



UNIVERSIDAD DE JAÉN
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO DE LA RED LOGÍSTICA DE UNA EMPRESA DE SUMINISTRO DE BIOCOMBUSTIBLES

Alumno: Bartolomé Jesús Molina Peñas

Tutor: José Antonio La Cal Herrera
Dpto: Org. De Empresas, Marketing y Sociología

Junio, 2019



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Don José Antonio La Cal Herrera, tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: Diseño de la red logística de una empresa de suministro de biocombustibles, que presenta Bartolomé Jesús Molina Peñas, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, junio de 2019

El alumno:

El tutor:

Bartolomé Jesús Molina Peñas

José Antonio La Cal Herrera

Índice

1.	INTRODUCCIÓN	5
1.1.	Importancia de la logística en el precio final del combustible	9
1.2.	Análisis de los biocombustibles	13
1.3.	Objetivos.....	20
2.	FACTORES QUE AFECTAN AL PRECIO FINAL DEL BIOCOMBUSTIBLE.....	21
3.	ANÁLISIS DE LAS POSIBLES REDES LOGÍSTICAS.....	34
3.1.	Caracterización territorial	36
3.2.	Evaluación del potencial biomásico	39
3.3.	Alternativas.....	44
4.	DISEÑO DE LA RED LOGÍSTICA.....	46
4.1.	Aprovisionamiento de la astilla.....	46
4.2.	Aprovisionamiento del hueso de aceituna.....	54
4.3.	Distribución.....	55
5.	CONCLUSIONES.....	59
	BIBLIOGRAFÍA	61

RESUMEN

Con este trabajo se pretende diseñar la red logística de una empresa que suministra astilla y hueso de aceituna en el ámbito provincial; y explicar por qué la logística es un factor clave para la rentabilidad de las actividades derivadas de la biomasa. Para el correcto diseño de la red, se analizan las características de los biocombustibles en cuestión, así como los tratamientos que tienen sufren desde la extracción de la materia prima hasta la puesta en el mercado del producto final. Finalmente, teniendo en cuenta todo lo anterior, y evaluando el potencial biomásico de la provincia, se determina la red logística buscando siempre la mayor rentabilidad económica para la empresa.

ABSTRACT

This project aims to design the logistics network of a company that supplies splinter and olive stone at a provincial level; and to explain why logistics is a key factor for the profitability of biomass-derived activities. For the correct design of the network, the characteristics of the biofuels in question are analyzed, as well as the treatments that take place from the extraction of the raw material to the final product market placing. Finally, taking into account all of the above-mentioned, and evaluating the biomass potential of the province, the logistics network is determined always seeking the greatest profitability for the company.

1. INTRODUCCIÓN

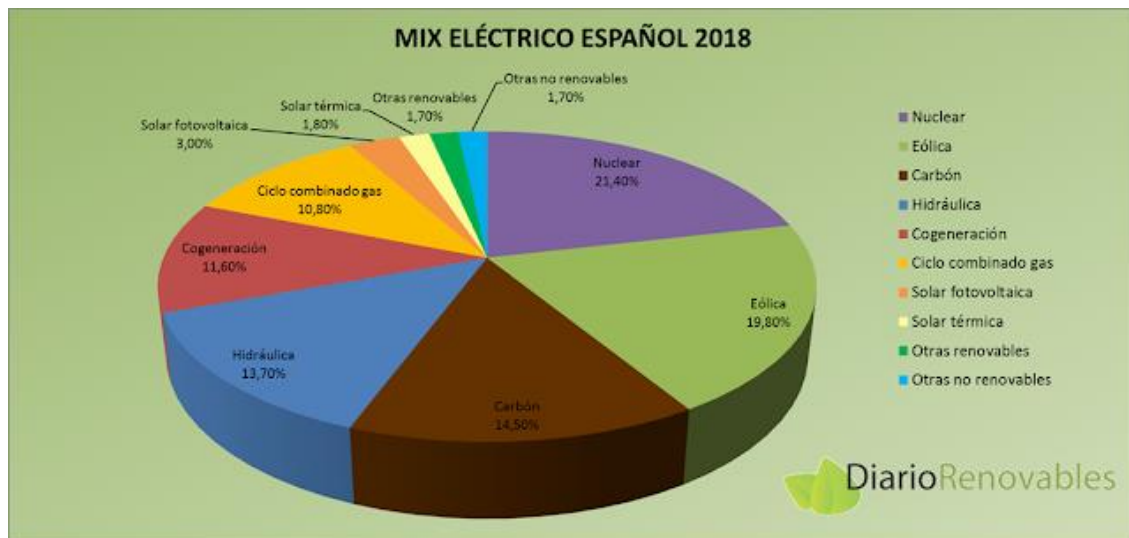
Actualmente, la mayor parte de energía que utilizamos en el mundo proviene de los combustibles fósiles, como el petróleo o el carbón. La escasez cada vez más de estos junto con la contaminación que producen hace que sea necesario optar por fuentes de energía renovables, las cuales no generan un aumento de los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera, ni contribuyen al calentamiento global. Las energías renovables son fuentes de energía limpias que proceden de recursos naturales y que prácticamente son inagotables, bien porque se regeneran, o bien porque albergan una cantidad de energía prácticamente infinita para el ser humano. Podemos nombrar varias características de estas fuentes de energía que suponen una ventaja respecto al uso de las fuentes de energía tradicionales:

- Son inagotables: las reservas no son finitas, al contrario que sucede con el carbón y el petróleo. Las energías renovables tienen como primer origen el sol, por lo que su disponibilidad es prácticamente infinita.
- Reducen la dependencia energética: al ser de carácter autóctono, estas fuentes limpias de energía suponen una ventaja económica para la región donde se encuentran, ya que la cantidad a importar combustibles fósiles será menor.
- Es la mejor forma de luchar contra el cambio climático: al no producir gases de efecto invernadero, son el mejor método para producir energía de una forma limpia y sostenible.
- Aumento de la competitividad: la innovación y el avance de la tecnología están consiguiendo abaratar los costes de las energías renovables, especialmente la solar y eólica
- Contexto político favorable: la creciente preocupación por el cambio climático hace que gobiernos de todo el mundo apuesten por políticas que impulsan el uso de energías renovables.

En España, este tipo de energías juegan un papel importante dentro del mix energético, si bien es cierto que en los últimos años casi no ha aumentado la potencia total instalada. Entre las renovables podemos nombrar diferentes tipos: eólica, solar,

biomasa, biocombustibles, hidráulica o geotérmica. Entre todas ellas, se calcula que en 2018 en España han contribuido a la generación del entorno al 40% de energía eléctrica.

Ilustración 1.1 - Mix energético español en 2008



Obtenido de https://www.diariorenovables.com/2019/01/generacion-electrica-en-espana-2018_17.html

Una de estas fuentes es la biomasa, de la cual provienen los biocombustibles. Se entiende como biomasa aquella materia orgánica que procede directa o indirectamente de la energía solar fijada en la Tierra mediante el proceso de fotosíntesis. Esto abarca diversos orígenes, es decir, diversos posibles combustibles; y diversos posibles usos energéticos. Es por esto por lo que la biomasa se caracteriza por su gran heterogeneidad. Dentro de la biomasa podemos diferenciar diferentes grupos:

- Residuos agrícolas: proceden de las labores de campo (paja de cereal, podas del olivar, etc). También pueden provenir de las industrias agrícolas, como una almazara. A este grupo pertenecería el **hueso de aceituna**.
- Residuos forestales: el más usado tradicionalmente ha sido la leña, la cual procede de los restos de labores silvícolas: podas, aclareos o cortas. Si a

esta leña, o a la madera en general, se le aplica una serie de procesos podemos obtener **astilla y pellet**.

- Residuos de la industria maderera: a este grupo pertenecen el serrín o las cortezas. Parte de ellos también son susceptibles de ser convertidos en astilla.
- Residuos ganaderos: proceden de granjas o de concentraciones de animales. Suelen ser contaminantes por su grado de acidez y de contenido en nitrógeno, por lo que su aprovechamiento energético a través de la incineración para producir energía eléctrica puede ser una buena alternativa.
- Cultivos energéticos: son cultivos únicamente utilizados para la producción de energía o de materia prima para otros biocombustibles. Algunos se utilizan para producir calor mediante la combustión (biomasa lignocelulósica) y otros para la producción de aceites utilizados como biocarburantes (colza, girasol, etc).

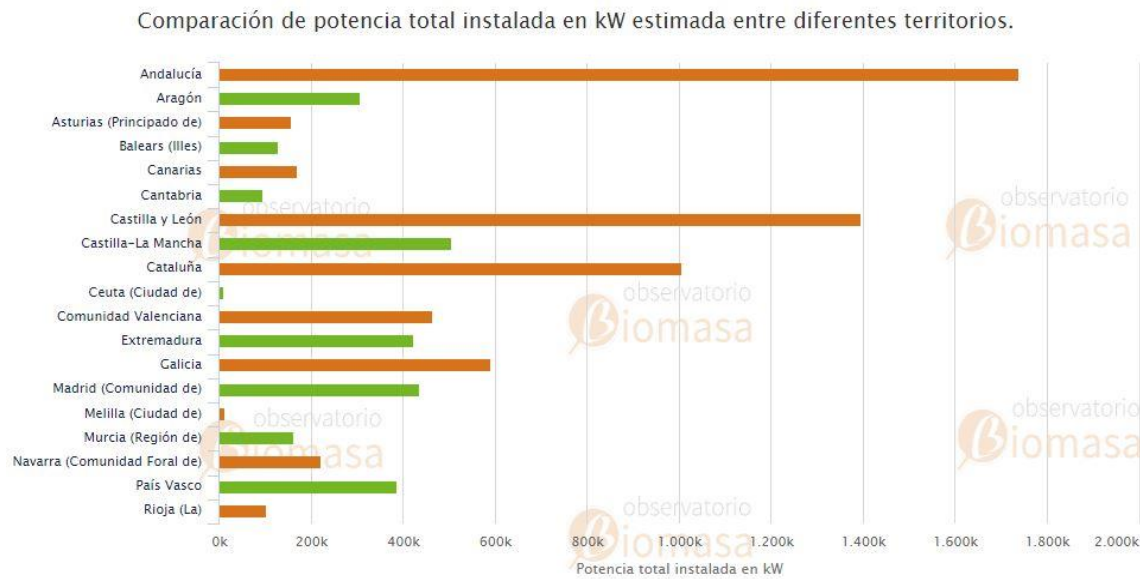
En cuanto a la situación de la biomasa, dentro de la Unión Europea cinco países (Francia, Suecia, Alemania, Finlandia y Polonia) aportan más de la mitad de la energía producida con biomasa, según datos del Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía, IDAE. Cabe destacar que el número de instalaciones para la calefacción y agua caliente sanitaria mediante el uso de biomasa, sobre todo pellets, está siendo cada vez mayor en toda Europa. Este tipo de desarrollos junto con la creciente producción de biomasa ha dado lugar a un mercado europeo, en el que los países que tienen una gran producción (generalmente los nórdicos) venden biomasa a los demás países consumidores.

España puede considerarse un país forestal, ya que cuenta con una extensión de bosques de casi 28 millones de hectáreas, sólo por detrás de Suecia y Finlandia. Además, el ritmo de crecimiento de estos bosques es muy superior al de la media europea. A pesar de ser una potencia en cuanto a recursos biomásicos, la presencia de este tipo de energía renovable en el mix energético apenas llega al 2% de la energía producida total. Este valor casi no ha aumentado en los últimos años, mientras que en países como Inglaterra, Italia o Francia los porcentajes de crecimiento son

superiores al 60%. En otros países como Finlandia, la biomasa representa casi el 20% dentro del mix energético. En cuanto a la generación térmica, destacan los usos industriales y residenciales (también en centros deportivos, edificios públicos, etc.). Aun así, el uso de la biomasa para estos fines representa un porcentaje muy pequeño con respecto al uso de combustibles fósiles. Esto no sucede en otros países de Europa, donde el uso de calderas para producción térmica en hogares o edificios de viviendas está ampliamente extendido. En España, tenemos un marco regulatorio muy inestable: las normativas que regulan la producción de energía renovable en España han ido continuamente cambiando en la última década, lo que provoca mucha incertidumbre. Esto puede ser una razón por la que el sector de la biomasa no está lo suficientemente desarrollado en nuestro país a pesar de tener las condiciones favorables para ello.

Dentro de España, Andalucía es la comunidad autónoma con mayor potencial biomásico. Se estima en 3.955 kilotoneladas equivalentes de petróleo (ktep) al año según datos de la Agencia Andaluza de la Energía. El sector del olivar y los subproductos asociados a él son clave en este liderazgo. En cuanto a la generación de energía eléctrica, Andalucía cuenta con 18 centrales funcionando con biomasa y cogeneraciones con biomasa, lo que suponen 275 MW de potencia total instalada, situándola así a la cabeza de España. La potencia total instalada para la producción de energía térmica se estima en unos 1.740 MW con un total de más de 27.000 de instalaciones.

Ilustración 1.2 – Potencia térmica instalada en las diferentes comunidades autónomas en 2017



Obtenido de <https://blog.caloryfrio.com/sector-biomasa-espana/>

1.1. Importancia de la logística en el precio final del combustible

Este trabajo de fin de grado consiste en el diseño de la red logística de una empresa dedicada al suministro de biocombustibles sólidos, concretamente astilla y hueso de aceituna. Primero se analizará a cada biocombustible y después se pasará al diseño de la red logística para su suministro, valorando distintas alternativas y buscando siempre la mayor rentabilidad económica.

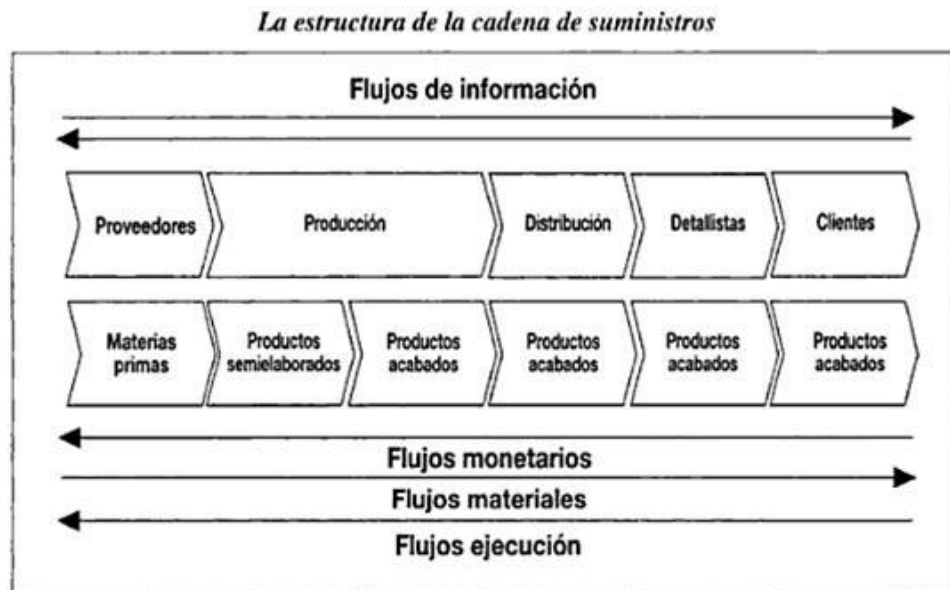
Se puede definir logística como *“la función empresarial que comprende la planificación, la organización y el control de todas las actividades relacionadas con la obtención, el traslado y el almacenamiento de materiales y productos, desde la adquisición hasta el consumo, a través de la organización y como un sistema integrado, incluyendo también todo lo referente a los flujos de información implicados. El objetivo perseguido es la satisfacción de las necesidades y los requerimientos de la demanda, de la manera más rápida y eficaz y con el mínimo coste posible.”* (Arbós, 2011, p.531)

En definitiva, podemos decir que la logística consiste en colocar un producto o servicio en el lugar adecuado en el tiempo adecuado, al menor coste posible. La red logística es el soporte que, teniendo en cuenta todo lo anterior, hace llegar los productos a los consumidores finales. Proveedores, centros de distribución, almacenes, puntos de venta, clientes, etcétera; son elementos típicos de una red logística. Aparte del flujo de materiales, en la red logística también existe el flujo de información, como puede ser la planificación de materiales o las bases de datos sobre proveedores o clientes.

El diseño de esta red está condicionado por la demanda y básicamente consiste en definir la función de cada elemento que forma dicha red, así como su localización y capacidad. Sea cual sea este diseño, el objetivo siempre va a ser el mismo: maximizar la rentabilidad económica. Como veremos, en el caso de la biomasa la logística cobra una importancia incluso mayor a la hora de comercializar el producto.

Antes de centrarnos en los biocombustibles, es importante señalar la importancia que ha alcanzado la actividad logística dentro del mundo empresarial hoy en día. Se está convirtiendo en un elemento diferenciador el cual la empresa debe gestionar adecuadamente si quiere sobrevivir en el mercado. Ya no basta con desempeñar las funciones típicas de la logística, como puedan ser la distribución o el almacenamiento, sino que se debe aportar un valor añadido al servicio final para tener una ventaja competitiva frente al resto. Para obtener esta ventaja no es sólo necesario gestionar todos los flujos de materiales correctamente, sino también los de información. El canal que hace posible estos flujos económicos, de información o de productos se denomina Cadena de Suministro.

Ilustración 1.3 – Estructura de la cadena de suministro



Obtenido de <https://www.monografias.com/docs110/gestion-cadena-suministro-inversion/gestion-cadena-suministro-inversion.shtml>

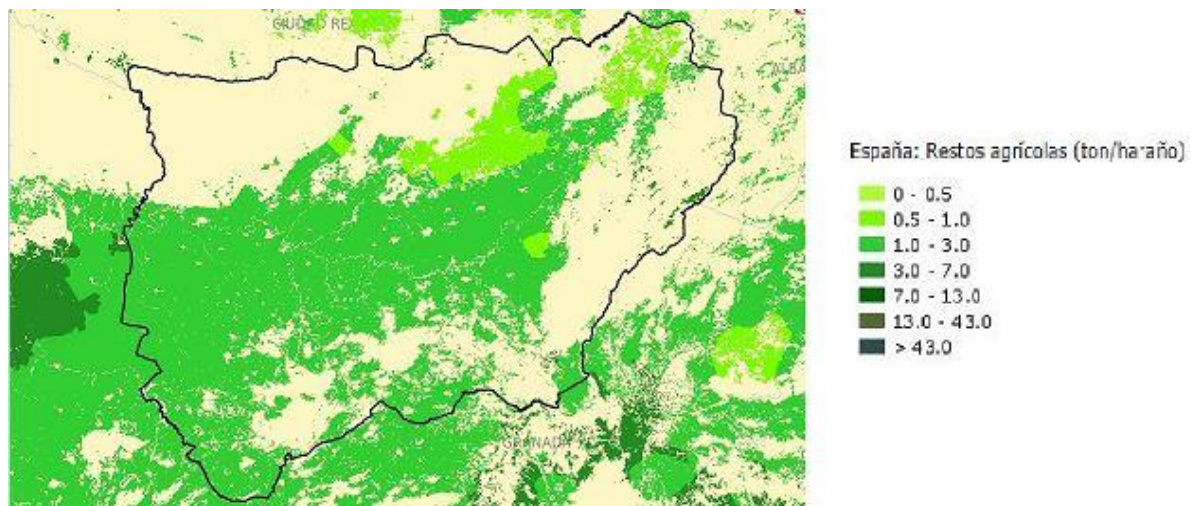
Para hacer posible este flujo de productos y de información es necesario incurrir en varios costes, los llamados costes logísticos. Entre los más importantes podemos destacar los siguientes:

- Costes de aprovisionamiento
- Costes de almacenamientos
- Costes de gestión de stocks
- Costes de transporte interno
- Costes de distribución de productos terminados
- Costes de procesamiento de órdenes de trabajo

En el caso de los biocombustibles y de la biomasa en general, los costes de aprovisionamiento representan un alto porcentaje sobre el total debido a la dispersión geográfica propia de la biomasa. Al distribuirse la actividad agrícola y forestal por grandes zonas geográficas, las tareas de recogida y transporte de biomasa se ven encarecidas. Por ejemplo, según la herramienta web BIONLINE del IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), este es el mapa del potencial de la

biomasa en la provincia de Jaén solamente si tenemos en cuenta aquella proveniente de restos agrícolas.

Ilustración 1.4 – Potencial de la biomasa residual agrícola en Jaén



Obtenido de <http://bionline.idae.es/biomasa/index.php?r=layers/gis>

Como se puede observar, la distribución abarca gran parte de la provincia, por lo que todas las decisiones del ámbito logístico no son nada fáciles. Existe una herramienta llamada SIG (Sistema de Información Geográfica) que resulta muy útil tanto para la valorización del recurso (biomasa) en sí como para el estudio de la localización de cada eslabón de la red logística. Los Sistemas de Información Geográfica nos permiten analizar y simplificar todas las variables que intervienen desde la perspectiva del territorio.

En términos generales, la biomasa es poco densa, por lo que el transporte también va a tener gran peso en el precio final. Se necesitan volúmenes más grandes en comparación con el transporte de otras mercancías. Por eso es común que muchos biocombustibles sufran un tratamiento previo de densificación. Otros tratamientos típicos para reducir los costes logísticos son el secado, para reducir su contenido en agua; y la reducción de la granulometría, que homogeniza y adapta el tamaño de la biomasa para facilitar su transporte o su utilización en una determinada instalación.

1.2. Análisis de los biocombustibles

Los biocombustibles en general pueden tener orígenes muy diversos. Según Sebastián Nogués, García-Galindo, y Rezeau (2010), la biomasa se puede dividir en primaria, aquella cuyo cultivo y gestión están orientados solamente a la producción de energía; y la secundaria, que comprende todos los subproductos agrícolas, forestales e industriales. A la biomasa secundaria también se le llama *biomasa residual seca* y su origen es variado. Tradicionalmente el uso energético de la biomasa ha tenido fines energéticos, como combustible en los hogares. Sin embargo, la mejora de las tecnologías y sus rendimientos, como la gasificación, hace posible el uso para producir energía eléctrica.

Para conocer las características energéticas de cada biocombustible se puede realizar un análisis elemental y un análisis inmediato. En el elemental se indica la composición en carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre. En el inmediato se estudia los porcentajes de humedad, cenizas, materias volátiles, etc. Otras características importantes son el poder calorífico superior y el poder calorífico inferior. El PCS es la cantidad de energía que se desprende al quemar un kilogramo de biocombustible seco, teniendo en cuenta el calor desprendido en la condensación del vapor de agua en el proceso de combustión. El PCI representa la cantidad de energía desprendida al quemar un kilogramo de biocombustible húmedo, descontando además el calor latente del vapor de agua generado en la combustión, ya que no se produce cambio de fase.

Aunque la empresa va a suministrar solamente astilla y hueso de aceituna, también vamos a estudiar otro tipo de biomasa residual, el pellet, que procede de la propia astilla. Para su puesta en el mercado y posterior uso, estos biocombustibles necesitan una serie de procesos de pre-tratamiento y tratamiento que estudiaremos más tarde. En este apartado nos centraremos en las características más importantes de cada biocombustible.

1.2.1. Astilla

Se trata de pequeños trozos de madera de origen forestal y agrícola.

La astilla es un material orgánico procedente de la fragmentación de biomasa forestal, formada generalmente por madera y corteza. En algunos casos pueden aparecer trozos de hojas, flores y frutos con la madera y corteza. En muchos casos las astillas sólo tienen madera. Para algunos autores las astillas sólo deben contener madera, lo demás se consideran impurezas. (M. Camps y F. Marcostín, 2002, p.93)

La astilla proviene principalmente del pino, pero también se puede obtener de otras especies forestales (roble, encina...) o agrícolas (olivos, vides...). La forma de la astilla es plana, variando la longitud entre 3 y 10 cm y el ancho entre 2 y 6 cm.

Ilustración 1.5 - Astillas



La forma es importante ya que influye en el proceso de combustión. Así mismo, es conveniente que el tamaño sea lo más uniforme posible para facilitar su transporte y abaratar así los costes logísticos. En la Tabla 1 se recoge la clasificación de las

astillas dependiendo del tamaño según la norma ÖNORM M 7133 (norma publicada por el Instituto Austriaco de Estandarización.)

Tabla 1.1 – Clasificación de las astillas según tamaño

CLASES EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO						
Tipo astilla	Porciones de tamaños admisibles				Valores extremos admisibles	
	Máx. 4%	Máx. 20%	60-100%	Máx. 20%		
	Tamaño de astilla (mm)				Media (cm²)	Long. (cm)
G30 (P16S)	< 1,0	1,0-2,8	2,8-16,0	<16,0	3,0	8,5
G50 (P31S)	< 1,0	1,0-5,6	5,6-31,5	<31,5	5,0	12,0
G100	< 1,0	1,0-11,2	11,2-63,0	<63,0	10,0	25,0

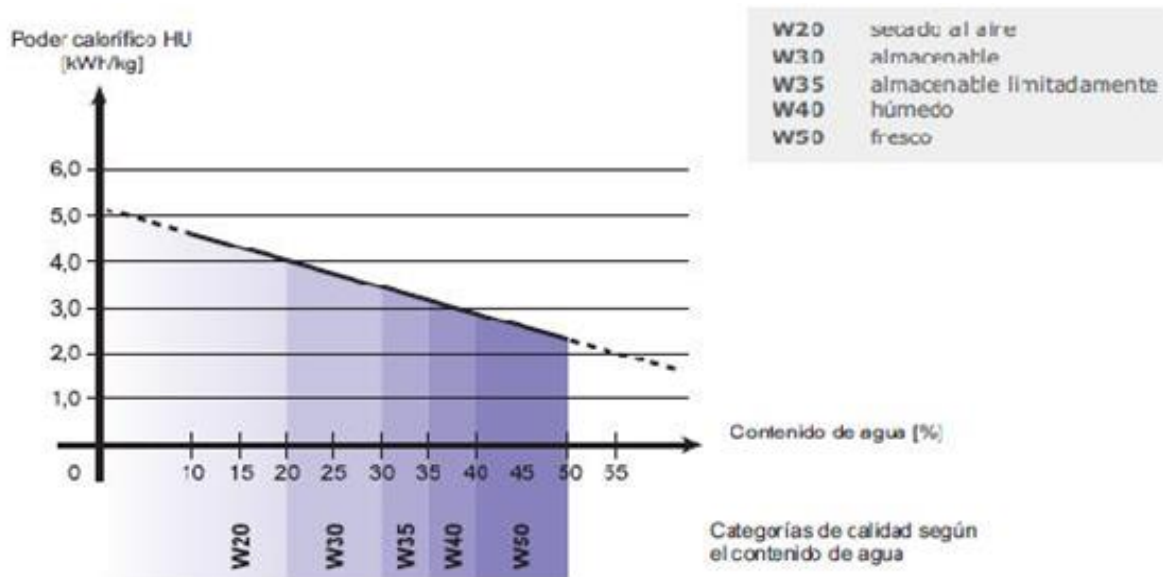
Obtenido de <https://www.greenheiss.com/calidad-astillas-biomasa/>

Otro factor importante es el contenido en agua, es decir, la humedad. La humedad es el principal inconveniente para la utilización de las astillas, por lo que es necesario someterlas a un proceso de secado. Según su humedad se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- W20: tiene una humedad del 20%. Secada al aire.
- W30: astilla almacenable con 30% de humedad
- W35: son astillas almacenables, pero limitadamente. Contiene un 35% de humedad
- W40: astilla húmeda
- W50: astilla recién cortada

El poder calorífico disminuye conforme aumenta la humedad del biocombustible, por eso interesa que la humedad sea lo más baja posible. En la práctica, sólo se recomienda la utilización de la astilla W20 y W30. En la Figura 2 podemos observar un gráfico de esta relación:

Ilustración 1.6 – Poder calorífico de las astillas dependiendo de la humedad



Aparte del enfoque energético, también es importante que la astilla tenga la menor cantidad de humedad posible para ahorrar costes en el transporte. Si la astilla tiene mucho contenido en agua, estamos transportando madera y agua. En cambio, si la humedad es baja, podremos transportar más cantidad de producto ocupando menos volumen (a igualdad de peso). Podemos destacar también otras propiedades importantes:

- Densidad: es baja, entre 0,2 y 0,3 kg/dm³ (con un valor de humedad del 20% aproximadamente). Como consecuencia, hace falta grandes volúmenes para transportar pesos bajos, lo cual encarece el transporte. Es importante distinguir entre la densidad real de la astilla y la densidad aparente, que sería aquella que tiene en cuenta los “huecos”. Se suele trabajar con esta última y depende de varios factores como la propia densidad de la leña de la que proviene, la forma, la humedad, la forma en la que se haya apilado, etcétera.
- Poder calorífico: como hemos visto antes, varía con la humedad. Tomando un 20% de humedad, el poder calorífico inferior de la astilla puede variar desde 3.600 hasta 4.200 kcal/kg dependiendo de la especie forestal y de la proporción de madera, corteza e impurezas que contenga la astilla.

1.2.2. Pellet

El pellet consiste en pequeños cilindros comprimidos formados generalmente por serrín, aunque también se pueden emplear diversos restos de materiales sólidos orgánicos como astillas, papel, paja, polvo o restos de tableros triturados. La propia lignina (polímero orgánico presente en la madera y en la corteza) hace de aglomerante, por lo que es necesario añadir aditivos en su producción. Al igual que la astilla, puede provenir de diferentes especies, siendo la más común el pino.

El diámetro del pellet suele variar entre 1,2 y 2 cm y la longitud no suele superar los 4 cm. Debido a su forma cilíndrica y lisa, el pellet tiene un comportamiento parecido al de los fluidos. Como consecuencia, tiene bastante facilidad de movimiento para el transporte (vendiéndose a menudo a granel), para todos los procesos llevados a cabo en su producción o para la carga de calderas. Además, para el almacenamiento de pellets se requiere la mitad de espacio que para el de la astilla. La humedad por lo general suele ser menor que la de la astilla, varía entre un 8% y 12%. El poder calorífico aproximado es de 3.900 kcal/kg.

Según la norma europea EN 14961-2 y el sistema de certificación de calidad ENplus, los pellets se pueden dividir en tres categorías de acuerdo a su calidad:

- A1: son pellets de origen de madera forestal con bajo contenido en cenizas, nitrógeno y cloro.
- A2: tienen un contenido en cenizas, nitrógeno y cloro algo mayor que la clase anterior.
- B: se incluyen los pellets que provienen de madera reciclada.

Ilustración 1.7 - Pellet



En cuanto a la densidad, oscila entre 0,6 y 0,7 kg/dm³, mucho mayor que la de las astillas. Esto supone una ventaja, ya que la manipulación y el almacenaje se ven facilitados. Además, los costes de transporte del pellet serán menores al ocupar un volumen menor con el mismo peso. Al igual que con la astilla, podemos diferenciar la masa real de la aparente. La densidad de pellet depende de dos factores: la especie forestal de la que provenga, es decir, la materia prima; y la maquinaria utilizada en su fabricación, ya que las presiones de compactación pueden variar de una a otra.

1.2.3. Hueso de aceituna

El hueso de aceituna es un subproducto de la industria olivar que se genera en las almazaras en el proceso de obtención de aceite de oliva. El hueso se almacena en la almazara y generalmente se consume allí. El resto se comercializa. Es considerado una de las mejores biomásas para fines energéticos gracias a las características que posee.

Es un biocombustible denso: su densidad aparente varía entre 0,6 y 0,7 kg/dm³, llegando la real a 1,1 kg/dm³. Su humedad es baja, en torno al 15%. En cuanto al poder calorífico, es elevado, entre 3.900 y 4.300 kcal/kg. El tamaño oscila entre los 0 y 6 mm, siendo óptimo para una buena combustión un tamaño mayor a 2 mm.

Ilustración 1.8 – Huesos de aceituna



Otra característica atractiva del hueso es su composición química, ya que tiene un alto contenido en oxígeno y volátiles y un bajo contenido en azufre. Además, genera muy poca ceniza, gracias a lo cual los componentes de la caldera se mantienen más limpios.

Por todo esto, el hueso de aceituna resulta un combustible especialmente competitivo en aplicaciones domésticas, como calefacción y agua caliente sanitaria, aunque también se utiliza en la industria y en el sector terciario. Su precio es más caro que el de las astillas, pero más barato que el del pellet.

El transporte también se ve favorecido debido a su granulometría y alta densidad. El hueso se suele vender en sacos de 20 kg, en formato *big bag* (sacos de una tonelada) o a granel.

1.3. Objetivos

Una vez analizados los biocombustibles con los que la empresa va a emprender su actividad comercial, resulta conveniente fijar una serie de objetivos para el correcto diseño de la red logística. Entre ellos podemos citar los siguientes:

- Definir el grado de integración de la empresa dentro del proceso que va desde el aprovisionamiento de la biomasa en los bosques hasta su venta al consumidor final, es decir, dentro de la cadena de suministro.
- Cuantificar el potencial biomásico y su distribución en el área de actividad de la empresa, en este caso, en la provincia de Jaén
- Estudiar los costes de la empresa según diferentes escenarios, calculando la rentabilidad para cada opción. Ejemplos de estos costes pueden ser los de extracción, de transporte, de producción, de almacenamiento, etc.
- Estudiar los tratamientos y pre-tratamientos a los que debe ser sometida la biomasa para su correcto aprovechamiento energético.
- Analizar las posibles localizaciones de las instalaciones de la empresa: plantas de producción si las hubiese, almacenes, etc.
- Selección de la red logística óptima, es decir, de la que suponga costes menores.
- Analizar las influencias socio-económicas y sobre el medioambiente.

2. FACTORES QUE AFECTAN AL PRECIO FINAL DEL BIOCOMBUSTIBLE

Como hemos tratado antes, la logística juega un papel crucial en el precio final del biocombustible, pero no es el único factor que interviene en éste. Aparte de aprovisionarnos de la materia prima (costes de extracción) es necesario aplicarle una serie de tratamientos y pretratamientos para poder comercializarla. Además, es recomendable tener en cuenta tener una serie de recomendaciones para mejorar la eficiencia y abaratar todo lo posible los costes:

- La logística de suministro debe diseñarse de forma que se reduzca al máximo posible la manipulación de la biomasa para evitar sobrecostes. También es preferible que las transformaciones se produzcan en la propia planta.
- En cuanto al almacenamiento, es recomendable realizar un estudio sobre el riesgo de degradabilidad, fermentaciones, autocombustiones, plagas, etc; de la biomasa. Esto influirá en las decisiones sobre el tiempo de almacenamiento y la forma (método de apilado, ventilación, etc.).
- Contar con un stock de seguridad para hacer frente a posibles imprevistos.
- La planificación y coordinación entre todas las tareas a realizar por la empresa es de tremenda importancia para poder alcanzar la rentabilidad económica.

Las que comentábamos anteriormente transformaciones van dirigidas a aumentar la eficiencia energética del biocombustible. La biomasa, por su naturaleza, suele ser, en mayor o menor medida: poco densa, húmeda, heterogénea, con presencia de residuos y difícil de transportar. Por todo ello, no sería eficiente utilizar estos biocombustibles tal y como nos aprovisionamos de ellos. Así pues, los tratamientos más comunes (IDAE, 2017) son:

- **Densificación:** consiste en disminuir el volumen de la biomasa. Como consecuencia, se reducen los costes de transporte y almacenaje. Ejemplos de transformaciones de densificación pueden ser el empacado, pelletizado o briquetado.

- Secado: reduce la humedad de la biomasa, lo cual reduce también los costes de transporte. El secado es el tratamiento más caro y puede ser natural, si el clima lo permite, o forzado, siendo éste último mucho más costoso.
- Reducción de la granulometría: consiste en reducir y homogenizar el tamaño de grano de la biomasa, facilitando así su manipulación, transporte, trabajo con maquinaria, etc. Ejemplos de este tratamiento son la molienda, el tamizado, la trituración o el cribado.
- Eliminación de residuos: se eliminan componentes extraños como plásticos, piedras o metales a través de procesos como la separación por gravedad, cribado, triaje manual, etc.

Podemos estudiar las transformaciones que van sufriendo cada biocombustible de forma independiente:

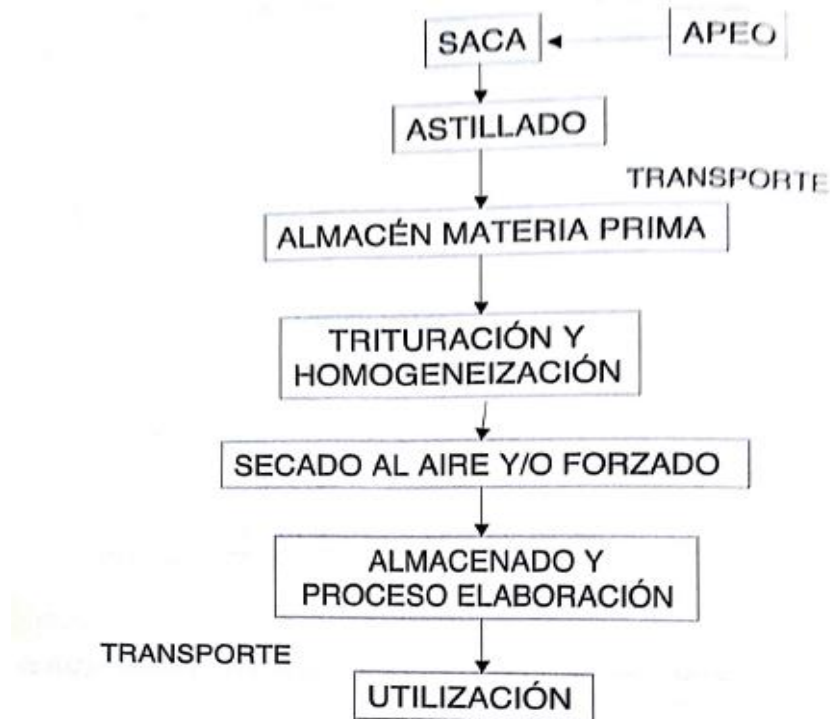
- **Astillas:** en el proceso de obtención de la astilla se diferencian dos fases: la de campo y la de planta. La fase de campo comprende la recogida de los residuos forestales o tala del árbol, el desramado y la saca. El astillado en sí se puede realizar en el bosque o en la planta de astillado, y es llevado a cabo por una astilladora. Camps Michelena y Marcos Martín (2002) señalan que hay diferentes tipos de estas máquinas dependiendo de la instalación (móviles, semi-móviles o fijas), del mecanismo de astillado (tambor, cuchillas o disco), de la alimentación del material (manual o mecánica) o de la salida de la astilla (por gravedad o ventilador). En resumen, se pueden simplificar en el siguiente esquema: un canal de alimentación por donde se introduce la biomasa, un sistema de rodillos de sujeción y un sistema de corte (Herrera, 2013). Si se realiza en el campo, las máquinas astilladoras pueden semi-móviles (hasta 100 Tm/h de capacidad) o móviles (hasta 20 Tm/h), mientras que si se realiza en la planta de astillado es habitual utilizar astilladoras fijas, con hasta 200 Tm/h de capacidad. Las móviles a su vez se pueden dividir en remolcadas y autopropulsadas. La elección del tipo de máquina adecuado se ve influenciada por diversas variables: orografía del terreno, clima, densidad de la biomasa, etc.

Aparte de la maquinaria, podemos distinguir diferentes formas de trabajo para aprovisionarse de la biomasa destinada al astillado. Dependiendo de factores como la cantidad de biomasa a extraer, la especie de la que se extrae, o la distancia hasta el lugar donde se produce el uso energético se elige uno u otro. Según el IDAE en su publicación “Biomasa: Cultivos Energéticos” de 2007, podemos destacar los siguientes sistemas:

1. Saca de pies completos y astillado: se apean árboles de pequeño tamaño, se recogen en un autocargador y se llevan al cargadero. Una vez ahí se realiza el astillado sobre un contenedor o bien la astilladora va unida directamente a un vehículo. Este sistema funciona bien para especies comerciales como el pino o la haya.
2. Saca de restos y astillado o triturado fijo: consiste en aprovechar la tarea principal, como pueda ser la corta de árboles. Los residuos se dejan lo más concentrados posibles para facilitar su posterior recogida a un contenedor o una astilladora unida a un camión. Este sistema de extracción es el más barato.
3. Astillado móvil en monte: los restos de cortas se concentran en el monte para posteriormente ser triturados en una astilladora móvil o semi-móvil. Esta forma de aprovisionarse del biocombustible se suele aplicar en montes pequeños.
4. Empacado en monte y astillado en fábrica: se compacta la biomasa y se transporta a la planta industrial donde se eliminan las impurezas y se astilla. Este sistema es adecuado cuando la cantidad de biomasa es grande
5. Extracción y aprovechamiento de tocones: los tocones son la parte inferior del árbol que se queda unido a la raíz cuando es talado, por lo tanto, este sistema es ideal cuando se producen tala de árboles para la construcción de infraestructuras. La extracción se realiza con una retroexcavadora. El aprovechamiento de tocones es el menos económico que el resto de sistemas.

En general, podemos resumir la ruta que sigue la biomasa desde su extracción a su utilización como astilla en el siguiente esquema:

Ilustración 2.1 – Esquema de la obtención de astillas a partir de biomasa forestal



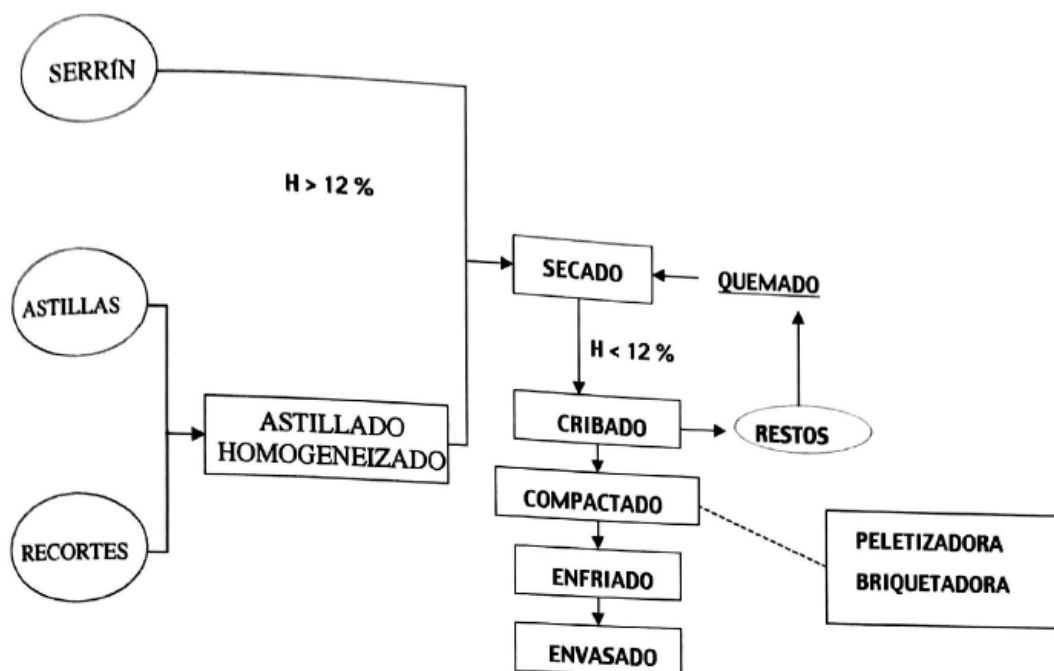
Fuente: Camps Michelena, M., & Marcos Martín, F. (2002). Los Biocombustibles.

- **Pellet:** la tecnología de pelletización representa una de las mejores alternativas de compactación para el uso energético de la biomasa lignocelulósica. El proceso de pelletización consiste básicamente en la compactación en forma de pellets (cilindros de entre 6 y 25 mm de diámetro y entre 25 y 65 mm de longitud) de la materia prima, ya sea serrín, astilla u otros recortes provenientes de materiales sólidos orgánicos. Esta materia prima es previamente secada, triturada y homogenizada. La compactación se produce por la presión de un cilindro a la que es sometida la biomasa contra una matriz, por cuyos orificios circulares, que pueden estar situados en el fondo o en los laterales del cilindro, salen los pellets. Como hemos comentado anteriormente, casi nunca se utilizan aditivos en el proceso de obtención del pellet, con lo que se abarata el proceso. Además, se evita la

existencia de contaminantes en casos en la que se requiera una combustión limpia, como en las chimeneas domésticas. Como inconveniente, el producto final no está tan cohesionado como podría estarlo usando aglomerantes. Algunas veces se puede añadir agua o vapor para mejorar las condiciones del proceso.

Camps y Martín (2002) señalan que hay tres actividades claves en el proceso de obtención del pellet: la preparación en dimensiones de la materia prima, el secado y el peletizado. El esquema general de una instalación dedicada a la obtención de pellets o briquetas puede ser el siguiente:

Ilustración 2.2 – Esquema del proceso de obtención pellets.

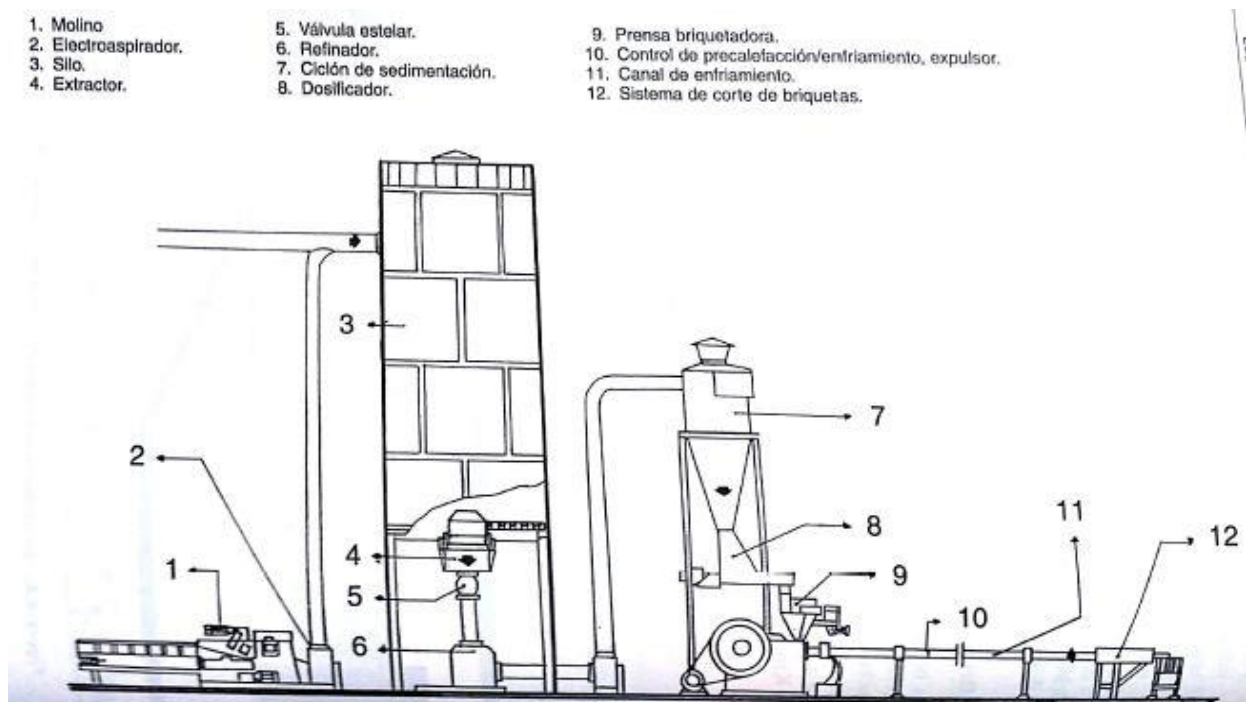


Fuente: Camps Michelena, M., & Marcos Martín, F. (2002). Los Biocombustibles.

Dentro de este esquema general nos podemos encontrar a lo largo de la línea diferentes estaciones como el secadero, tolvas, cribas, astilladoras, molinos, equipos de envasado, etc.

Según la capacidad de la planta de fabricación de pellets, podemos determinar tres tipos (Camps y Marcos, 2002): de baja producción (500-700 kg/h máximo), de media producción (entre 700 y 1000 kg/h) y del alta producción (más de 1000 kg/h).

Ilustración 2.3 – Planta briquetadora de mediana producción (sin secadero)



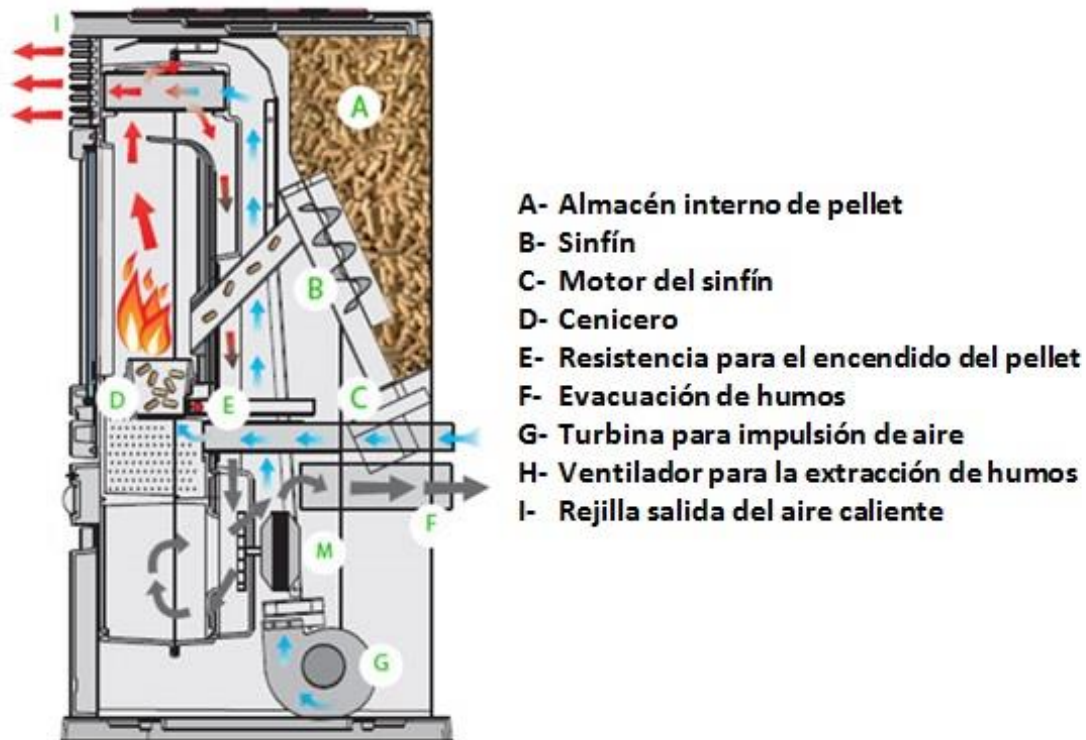
Fuente: Camps Michelena, M., & Marcos Martín, F. (2002). Los Biocombustibles.

Una aplicación muy popular de los pellets para el uso térmico en hogares son las estufas de pellets. Como hemos comentado, el comportamiento del pellet como fluido y su alta densidad energética, lo hace un combustible ideal para sistemas de calefacción de todos los tamaños.

En la parte superior de estas estufas se encuentra una tolva de carga y el almacén. Los pellets son transportados a través de un tornillo sin fin a la caldera. Este proceso está totalmente automatizado mediante un control electrónico, encargado también de regular la entrada de aire en la caldera

según la potencia deseada y para que la combustión se produzca en las condiciones óptimas. El encendido se realiza mediante una resistencia eléctrica. Estas estufas también van equipadas de ventiladores que reparten el aire caliente por toda la estancia. Al no producir prácticamente humos, no se requiere la instalación de grandes chimeneas para este tipo de estufas; basta con una pequeña abertura para la salida de gases que salen directamente a la pared. La producción de cenizas es mínima también. Todo ello hace que el rendimiento de estos dispositivos sea elevado.

Ilustración 2.4 – Esquema de una estufa de pellets



Obtenido de <https://www.todochimeneas.com/blog/estufas/funciona-estufa-de-pellet/>

- **Hueso de aceituna:** como se ha mencionado anteriormente, el tratamiento del hueso de aceituna empieza en las almazaras (o en las entamadoras si el producto final es la aceituna de mesa). En el proceso de obtención del aceite de oliva se genera un residuo llamado alperujo, formado por pulpa, piel, agua

y el propio hueso. Mediante una serie de procesos de separación y centrifugado, se obtiene el hueso ya sin pulpa ni piel. El proceso de secado habitualmente se realiza al sol y mediante volteos mecánicos, aunque el hueso puede pasar también por un ventilador que termina de reducir su humedad. También es habitual utilizar sistemas de secado de bajo coste, en los que por medio de turbinas y corrientes de aire se consigue eliminar los restos de piel que puedan seguir adheridos a hueso y reducir su humedad por debajo del 10%.

Como se puede observar, los tres tipos de biocombustibles tienen diversos tratamientos en común y formas de trabajar similares. Gran parte de estos tratamientos van dirigidos a facilitar la logística y a abaratar los costes asociados a ella, que como ya se ha mencionado es algo vital para el éxito de este tipo de actividades. Por ejemplo, gracias al secado se reduce el contenido en agua de la biomasa, y por ende, los costes de transporte ya que se transporta menos peso. O gracias al homogenizado, la mercancía es más fácil de manipular y ocupa menos volumen, abaratando así los costes de almacenaje y transporte.

Otra decisión logística importante derivada de la logística es la localización de la planta de tratamiento, en caso de que la hubiese. La decisión sobre la localización es una decisión estratégica que repercute sobre los costes de la empresa, tanto fijos como variables. Principalmente se valoran dos factores: la cantidad de biomasa residual forestal disponible en las cercanías de la posible localización, para lo que se puede utilizar los sistemas de información geográfica; y dónde se encuentran los posibles puntos de consumo. También es conveniente que la planta se encuentre cerca de alguna población, lo que facilita el acceso a la red eléctrica, a las canalizaciones de agua, a una red viaria de transporte, etc.

La localización óptima será aquella que minimice los costes de transportar la biomasa desde el monte hasta la empresa productora más los costes de transportar el producto final desde la empresa productora hasta el consumidor. Para encontrar esta localización óptima hay diferentes métodos:

- **Método del centro de gravedad:** se trata de un método matemático que busca minimizar los costes de distribución. Este método supone que los costes son proporcionales a la distancia y al volumen que se transporta. Consiste en situar las posibles localizaciones en un sistema de coordenadas, respetando las distancias relativas entre cada uno de ellos. Las coordenadas C_x y C_y que minimizan los costes serán:

$$C_x = \frac{\sum_i d_{ix} \cdot W_i}{\sum_i W_i} \quad C_y = \frac{\sum_i d_{iy} \cdot W_i}{\sum_i W_i} \quad (1)$$

donde: d_{ix} es la coordenada X de la localización i

d_{iy} es la coordenada Y de la localización i

W_i es el volumen de biomasa transportada desde la localización i

C_x y C_y son las coordenadas X e Y del centro de gravedad

- **Técnica carga-distancia:** es un modelo matemático heurístico que tiene el objetivo de minimizar los costes de transporte. Primero hay que calcular las cargas, en nuestro caso, el volumen de biomasa que se va a transportar desde cada punto de extracción. Después se calculan las distancias desde esos puntos hasta las posibles localizaciones de la planta. Finalmente se calculan los indicadores carga-distancia, multiplicando varias variables. Se elegirá la opción que minimice la suma de estos indicadores.
- **Modelo de transporte:** si la red logística es más compleja y contamos con varias plantas de producción y/o varios almacenes, podemos utilizar los modelos de transporte. Estos modelos nos permiten buscar las rutas que minimizan los costes de distribución entre los centros de producción y los de consumo. Esto es, determinar qué cantidad de producto se enviará desde cada uno de los orígenes a cada uno de los destinos.

Para ello, lo primero es realizar la matriz de transporte. Se colocan en abscisas los puntos de origen junto con sus capacidades en una columna a la

derecha. En ordenadas se colocan los puntos de destino y en la fila inferior sus demandas. En cada casilla se pone el precio de enviar cada unidad de volumen desde el origen al destino.

Ilustración 2.5 - Ejemplo de matriz de transporte

De \ A	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Oferta almacén
Almacén 1	8\$ 100	2\$ 100	6\$ 20	100
Almacén 2	10\$ 0	9\$ 100	9\$ 20	120
Almacén 3	7\$ 100	10\$ 100	7\$ 80	80
Demanda cliente	100	100	100	300

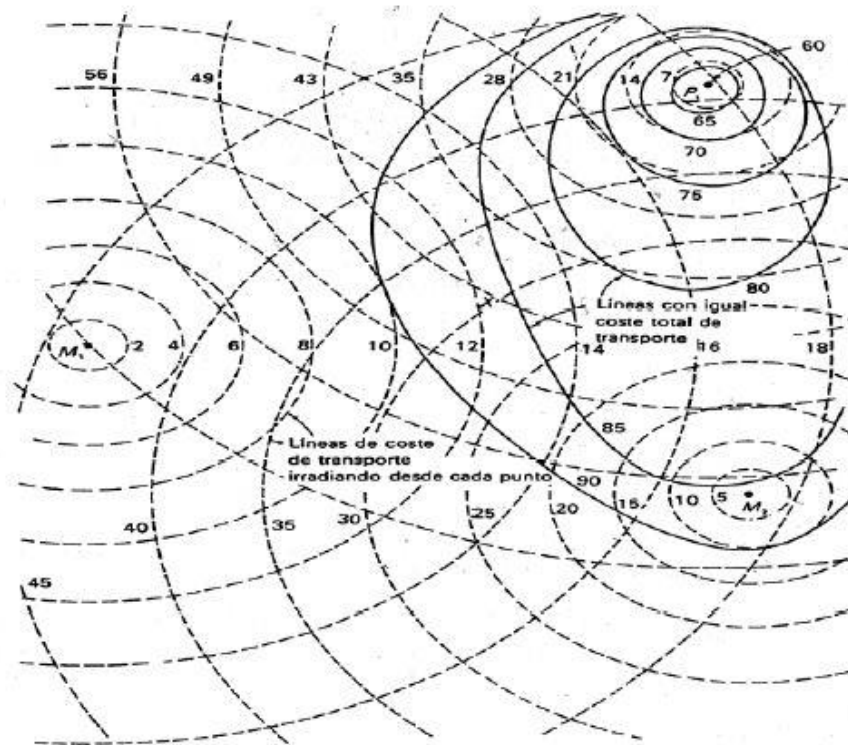
Obtenido de: Apuntes *Complejos Industriales*, Escuela Politécnica Superior de Jaén

Podemos encontrar una solución inicial, que no tiene por qué ser la óptima con el método de la esquina noroeste. Se empiezan colocando las cantidades a transportar por la casilla superior izquierda y se van saturando las capacidades de cada fila hasta pasar a la siguiente. Sin embargo, para encontrar la solución óptima deberíamos aplicar el método Stepping Stone. Este método evalúa las celdas (rutas) no utilizadas para ver cómo afectaría al coste del transporte total. Así, se van modificando las rutas hasta llegar al coste total mínimo.

- **Método gráfico de Weber:** se utiliza para hallar la posición óptima de un almacén. Para emplear este método es necesario conocer la demanda y su ubicación. Sobre una gráfica se representan los puntos de producción y de demanda, y desde ellos se trazan unas curvas iso-coste. Este coste es calculado como “el producto del coste unitario de transporte (euros/t-km o euros/m³-km), y el flujo de materiales afectados de tal coste unitario de transportes (en unidades de capacidad por unidad de tiempo)” (Marquina,

2003, p.50). La localización óptima será aquella en la que la suma de los costes de transporte (representados por las curvas iso-coste) a todos los puntos de origen y destino sea menor.

Ilustración 2.6 – Método gráfico de localización de un centro



Fuente: Marquina, F. A. (2003). Business plan de una empresa de transporte de mercancías.

Resumiendo, los principales factores que afectan al precio final del biocombustible son los pre-tratamientos o tratamientos y la logística. La Asociación Española de valorización energética de la biomasa (AVEBIOM) nos ofrece un precio medio (del producto ya final) de la astilla, del pellet y del hueso de aceituna. Este precio incluye el 21% de IVA y un transporte de 200 kilómetros hasta el lugar de la demanda. En las siguientes tablas se muestra la evolución del precio durante el último año para sacos de 15 kg, para un pallet de sacos y para el producto a granel, tanto en camión cisterna como volquete. También se indica el IPB trimestral, que representa la variación del precio trimestre a trimestre.

Tabla 2.1 – Precio del pellet

PmB (Pellet sacos 15 kg.)	1º tr. 2018	2º tr. 2018	3º tr. 2018	4º tr. 2018	1º tr. 2019
€/Saco	3,96	3,96	4,00	4,14	4,39
c€/kWh	5,54	5,54	5,60	5,79	6,15
IPB trimestral	1,03%	0,0%	1,1%	3,5%	6,1%
PmB (Un palet de pellet)	1º tr. 2018	2º tr. 2018	3º tr. 2018	4º tr. 2018	1º tr. 2019
€/tn	256,77	256,89	259,73	269,57	286,48
c€/kWh	5,39	5,39	5,45	5,66	6,01
IPB trimestral	1,65%	0,0%	1,1%	3,8%	6,3%
PmB (Pellet a granel volquete)	1º tr. 2018	2º tr. 2018	3º tr. 2018	4º tr. 2018	1º tr. 2019
€/tn	223,58	220,54	224,42	237,26	247,41
c€/kWh	4,69	4,63	4,71	4,98	5,19
IPB trimestral	0,20%	-1,4%	1,8%	5,7%	4,5%
PmB (Pellet a granel cisterna)	1º tr. 2018	2º tr. 2018	3º tr. 2018	4º tr. 2018	1º tr. 2019
€/tn	235,03	240,72	237,83	251,67	265,90
c€/kWh	4,93	5,05	4,99	5,28	5,58
IPB trimestral	0,00%	2,4%	-1,2%	5,8%	5,7%

Tabla 2.2 – Precio del hueso de aceituna

PmB (Hueso sacos)	1º tr. 2018	2º tr. 2018	3º tr. 2018	4º tr. 2018	1º tr. 2019
€/tn	191,66	191,46	192,17	194,68	192,86
c€/kWh	4,02	4,02	4,03	4,09	4,05
IPB trimestral	0,15%	-0,1%	0,4%	1,3%	-0,9%
PmB (Un palet de Hueso)	1º tr. 2018	2º tr. 2018	3º tr. 2018	4º tr. 2018	1º tr. 2019
€/tn	188,71	188,59	189,46	191,52	189,26
c€/kWh	3,96	3,96	3,98	4,02	3,97
IPB trimestral	0,81%	-0,1%	0,5%	1,1%	-1,2%
PmB (Hueso a granel volquete)	1º tr. 2018	2º tr. 2018	3º tr. 2018	4º tr. 2018	1º tr. 2019
€/tn	152,30	153,96	154,39	154,11	151,81
c€/kWh	3,20	3,23	3,24	3,23	3,19
IPB trimestral	-1,19%	1,1%	0,3%	-0,2%	-1,5%
PmB (Hueso a granel cisterna)	1º tr. 2018	2º tr. 2018	3º tr. 2018	4º tr. 2018	1º tr. 2019
€/tn	165,09	165,83	165,76	164,44	162,53
c€/kWh	3,46	3,48	3,48	3,45	3,41
IPB trimestral	0,50%	0,4%	0,0%	-0,8%	-1,2%

Tabla 2.3 – Precio de la astilla

PmB Astilla granel G30 - P31,5 - P45	1º tr. 2018	2º tr. 2018	3º tr. 2018	4º tr. 2018	1º tr. 2019
€/tn	108,31	108,16	109,65	112,07	113,46
c€/kWh	2,45	2,45	2,48	2,54	2,57
IPB trimestral	-0,6%	-0,1%	1,4%	2,2%	1,2%

Tablas obtenidas de: Asociación Española de valorización energética de la biomasa (AVEBIOM), 2019.

3. ANÁLISIS DE LAS POSIBLES REDES LOGÍSTICAS

Diseñar una red logística básicamente consiste en definir los elementos de la cadena de suministro que la componen, así como su función, localización o capacidad. Este diseño se debe hacer minimizando los costes, pero a su vez garantizando una serie de cuestiones como la entrega a tiempo o el nivel de servicio al cliente. Estos factores pueden suponer una ventaja competitiva, por eso cada vez más las empresas centran sus esfuerzos en diseñar una red de distribución sólida y eficiente, que cumpla las expectativas del cliente y las supere si es posible. Para ello es necesario atender a factores tales como:

- Tiempo de entrega: tiempo que pasa desde que se recibe el pedido por parte del cliente hasta que se le entrega.
- Disponibilidad: grado de certeza de que el pedido realizado por el cliente se encuentre en stock.
- Trazabilidad: capacidad del cliente de comprobar el estado y localización del pedido en cualquier momento.
- Posibilidad de devolución: capacidad del cliente de devolver un producto si existe algún defecto o no queda satisfecho. Este punto es de cada vez más importancia debido a la logística inversa
- Accesibilidad: facilidad del cliente de realizar un pedido y recibirlo según lo acordado.

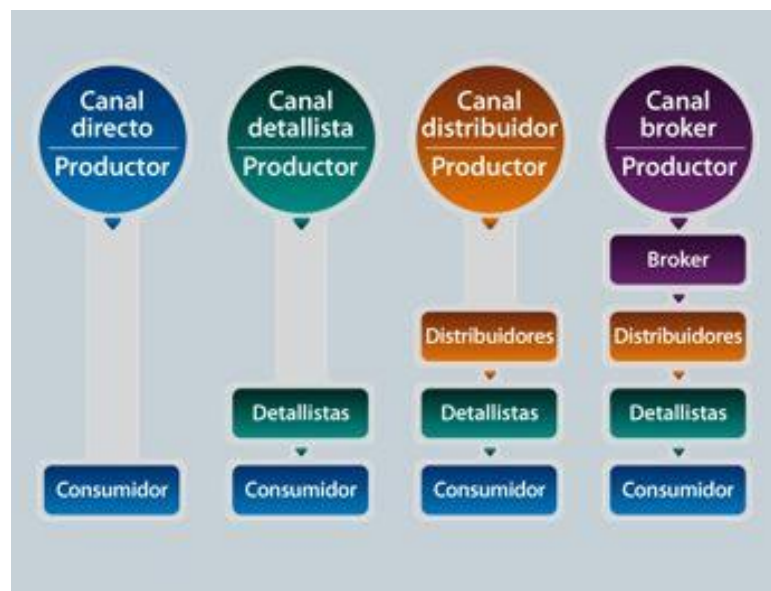
Para el correcto diseño de la red es necesario plantearse diferentes cuestiones sobre las estrategias, tácticas y operativas de la empresa. Éstas se pueden dividir según el horizonte temporal. Pueden ser decisiones anuales o incluso de mayor horizonte temporal. En este grupo podemos incluir las propias decisiones sobre la capacidad, localización o función de cada elemento de la red; y las relativas a la distribución en planta, planificación de la producción, asignación de la demanda a los distintos almacenes, mantenimiento de los equipos, etc. Por otro lado, tenemos las decisiones a medio plazo (de 3 a 12 meses): análisis y previsión de la demanda, políticas de stocks, estrategias de transporte o adquisición de materiales. Por último,

en un horizonte casi diario tenemos la selección de rutas, el lanzamiento de órdenes de producción, control del nivel de inventarios o planificación de pedidos.

La red logística de una empresa puede estar formada por proveedores, centros de producción, almacenes, puntos de venta y clientes. En función del grado de integración de cada empresa en esta cadena de suministro, la red logística puede ser menos o más compleja, abarcando uno o varios eslabones de la cadena. Por ejemplo, no será igual la de una empresa cuya actividad comprenda desde la producción hasta la distribución al consumidor final a la de otra que sólo se dedique a comprar y vender el producto, como puede ser un distribuidor.

Se denomina canal de distribución al “camino o ruta seguida por un determinado producto o servicio desde la fase de aprovisionamiento hasta la de consumo por parte del cliente” (Santos, 2009). A las distintas partes que forman este canal se les llama intermediarios. La intervención de los intermediarios supone una serie de ventajas como financiación para la empresa, absorción de una parte del riesgo o disminución de costes de transporte y distribución.

Ilustración 3.1 – Distintos canales de distribución



Obtenido de: Apuntes *Logística y Gestión de Flotas*, Escuela Politécnica Superior de Jaén

La elección de un canal u otro parece obvio que va a ser una decisión de carácter económica, eligiendo el que menos costes suponga para tu negocio. Pero también influyen otras variables como la fiabilidad, la confianza, la cartera de clientes de los intermediarios, el control sobre el canal o la flexibilidad.

Una vez definidos los productos que la empresa va a comercializar, así como las operaciones logísticas necesarias para su puesta en el mercado de acuerdo con las necesidades del cliente, podemos pasar al diseño de la red en sí. Para ello, es necesario antes sobre el territorio sobre el que la empresa va a desarrollar su actividad (en este caso la provincia de Jaén), y sobre la materia prima presente en él.

3.1. Caracterización territorial

La provincia de Jaén se sitúa al sur de la Península Ibérica y cuenta con una extensión de 13.480 km². La orografía de la provincia se caracteriza por un relieve irregular. En el norte de la provincia se extiende Sierra Morena, que junto con Despeñaperros marcan el límite natural entre la Meseta y la Depresión Bética. Al este, la Sierra de Cazorla y Segura sirven de frontera con las provincias de Granada y Albacete. Estas sierras se unen al suroeste a la cordillera Subbética, formada por las sierras Sur, la Pandera, Jabalcuz y Mágina. Por el centro de la provincia transcurre el río Guadalquivir y su afluente el Guadalimar, que dan lugar a un extenso valle. Todos estos accidentes geográficos dejan a la provincia con una altitud media de 730 metros. En la red hidrográfica destaca el Guadalquivir, que nace en la sierra de Cazorla. Los embalses de la provincia, entre los que destacan el Tranco y el Giribaile, tienen una capacidad total de 2.440 hectómetros cúbicos.

En cuanto a la vegetación, que constituye la materia prima para la biomasa, se concentra en los diferentes parques naturales de la provincia que comentaremos a continuación. En el resto de la provincia, la vegetación natural no es muy abundante ya que los montes están prácticamente despoblados de árboles. En el interior, destacan algunos cultivos como triguales o algodón, pero, sobre todo, el olivo. La provincia de Jaén es el mayor productor de aceite de oliva del mundo. Para la

campaña 2018-2019 estaba previsto que se recogiesen más de 6,4 millones de toneladas de aceituna, lo que supondría unos 1,3 millones de toneladas de aceite de oliva. Jaén cuenta con 550.000 hectáreas de olivar, lo que representa más del 25% de la superficie española y en torno al 40% de la andaluza. En cuanto a la producción, los aceites de Jaén suponen la mitad de la producción en toda España y más del 20% a nivel mundial. Estas cifras dejan bastante claro que el sector del olivar es un pilar fundamental en la economía jienense. Además de ser un generador de riqueza y empleo (más de 8 millones de jornales de recolección y más de 150.000 de molturación en una campaña), el olivar también tiene repercusiones sobre la cultura, la sociedad y el medioambiente.

En el terreno de las comunicaciones y las infraestructuras de transporte, destacan las carreteras que forman los ejes los ejes Norte-Sur, N-IV-Bailén-N-323, y Oeste-Este, N-IV-Bailén y N-322, ambas de competencia estatal. Gracias al desarrollo del primer eje sobre todo (motivado por estrategias y necesidades a nivel nacional), así como su conversión a vías de alta capacidad, han mejorado la posición de Jaén en las comunicaciones a nivel nacional y autonómico. Sin embargo, en el segundo eje falta todavía mucho por desarrollar para conectar Jaén con Murcia y el levante español a través de Albacete, lo que sería la futura A-32. En las carreteras de nivel provincial, más interesantes para nuestro propósito del diseño de una red logística, destacan la A-310 La Puerta de Segura-Siles, que comunica el norte de la Sierra de Segura con la N-322; la A-311 Jaén-Andújar; la A-312 Linares-Beas de Segura; la A-319 Peal de Becerro-Cazorla-Hornos, que supone el principal acceso al Parque Natural de Cazorla, Segura y Las Villas; la A-320 Mancha Real-Jódar, que conecta Sierra Mágina con la capital; o la C-3221 Jaén-Alcalá la Real, eje de comunicación de la Sierra sur de Jaén.

En lo que al ferrocarril se refiere, históricamente no ha tenido mucha importancia en la provincia y sus deficientes infraestructuras hacen que no sea un medio de transporte competitivo. La estación con más comunicaciones de la provincia es la Estación Linares-Baeza, situada en Linares. Está previsto el desarrollo de una línea de alta velocidad Madrid-Jaén y la conexión a la alta velocidad andaluza a través de Córdoba

La provincia de Jaén cuenta con una gran extensión de parques naturales, en los que es lógico suponer que se encontrará grandes cantidades de biomasa aprovechables. Son cuatro:

Ilustración 3.2– Parques Naturales en la provincia de Jaén



Obtenido de: <http://www.jaen.galeon.com/naturaleza/parques.htm>

- Parque Natural de Cazorla, Segura y Las Villas: está situado al este de la provincia. Tiene una extensión de 210.000 hectáreas, siendo el mayor parque protegido de España y el segundo de Europa. En él nace el río Guadalquivir. La especie de árbol predominante es el pino, aunque también podemos encontrar fresnos, sauces o chopos.
- Parque Natural de Despeñaperros: se encuentra en Sierra Morena, al norte de la provincia de Jaén. Hace de enlace entre la meseta y Andalucía. No es un parque muy extenso ya que sólo tiene 7.500 hectáreas. Predominan las encinas y los alcornoques.

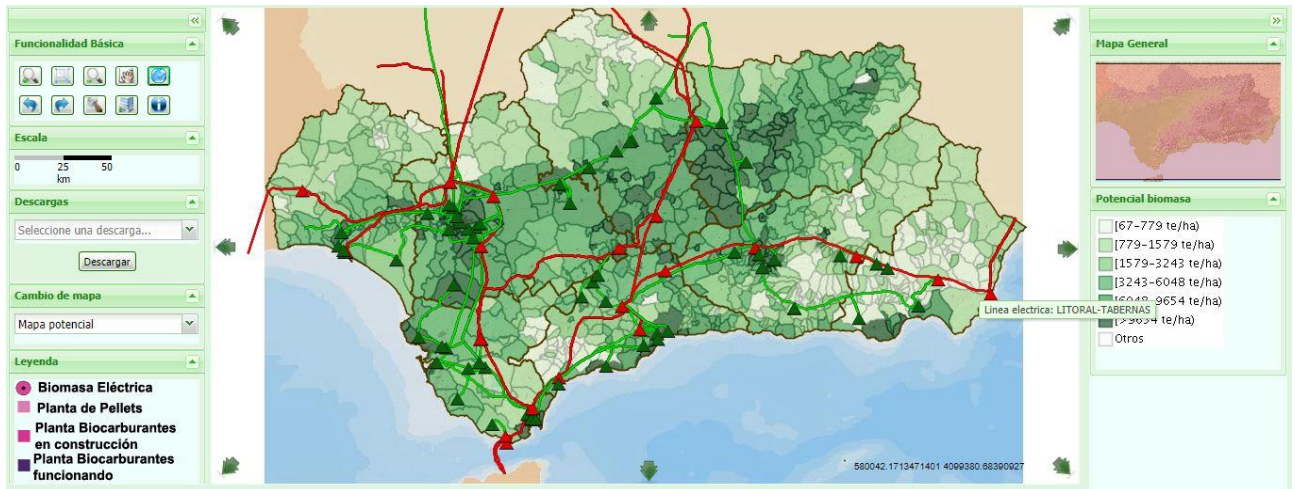
- Parque Natural Sierra de Andújar: se ubica al noroeste, en plena Sierra Morena. Tiene una extensión de 74.770 hectáreas y sus especies más características son la encina y el alcornoque
- Parque Natural Sierra Mágina: está situado al sur de la provincia, en mitad de la depresión del Guadalquivir. Su tamaño es de 19.950 hectáreas. Aparte de los olivos que pueblan todos los valles de esta zona montañosa, el pino es la especie más abundante

3.2. Evaluación del potencial biomásico

En este apartado se va a intentar a estudiar la cantidad de biomasa forestal aprovechable dependiendo de la zona de la provincia en la que nos encontremos. Esta información será muy valiosa a la hora de diseñar la red logística, ya que nos ayudará a tomar decisiones sobre la localización de plantas, almacenes, etc.

Para ello, vamos a utilizar una potente herramienta que nos ofrece la Agencia Andaluza de la Energía en su página web (<https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/biomasa/biomasa/init.do?prefix=/biomasa&name=potencial>). Se trata de un sistema de información geográfica que nos ofrece información sobre el potencial de la biomasa a nivel local, así como información sobre la localización de las distintas instalaciones que generan combustibles, a partir de la biomasa. Los datos fueron actualizados por última vez en 2012.

Ilustración 3.3 – Herramienta web del potencial biomásico Andalucía



Obtenido de:

<https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/biomasa/biomasa/init.do?prefix=/biomasa&name=potencial>

Además, nos podemos descargar los datos estimados sobre los recursos energéticos derivados de la biomasa, a nivel autonómico, provincial y municipal.

Tabla 3.1 - Potencial biomásico por provincias

	TOTAL PROVINCIAL			RESIDUOS AGRÍCOLAS		RESIDUOS GANADEROS		RESIDUOS FORESTALES		RESIDUOS INDUSTRIALES		RESIDUOS URBANOS		CULTIVOS ENERGÉTICOS	
	TONELADAS	KTEP	%	TONELADAS	KTEP	TONELADAS	KTEP	TONELADAS	KTEP	TONELADAS	KTEP	TONELADAS	KTEP	TONELADAS	KTEP
ALMERÍA	1.337.052	148	4%	420.323	55	542.343	7	35.347	10	56.602	12	246.408	51	36.029	12
CADIZ	1.831.423	314	8%	251.913	73	680.236	12	66.434	18	84.168	23	480.088	99	268.604	90
CÓRDOBA	3.012.933	631	16%	764.218	237	556.920	10	197.627	55	869.794	161	270.403	52	344.970	115
GRANADA	1.954.756	373	9%	343.500	99	485.983	8	85.867	23	562.723	117	290.683	64	186.001	62
HUELVA	1.924.053	402	10%	122.125	27	351.606	10	618.551	126	546.717	165	184.309	40	100.745	35
JAEN	4.026.057	884	22%	1.280.517	400	323.290	5	160.273	45	2.019.325	376	205.382	38	57.269	19
MÁLAGA	1.849.463	310	8%	280.617	84	520.705	8	35.516	10	292.471	48	618.589	125	101.555	34
SEVILLA	4.223.461	896	23%	1.163.209	346	872.442	16	146.224	35	638.228	123	633.999	122	769.418	253
ANDALUCÍA	20.159.199	3.958	100%	4.606.423	1.321	4.342.525	77	1.345.940	322	5.070.029	1.025	2.929.782	591	1.864.600	620

Obtenido de:

<https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/biomasa/biomasa/init.do?prefix=biomasa&name=potencial>

A nivel provincial, vemos que destaca el peso que tiene la biomasa agrícola. Esto se debe principalmente a los residuos que genera el sector del olivar.

Tabla 3.2 - Potencial biomásico en la provincia de Jaén

	JAEN		
BIOMASA	TONELADAS	KTEP	%
AGRICOLA	1.260.517	400	45%
GANADERA	323.290	5	1%
FORESTAL	160.273	45	5%
INDUSTRIAL	2.019.325	376	43%
CULTIVOS ENERGÉTICOS	57.269	19	2%
URBANA	205.382	38	4%
TOTAL	4.026.057	884	

Obtenido de:

<https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/biomasa/biomasa/init.do?prefix=/biomasa&name=potencial>

Para nuestro estudio, nos vamos a centrar sólo en la biomasa procedente de residuos forestales, que aun siendo dispersa, está mucho más concentrada que los restos del olivar. Abajo se recogen los 40 municipios de Jaén con más potencial.

Tabla 3.3 – Potencial de biomasa forestal a nivel local en Jaén

MUNICIPIO	TONELADAS FORESTALES
Andújar	36.379,4
Santiago-Pontones	21.690,0
Segura de la Sierra	8.910,4
Cazorla	8.609,7
Siles	6.911,8
Quesada	5.853,0
Chiclana de Segura	4.912,3
Santisteban del Puerto	4.814,4
Santa Elena	4.570,2
Baños de la Encina	4.527,9
Marmolejo	4.247,2
Orcera	3.903,0
Hornos	3.871,0
Aldeaquemada	3.353,6
Montizón	3.247,8
La Iruela	2.833,6
Pozo Alcón	2.480,6
La Carolina	2.469,3
Huesa	1.979,8
Peal de Becerro	1.973,7
Villanueva de la Reina	1.952,1
Cabra de Santo Cristo	1.677,4
Vilches	1.564,1
Benatae	1.173,9
Jaén	1.151,4
Valdepeñas de Jaén	1.096,6
Beas de Segura	1.089,3
Villanueva del Arzobispo	1.089,1
Castellar	1.007,1
Santo Tomé	999,5
Villacarrillo	970,5
Navas de San Juan	795,1
Jódar	788,5
Cambil	779,3
Torres de Albánchez	690,0
Iznatoraf	638,4
Villarrodrgo	633,4
Huelma	518,4
Sorihuela del Guadalimar	409,5
La Puerta de Segura	405,9

Obtenido de:

<https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/biomasa/biomasa/init.do?prefix=/biomasa&name=potencial>

Como se puede observar, los municipios con mayor cantidad de biomasa forestal pertenecen a los parques naturales de Andújar y de Cazorla, Segura y Las Villas

3.3. Alternativas

En este proyecto, no estudiaremos la rentabilidad de la empresa en su conjunto, solamente nos centraremos en minimizar los gastos derivados de la logística, como pueden ser los de aprovisionamiento, transporte, distribución, etc.

Como se ha comentado en la introducción del capítulo 3, la red se amoldará a las actividades que abarque la empresa en la cadena de suministro. Por lo tanto, es vital definir estas actividades antes de tomar decisiones en el ámbito logístico. Se analizarán las alternativas para el hueso y la astilla, y se explicará por qué el pellet finalmente no va a ser un biocombustible que suministre la empresa.

- Hueso de aceituna: es la decisión más fácil en cuanto al aprovisionamiento. El hueso de aceituna se produce en las almazaras, por lo que no nos queda más remedio que aprovisionarnos de él directamente del patio de éstas, mediante un camión neumático, por ejemplo. Es conveniente por lo tanto que las instalaciones de la empresa se encuentren lo más cerca posible de las almazaras de las que se va a aprovisionar. En cuanto a la distribución, habría distintas opciones, desde venderlo en las propias instalaciones de la empresa hasta el acuerdo con grandes superficies para la puesta en el mercado, pasando por la venta a distribuidores.
- Pellet y astilla: en este caso, el proceso de aprovisionamiento, producción y distribución son similares. Se podría estudiar la viabilidad de recoger los residuos provenientes de la industria forestal en los bosques para después tratarlos en planta. Otra opción es comprar directamente los troncos procedentes principalmente de podas y clareos para su posterior astillado o peletizado. Éste es el caso del Centro de Producción y Logístico de Biomasa en Lozoyuela (Madrid), con capacidad de hasta 4.000 toneladas al año de astilla ya tratada. Por último, también se podría comprar el producto ya acabado al vendedor más cercano para simplemente distribuirlo. Lo que no

resulta conveniente es que la empresa produzca en planta tanto astilla como pellet, ya que, al tratarse de dos procesos diferentes, la maquinaria también es diferente. Esto conllevaría grandes inversiones iniciales para hacerse con una línea de astillado y otra de peletizado.

En este tipo de decisiones, y en todas en el ámbito de la empresa, se buscará siempre la mayor rentabilidad económica.

4. DISEÑO DE LA RED LOGÍSTICA

Una vez teniendo toda la información disponible sobre la astilla, el pellet y el hueso de aceituna y conociendo todo el proceso productivo desde su origen hasta su venta, es hora de pasar al diseño de la red logística. Vamos a decidir primero para cada producto por separado cuál sería el modelo de negocio más adecuado entre todas las alternativas del capítulo 3.3.

4.1. Aprovisionamiento de la astilla

Parece razonable que la empresa cuente con al menos una planta de producción, que a su vez puede servir de almacén y de punto de distribución. Como hemos comentado anteriormente, sería ideal centrarse en producir solo o astilla o pellet y aprovisionarse del otro. Se podría elegir cualquiera, pero en este caso nos vamos a quedar con la astilla por requerir una tecnología más sencilla, y que puede realizarse en el propio monte. El pellet constituye un negocio diferente al requerir infraestructuras diferentes y sería arriesgado por parte de la empresa abarcar los dos campos. Descartada la producción de pellet, cabe la posibilidad de aprovisionarse de él y venderlo. Pero en este caso la empresa actuaría como un mero distribuidor, sin apenas posibilidad de aportar valor al producto. Es por esto que se tomará la decisión de comercializar solo astilla y hueso de aceituna.

Lo siguiente sería realizar el estudio de la viabilidad de que la empresa sea la encargada de recoger y acondicionar la materia prima o que simplemente la compre. Para este punto vamos a utilizar los datos del potencial biomásico en la provincia y realizaremos algunas simplificaciones para facilitar los cálculos.

En primer lugar, vamos a intentar establecer el precio por cada tonelada verde, que es así como se denomina a la materia prima, que nos costaría extraerla del bosque y transportarla a la planta. En el informe realizado en 2012 por la Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, llamado “Aprovechamientos forestales. Biomasa Forestal en Andalucía. Procesos de Extracción y Costes”, se realizaron estimaciones de estos costes en varios puntos de

Andalucía, entre ellos en un bosque de Chiclana de Segura, situado en la Sierra de Segura y que cuyos costes tomaremos como referencia.

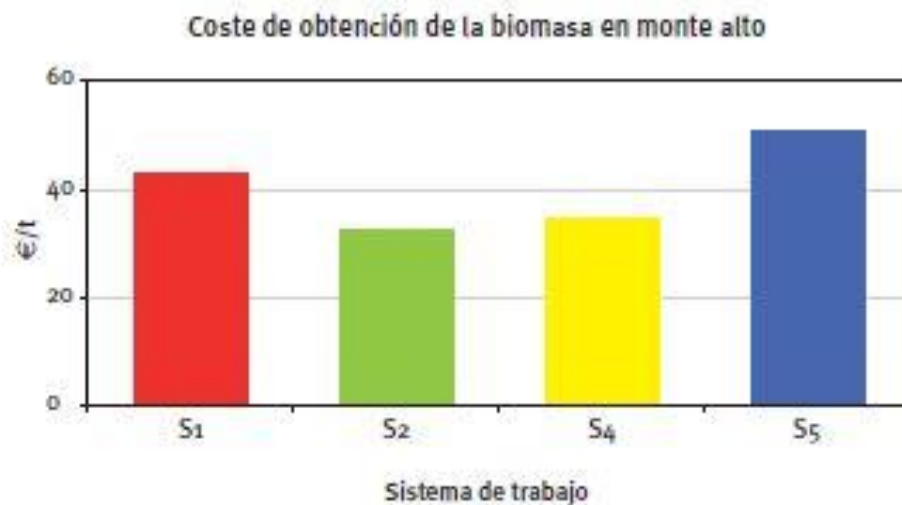
Tabla 4.1 – Costes de extracción

OPERACIÓN	MÁQUINA	RENDIMIENTO (t/h)	COSTE (€/t)
Apeo	Motosierra (STIHL 026)	3,1	7,5
Desemboque a cargadero	Autocargador (TB 1110)	4,2	24,4
Astillado	Astilladora (Dutch)/TB 1410	21,3	11,7

Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía (2012) / Elaboración propia

Los costes han sido actualizados conforme al IPC. Sumando y no teniendo en cuenta el astillado, ya que se realizaría posteriormente en fábrica, nos salen unos costes de extracción de aproximadamente 35 euros por tonelada verde. Para contrastar estos datos, también se han considerado otros estudios, como el ya citado de “Biomasa. Cultivos Energéticos” de IDEA. Según los diferentes sistemas de trabajo estudiados en el capítulo 2, este estudio nos ofrece estimaciones sobre los costes de extracción asociados a cada uno.

Ilustración 4.1 – Costes de extracción



Fuente: IDAE. (2007). Biomasa: Cultivos Energéticos. Madrid.

Nuestro caso sería el sistema número cuatro, correspondiente a “empacado en monte y astillado en fábrica”. Teniendo en cuenta el IPC, el coste de obtención de una tonelada rondaría los 40 euros, valor similar al obtenido en el estudio anterior.

Para terminar de contrastar estos valores, se ha tenido en cuenta también el estudio realizado por la Universidad Politécnica de Madrid en 2013 “*Comparativa de rendimientos y costes del aprovechamiento de leña o biomasa en monte bajo de Quercus pyrenaica Willd*”, en el que R.Laina, Y.Ambrosio & E.Tolosana, concluyeron, para esa especie y con un trabajo mecanizado, un precio medio de unos 37 €/t.

Una vez estimado el coste de extracción, nos faltaría el de transporte hasta la planta. Para ello vamos a establecer varias simplificaciones:

- La empresa va a utilizar camiones basculantes de 4000 kg de capacidad y 180 CV de potencia.
- La imputación al coste por hora del camión es de 30€.
- La distancia del lugar de aprovisionamiento hasta la planta es de 30 km. Esto es una distancia media, que en algunos casos podrá ser mayor, pero siempre

teniendo en cuenta que la planta se intentaría instalar lo más cerca posible del área de extracción. El tema de las localizaciones se tratará a continuación.

- La velocidad media del camión, al ser gran parte del recorrido por carreteras secundarias y de montaña, se va a suponer de 75 km/h cargado y 65 km/h descargado.
- El consumo de este tipo de vehículos por carretera es de unos 0,15 litros de gasoil por kilómetro (IDAE, 2006). El precio del gasoil se fijará en 1,3€/l.

Con todos estos datos ya podemos calcular el precio de transporte por tonelada.

- Coste camión cargado (viaje de ida a la planta):

$$\frac{30€/h}{65 km/h} = 0,46 €/km$$

- Coste camión descargado (viaje de vuelta desde la planta):

$$\frac{20€/h}{75km/h} = 0,4 €/km$$

- Coste combustible:

$$\frac{0,15 l}{km} \cdot 1,3 \frac{€}{l} = 0,195€/km$$

Así, suponiendo que el camión va cargado del todo, el coste de transportar cuatro toneladas sería:

$$\left(30 km \cdot 0,46 \frac{€}{km}\right) + \left(30 km \cdot 0,4 \frac{€}{km}\right) + \left(60 km \cdot 0,195 \frac{€}{km}\right) = 37,5 €$$

Dividiendo entre 4 obtenemos el coste de transporte por tonelada:

$$\frac{37,5 €}{4 t} = 9,4 €/t$$

Este coste de transporte sumado al de extracción (40€/t suponiendo el peor escenario) nos da un total de 50€/t de aprovisionamiento, es decir, el precio que nos costaría comprar la madera para astillar en nuestra planta. Actualmente los precios de

la tonelada de leña lista para astillar oscilan entre los 50€, como podemos ver un valor igual o similar al calculado en el caso de que la empresa se aprovisionase por sí misma. Ahora bien, ese precio de compra es para grandes cantidades y no incluye el transporte. Podemos concluir pues, que es más rentable para la empresa extraer la madera y transportarla hasta la planta para astillarla.

La siguiente decisión sería determinar el número de plantas y su localización. Lo más lógico sería instalarse lo más cerca posible de los puntos con mayor potencial biomásico de la provincia. Para ello vamos a hacer uso de los datos del capítulo 3.2. Según estos, parece obvio situar una planta en el municipio de Andújar, ya que es el que tiene mayor cantidad de biomasa aprovechable. Así, cubrimos toda el área noroeste de la provincia. Otra posible buena localización al este de la provincia sería Cazorla, con gran potencial biomásico también. Para terminar de cubrir la provincia, otro municipio ideal sería Santa Elena, al norte. Que estos tres municipios nombrados posean una buena cantidad de biomasa residual no es casualidad, ya que se encuentran al lado de los Parques Naturales Sierra de Andújar; Cazorla, Segura y Las Villas; y Despeñaperros, respectivamente. A la hora de tomar esta decisión de instalar tres plantas se ha supuesto una demanda considerable en los núcleos urbanos cercanos a ella. De lo contrario bastaría con instalar una o dos, y distribuir los productos por toda la provincia.

El siguiente paso sería calcular la producción anual de cada una de estas plantas. Para ello vamos a establecer que la empresa tiene la capacidad de aprovisionarse del 10% de la biomasa disponible del municipio. Esto nos daría el siguiente potencial:

Tabla 4.2 – Producción por planta (tonelada verde)

Municipio	Potencial (t/año)
Andújar	3638
Cazorla	861
Santa Elena	457

Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía (2012) / Elaboración propia

Sin embargo, esas cantidades corresponden a toneladas verdes, es decir, materia prima a la que no se le han realizado los tratamientos necesarios y no se le ha reducido la humedad. La producción de astilla ya lista para vender se quedaría aproximadamente en la siguiente:

Tabla 4.3 – Producción por planta (tonelada seca)

Planta	Producción (t/año)
Andújar	2838
Cazorla	672
Santa Elena	357

¹Fuente: Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía (2012) / Elaboración propia

El precio de producción para el astillado en planta se estima en unos 8 € la tonelada, y su proceso ha sido estudiado en el capítulo 2. En caso de que la demanda sea superior a las capacidades de la planta, se compraría madera para astillar del proveedor más cercano. El valor de ésta, como se ha mencionado anteriormente, ronda los 50 €/t. Algunos de los proveedores más destacados de la provincia son Ecoloma (Úbeda), Garzón Green Energy (Bailén) o Peláez Renovables (Jaén).

También es posible que existan plantas con exceso de demanda y otras con exceso de oferta. Para solucionar esto podemos transportar astilla de una planta a otra, o simplemente comprarla si sale más rentable. Para el transporte entre plantas

lo ideal sería utilizar camiones de piso móvil. Estos camiones descargan automáticamente en patios de las plantas o almacenes.

Ilustración 4.2 – Camión de piso móvil descargando astilla



Fuente: Dr. D. José Antonio La Cal Herrera

Este tipo de camiones tiene una capacidad aproximada de 24 toneladas, por lo que se podría calcular la distancia al proveedor de astilla a partir de la cual sería más rentable transportar la astilla desde nuestra planta. Para realizar los cálculos se considera lo siguiente:

- La empresa va a utilizar, mediante alquiler, un camión de piso móvil de 24 t de capacidad y 340 CV de potencia.

- El coste horario de utilizar ese camión es de 60€.
- La velocidad media del camión se va a suponer de 90 km/h.
- El consumo de este tipo de vehículos por carretera es de unos 0,26 litros de gasoil por kilómetro (IDAE, 2006). El precio del gasoil se fijará en 1,3€/l.
- Se va a suponer que la planta con exceso de oferta es la de Andújar, ya que la producción es mucho mayor.

Con estos datos los cálculos serían:

- Transporte Andújar-Santa Elena (distancia 65 km):
 - o Coste camión:

$$\frac{60€/h}{90 km/h} = 0,67 €/km$$

- o Coste combustible:

$$\frac{0,26 l}{km} \cdot 1,3 \frac{€}{l} = 0,34€/km$$

El coste de la carga completa (24 toneladas) sería:

$$\left(130 km \cdot 0,67 \frac{€}{km}\right) + \left(130 km \cdot 0,34 \frac{€}{km}\right) = 117 €$$

Y el precio por tonelada:

$$\frac{117 €}{24 t} = 5,5 €/t$$

Por lo que queda demostrado que es mucho más rentable transportar nuestra propia astilla en caso de que nos sobre que comprar a algún proveedor. Para el caso del transporte entre Andújar y Cazorla también va a ser así. La distancia es el doble, por lo que podemos suponer unos costes de transporte del doble aproximadamente. (11 €/t).

4.2. Aproveccionamiento del hueso de aceituna

En este caso no hay posible duda, la empresa se aprovisionará del hueso en la almazara más cercana a cada planta.

Tabla 4.4 – Almazaras más cercanas a cada planta

Planta	Almazara de aprovisionamiento
Andújar	COOPERATIVA VIRGEN DE LA CABEZA S.C.A.
Cazorla	ACEITES CAZORLA S.C.A.
Santa Elena	COOPERATIVA AGRÍCOLA DE ACEITE SAN JUAN DE LA CRUZ

Fuente: elaboración propia

Para el transporte la mejor opción es utilizar camiones cisterna, gracias a que el hueso tiene un comportamiento similar al de un fluido. Estos mismos camiones sirven para la distribución al cliente, generalmente calderas en edificios de viviendas o edificios públicos. Con una flota de dos de estos camiones sería suficiente para abastecer a toda la provincia.

Ilustración 4.3 – Camión descargando hueso de aceituna



Fuente: Dr. D. José Antonio La Cal Herrera

4.3. Distribución

Una vez tenemos el aprovisionamiento y la producción diseñados, nos faltaría el último eslabón en la cadena de suministro: la distribución. En la distribución se abre un abanico de posibilidades. Dependiendo del tipo de clientes que tenga la empresa, el sistema de distribución puede ser más o menos complejo, incluso puede llegar a no existir.

Antes de nada, hay que señalar el consumo por habitante de España es de los más bajos de Europa, aun siendo el tercer país en extensión forestal. Este consumo corresponde casi en su totalidad al uso doméstico y al uso en la industria, siendo el resto despreciables.

Tabla 4.5 – Consumo biomasa por sectores en España en 2017

SECTOR	CONSUMO	
	Toneladas equivalentes de petróleo (Tep)	%
Doméstico	2.056.508	49,4
Industria	2.037.680	48,9
Hostelería	30.408	0,7
Agrícola y ganadero	21.407	0,5
Servicios	19.634	0,5
TOTAL	4.167.035	100%

Fuente: IDAE

Con estos datos cabe esperar que gran parte de la demanda proceda de particulares, públicos o privados, cuyo uso del biocombustible irá destinado a la generación de energía térmica. En cualquier caso, vamos a analizar todos los posibles clientes y como variaría la red logística en cada caso.

En primer lugar, existe la posibilidad de vender al cliente final. En este caso se optaría por un canal directo en el que se prescinden de los intermediarios. La distribución correría a cargo de la propia empresa, lo que supone una oportunidad para ofrecer una ventaja competitiva. Ejemplos de estos clientes finales pueden ser particulares (públicos o privados), casi siempre con fines de producción de energía térmica en edificios; o empresas instaladoras de calderas de biomasa. Otra posibilidad dentro del cliente final es la auto venta, es decir, la venta en la propia planta de producción. Con esta opción se prescindiría totalmente de la distribución y sería el cliente el que transportaría el producto desde la planta hasta el lugar de consumo.

La otra posibilidad es la venta a intermediarios, o últimamente cada vez más conocidos como operadores logísticos (mayoristas, minoristas, distribuidores, etc.). Esta opción abarataría también los costes de transporte y de almacenamiento, además de que el propio intermediario absorbería una parte del riesgo del negocio. A

cambio, obtienen un beneficio económico, que puede ser un porcentaje sobre el precio de venta o el precio de coste. En función de una serie de criterios como la capacidad de venta, tamaño de los pedidos, imagen, gastos en publicidad, etc; se elegiría un intermediario u otro. Sin embargo, esta figura en la comercialización de la biomasa no está muy extendida todavía. Algunos almacenes pueden ofrecer entre sus productos biocombustibles, pero no es lo habitual. En el siguiente cuadro se resumen las distintas opciones para la distribución:

Tabla 4.6 – Resumen opciones de venta

Tipo de venta	Inversión y costes de mantenimiento	Ventajas	Inconvenientes
Cliente final	· Flota de transporte · Almacenamiento · Marketing y promoción	· Contacto directo con el cliente · Trato personalizado · Eliminación costes de los intermediarios	· Alcance limitado · Altos costes distribución y almacenamiento
Intermediarios	· Almacenamiento · Parte de los gastos de marketing y publicidad	· Disminución costes distribución y almacenamiento · Absorción de una parte del riesgo · Entregas programadas (menores costes logísticos y de producción)	· Toman una parte del beneficio · Tendencia del distribuidor a utilizar su propia marca e imagen · Poco control sobre la situación del mercado
Autoventa	· Almacenamiento · Puesta del producto en el mercado (marketing y publicidad)	· No existen costes de distribución	· Alcance muy limitado · Incertidumbre en las ventas · Dificultad para llegar al cliente

Fuente: elaboración propia

Otro factor que influye en la distribución es el formato en el que se va a vender el producto. En el caso del hueso de aceituna, se usa el camión cisterna para el suministro a calderas. Pero también existen otros formatos destinados a usos domésticos y particulares como los sacos de 15 o 20 kg o los *big bag*, de entre 750 y 1200 kg. En el caso de la astilla no existen formatos tan definidos, pero también se puede transportar a granel o en sacos.

Ilustración 4.4 – Saco de huesos de aceituna de 15 kg



Obtenido de: <https://ecoloma.es/biocombustibles/productos>

La empresa no puede elegir el tipo de cliente al que vender y debe estar abierta a todas las opciones. Pero analizando los datos de consumo de biomasa en nuestro país, sí es previsible que el cliente más habitual sea un particular que busque la producción de energía térmica en edificios, hogares, industrias, etc. Por ello hemos decidido que la empresa cuenta con los medios adecuados (camiones cisterna, camión de piso móvil, variedad de formatos, etc.) para el abastecimiento que requieren estos clientes, que lo más común será la alimentación a calderas.

5. CONCLUSIONES

Como se ha podido observar durante todo el trabajo, las decisiones más relevantes para una empresa dedicada a la extracción y comercialización de la biomasa son de carácter logístico. Estas decisiones deben ser las correctas para la rentabilidad de la empresa y también para buscar ventajas competitivas.

En nuestro caso, la primera decisión tomada ha sido definir la cartera de productos, formada por astilla procedente de madera y hueso de aceituna. El pellet ha sido descartado al requerir una infraestructura de negocio diferente. Después, analizando la rentabilidad entre la compra de rollos de madera o la extracción de ésta de los bosques, se ha optado por la segunda aprovechando el gran potencial que ofrecen los Parques Naturales de Jaén. Para esta tarea la empresa ha de contar con maquinaria de apeo, desemboque y transporte. Para el transporte a la planta se utilizarán camiones basculantes de 4.000 kg de capacidad, uno por lugar de extracción.

Las plantas estarán ubicadas en Andújar, Santa Elena y Cazorla. Estas localizaciones se han determinado evaluando el potencial biomásico a nivel municipal y teniendo en cuenta que cubran diferentes zonas de la provincia. Cada planta tendrá una línea de astillado y servirá de almacén y punto de distribución también. En cuanto al hueso de aceituna, el aprovisionamiento se realizará de la almazara más cercana a cada planta mediante camiones cisterna, de los cuales la empresa será dueña de dos. Las plantas también deberán poseer un sistema de empaquetamiento para poder vender el biocombustible en sacos, no sólo a granel.

En cuanto a la distribución, para el hueso de aceituna a granel se emplearán los camiones cisterna. Para el transporte de astilla a granel y para el transporte entre plantas, la empresa contará con un camión de piso móvil de 24 toneladas de capacidad. Para el transporte en sacos, este último camión o los utilizados en el aprovisionamiento pueden valer. La venta en las propias plantas estará también habilitada en caso de que el cliente decida comprar ahí.

Finalmente, cabe mencionar que la producción de energía a través de la biomasa trae consigo una serie de ventajas, tales como la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera o el mantenimiento de la limpieza de los bosques, evitando así incendios. Además, puede contribuir al desarrollo local y pone en valor los bosques y las masas forestales que no están aprovechadas.

Como obstáculos, nos encontramos la dificultad para competir con otras fuentes de energía más baratas, aunque no sean energías limpias. Para luchar contra esto, sería ideal que los gobiernos concediesen ventajas fiscales a la producción de energía limpia en general, y a la biomasa en particular. Este tipo de medidas son necesarias en el contexto de la transición energética para cada vez más reducir las emisiones de CO₂. También sería necesario la creación de asociaciones, lobbys, etc; que trabajen para la consolidación del mercado y del producto. Esto incluye la certificación, normalización y estandarización de los biocombustibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Sebastián Nogués, F., García-Galindo, D., & Rezeau, A. (2010). *Energía de la biomasa*. Pressas Universitarias de Zaragoza.
- Arbós, L. C. (2011). *Logística, Gestión de la cadena de suministros*. Ediciones Díaz de Santos.
- Asociación Española de valorización energética de la biomasa (AVEBIOM). (s.f.). 2019.
- Asociación Española de valorización energética de la biomasa (AVEBIOM). (2019).
- Benkler, Y. (2012). *El Pingüino y el Leviatán: Por qué la cooperación es nuestra arma más valiosa para mejorar el bienestar de la sociedad*.
- Camps Michelena, M., & Marcos Martín, F. (2002). *Los Biocombustibles*. Mundi-Prensa.
- Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Junta de Andalucía. (2012). *Biomasa forestal en Andalucía. Procesos de extracción y costes*. Sevilla.
- Greenheiss. (Noviembre de 2017). Obtenido de <https://www.greenheiss.com/calidad-astillas-biomasa/>
- Herrera, J. A. (2013). *Viabilidad de la integración de una planta de gasificación de biomasa*. Jaén.
- IDAE. (2006). *Guía para la gestión del combustible en las flotas de transporte por carretera*. Madrid.
- IDAE. (2007). *Biomasa: Cultivos Energéticos*. Madrid.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2007). *Biomasa: Maquinaria agrícola y forestal*. Madrid.
- Laina, R., Torrijos, Y. A., & Esteban, E. T. (2013). *Comparativa de rendimientos y costes del aprovechamiento de leña o biomasa en monte bajo de Quercus pyrenaica Willd*. Madrid: Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- Marquina, F. A. (2003). *Business plan de una empresa de transporte de mercancías*.
- Santos, I. S. (2009). *Logística y operaciones en la empresa*. Madrid: ESIC.
- Velasco, J. G. (2009). *Energías renovables*. Editorial Reverte.