es un factor clave para el desempeño de su actividad, pudiendo dar lugar a una disminución de los costes, mejor comunicación con los proveedores y/o un acceso más favorable a la materia prima.
- El suministro de la materia prima es un elemento fundamental para que no se produzcan paradas en el proceso productivo evitando retrasos en la obtención de sus productos.
- El diseño de las instalaciones de las plantas de producción es importante para que las empresas puedan llevar de una forma eficiente el desarrollo de su actividad.

- Aquellas empresas que disponen de una fuerte automatización en sus equipos de producción, se caracterizan por unos bajos costes de producción. Es interesante combinarlo con el mantenimiento y control continuo de los equipos para evitar posibles paradas/retrasos en la fabricación de los productos.
- La distribución en planta es un elemento importante para que la producción se adapte a la línea de producción evitando así altos costes de transporte y de producción.
- Las empresas tienen que ofrecer un producto que se adapte a las necesidades de los clientes. Es necesario que se lleven a cabo controles de calidad que garanticen la entrega de un producto óptimo al consumidor final.
- Disponer de certificados de calidad de los productos fabricados hace que la empresa sea más competitiva y que los trabajadores se sientan más motivados.
- Las relaciones con los proveedores y los clientes es un factor clave para que la empresa desarrolle su actividad.
- La fabricación de pellets se caracteriza por una elevada automatización, un continuo mantenimiento de los equipos y la realización de rigurosos controles de calidad que garantizan un pellet óptimo.
- Disponer de caldera de pellets para uso doméstico resulta más viable a largo plazo en comparación del gasoil y del gas natural.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

Alternativas Energéticas y Medio Ambiente (AEMA) (2012). “Burpellet, quinta empresa en obtener el certificado ENplus”. Consultado el 20 de junio de 2012. Documento disponible en <http://aemaenergia.es/blog/?p=573>.

Asociación de Productores de Energías Renovables (2012): [www.appa.es](http://www.appa.es).

Asociación para la Certificación Española Forestal (2012): [www.pefc.es](http://www.pefc.es).

Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (2012): [www.avebiom.org](http://www.avebiom.org).

Burpellet S.L (2012): [www.burpellet.es](http://www.burpellet.es).

Cámara de la Madera de Argentina (2012): [www.cadamda.org.ar](http://www.cadamda.org.ar).

Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León (2011). Decreto 2/2011, de 20 de enero, por el que se aprueba el *Plan Regional de Ámbito Sectorial de la Bioenergía de Castilla y León* (BOCyL).

Comisión Nacional de la Energía (2012): [www.cne.es](http://www.cne.es).

Cuervo, A. (2001). “*Introducción a la dirección de empresas*”. Madrid: Civitas.

Fernandez,E., Avello,L. y Fernandez,M. (2006). “*Estrategia de producción*”. Madrid: McGraw Hill.

Gonzalo, A. (2012) “Nueva planta de pellets en Burgos”. *Bioenergy International*, [online] Vol (14), pág: 16. Disponible: <http://www.bioenergyinternational.es/noticias/News/show/nueva-planta-de-pellets-enplus-a1-en-burgos-486>. [Consultado el 1 de julio, 2012].

Heizer,J. y Render,B. (2008). “*Administración de operaciones*”. México: Pearson Educación.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2012). Ministerio de Industria, Energía y Turismo: [www.idae.es](http://www.idae.es).

Instituto Nacional de Estadística (2012): [www.ine.es](http://www.ine.es).

Miranda,G. F.J., Rubio,L.S., Chamorro,M.A., y Bañegil,P.T.M. (2005). “*Manual de dirección y operaciones*”. Madrid: Paraninfo.

“Novedosa tecnología de embalaje para sacos de pellets” (n.d). Consultado el 14 de julio de 2012. Documento disponible en <http://www.biomasaforestal.com/2011/11/novedosa-tecnologia-de-embalaje-para.html>.

Pellets de Madera (2012): [www.pelletsbiomasa.com](http://www.pelletsbiomasa.com).

Plataforma Tecnológica Española de la Biomasa (2012): [www.bioplat.es](http://www.bioplat.es).

Veríssimo, P. (2010). “Lecciones para construir una planta eficiente de pellets”. “*Energías Renovables. El periodismo de las energías limpias*”. [Online]. Documento consultado en [www.energias-renovables.com](http://www.energias-renovables.com).

## 12 ANEXOS

[1] Estudio comparativo de viabilidad.

[2] Certificados ENplus.

[1] Estudio comparativo de viabilidad:

$C = Q \cdot h \cdot cc / PCI \eta$	2012			2013			2014			2015			2016		
	GASOIL	BIOMASA	GAS												
Consumo Q [kcal/día]	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000
Consumo Q [kcal/h]	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167
funcionamiento [h/año]	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617
Consumo Q [kcal/año]	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167
Coste [€/Kg-l]	0.72	0.27	0.49	0.79	0.28	0.54	0.87	0.30	0.59	0.96	0.31	0.65	1.05	0.33	0.72
PCI [kcal/kg]	8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500
$\eta$ rendimiento [%]	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91
$\Delta$ anual [%]	1.00	1.00	1.00	1.10	1.05	1.10	1.21	1.10	1.21	1.33	1.16	1.33	1.46	1.22	1.46
Coste anual [€/año]	1,746	1,250	1,063	1,920	1,313	1,169	2,112	1,379	1,286	2,324	1,447	1,415	2,556	1,520	1,556
Coste acumulado anual [€/año]	1,746	1,250	1,063	7,666	8,863	6,232	9,779	10,242	7,519	12,102	11,689	8,934	14,658	13,209	10,490
Coste caldera [€/año]	4,000	6,300	4,000												
Coste acumulado anual+caldera [€/año]	5,746	7,550	5,063	7,666	8,863	6,232	9,779	10,242	7,519	12,102	11,689	8,934	14,658	13,209	10,490

2017			2018			2019			2020			2021			2022		
GASOIL	BIOMASA	GAS															
172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000
7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167
2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617
18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167
1.16	0.34	0.79	1.28	0.36	0.87	1.40	0.38	0.95	1.54	0.40	1.05	1.70	0.42	1.16	1.87	0.44	1.27
8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500
0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91
1.61	1.28	1.61	1.77	1.34	1.77	1.95	1.41	1.95	2.14	1.48	2.14	2.36	1.55	2.36	2.59	1.63	2.59
2,812	1,596	1,712	3,093	1,676	1,883	3,402	1,759	2,072	3,742	1,847	2,279	4,116	1,940	2,507	4,528	2,037	2,757
17,470	14,805	12,202	20,563	16,480	14,085	23,965	18,240	16,157	27,707	20,087	18,436	31,823	22,027	20,942	36,352	24,063	23,699
17,470	14,805	12,202	20,563	16,480	14,085	23,965	18,240	16,157	27,707	20,087	18,436	31,823	22,027	20,942	36,352	24,063	23,699

2023			2024			2025			2026			2027			2028		
GASOIL	BIOMASA	GAS															
172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000	172,000
7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167	7,167
2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617	2,617
18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167	18,755,167
4.84	0.72	3.30	5.33	0.75	3.63	5.86	0.79	3.99	6.45	0.83	4.39	7.09	0.87	4.83	7.80	0.91	5.31
8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500	8,500	4,500	9,500
0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91
6.73	2.65	6.73	7.40	2.79	7.40	8.14	2.93	8.14	8.95	3.07	8.95	9.85	3.23	9.85	10.83	3.39	10.83
11,745	3,318	7,152	12,919	3,483	7,867	14,211	3,658	8,653	15,632	3,840	9,519	17,196	4,032	10,471	18,915	4,234	11,518
48,096	27,381	30,851	61,016	30,864	38,718	75,227	34,522	47,371	90,859	38,362	56,890	108,055	42,395	67,361	126,970	46,629	78,879
48,096	27,381	30,851	61,016	30,864	38,718	75,227	34,522	47,371	90,859	38,362	56,890	108,055	42,395	67,361	126,970	46,629	78,879

[2] Certificados de calidad ENplus:

- Clase A1 representa pellets de madera virgen y residuos madera sin tratar químicamente, con bajos contenidos en cenizas, nitrógeno y cloro.
- Clase A2 son combustibles con un contenido ligeramente más alto en cenizas, nitrógeno y/o cloro estarán dentro de la.
- Clase B se permite utilizar también madera reciclada y residuos industriales aunque en ambos orígenes no se acepta maderas que hayan sido tratadas químicamente y de hecho hay valores máximos muy estrictos para los metales pesados.

## ANEXO 7



**universidad  
de león**  
Facultad de Ciencias  
Económicas y Empresariales

### ENTREGA DE COPIA DIGITAL DEL TRABAJO FIN DE GRADO\*

1.	<b>Datos del alumno/a y del trabajo</b>	
Apellidos y Nombre: GÓMEZ MARÍN M <sup>a</sup> CRISTINA		
DNI:71446530		
E-Mail: cris255g@hotmail.com		Tfno.: 666897225
Grado: ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS		
Título del Trabajo: NUEVAS OPORTUNIDADES ENERGÉTICAS: LA BIOMASA COMO CREACIÓN DE VALOR.		
Fecha de entrega: 11 DE SEPTIEMBRE DE 2012		
Director/Tutor (es): CONSTANTINO GARCÍA RAMOS		

2.	<b>El alumno/a firmante ha realizado la entrega de una copia digital de su trabajo para su depósito en la Biblioteca Universitaria, AUTORIZANDO a:</b>	
Su difusión en acceso libre (Marcar con una X lo que corresponda)	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>

Fdo.: M<sup>a</sup> Cristina...Gómez Marín.....

\* Este formulario, debidamente cumplimentado y firmado (con firma digital o en su defecto, con firma manuscrita y escaneo del documento), deberá ser entregado por el alumno en formato PDF en el mismo soporte digital, junto con el resto de archivos integrantes del trabajo.

