

ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS EN LA PROVINCIA DE CÁCERES.

Fernando López Rodríguez

Carmen Pérez Atanet

Francisco Cuadros Blázquez

Antonio Ruiz Celma

Universidad de Extremadura

Abstract

The power use of the forest or agricultural biomass has a series of disadvantages with respect to other fuels, as they are his low density and its difficulty of handling. The torrefaction is a process of transformation of the biomass that makes possible to obtain products of better quality energetics, major density and major added value that the original raw materials.

In the present work, the technical and the economic bases to install a torrefaction plant are determined. The premises and studies for the most suitable construction of the torrefaction plant of 5 t/h of capacity, as well as its viability from the technical and economic point of view, and zones for their location, will settle down, with the purpose of to move to the private initiative to use these important biomass reserves existing in the zone.

Keywords: *biomass; solid biofuels; torrefaction.*

:

Resumen

El empleo energético de la biomasa forestal o agrícola residual tiene una serie de desventajas con respecto a otros combustibles como son su baja densidad y su dificultad de manejo. La torrefacción es un proceso de transformación de la biomasa que hace posible la obtención de productos de mejor calidad energética, mayor densidad y mayor valor añadido que las materias primas originarias.

En el presente trabajo, se determinan tanto las bases técnicas como las económicas para la instalación una planta de torrefacción, aprovechando el potencial de biomasa de la provincia de Cáceres. Se establecerán las premisas y estudios para la construcción de la planta de torrefacción de 5 t/h de capacidad, así como su viabilidad desde el punto de vista técnico y económico, y las zonas más idóneas para su ubicación, con el fin de mover a la iniciativa privada para utilizar estas importantes reservas biomásicas que existen en la zona, si en todo momento cuentan con el apoyo decidido de la Administración para facilitar y permitir los trabajos selvícolas y de recogida.

Palabras clave: *biomasa, biocombustibles sólidos, torrefacción*

1. Introducción

La biomasa forestal o agrícola presenta como desventaja en relación con los combustibles fósiles su baja densidad y su dificultad de manejo. Sin embargo, la torrefacción es un proceso que tiene como base el trocear la biomasa, compactándola y posteriormente mejorar su calida energética, obteniendo un producto de mayor valor añadido.

El proceso de torrefacción permite utilizar la casi totalidad de las biomásas y residuos que existen en la zona objeto de estudio, incluyendo también algunos otros tipos de residuos, como los neumáticos.

La única condición es que el material a torrefactar debe entrar con una humedad no superior al 35% y debidamente triturado para facilitar el proceso y disminuir los tiempos de torrefacción.

Los residuos que se van a aprovechar en la provincia de Cáceres, proceden de cortas, podas, claras, desbroces, aperturas de vías, acciones para prevención de incendios, etc. Proceden del tratamiento selvícola del pino pinaster, pino pinea, encina, alcornoque y roble. También es posible utilizar la biomasa forestal procedente la corta a hecho de eucaliptales, siempre que la junta de Extremadura lo autorice [1-2].

Como objetivos principales de la instalación de una planta de torrefacción de biomasa en la provincia de Cáceres pueden citarse los siguientes:

- 1) Revitalizar económicamente, unas comarcas en algunos casos deprimidas y en las cuales se puede producir una actividad económica que utiliza una riqueza autóctona e inagotable.
- 2) Promocionar las energías renovables en un momento en que España, por su insostenibilidad energética, necesita fuentes de energía alternativas.
- 3) Utilizar volumen anual de biomasa de aproximadamente 800.000 m³/año, con un valor estimado superior a los 240 millones de euros.
- 4) Dar empleo fijo discontinuo en los trabajos selvícolas directos necesarios, durante los periodos autorizados, de entre 1.500 y 2.000 personas, a los que habría que añadir el personal indirecto empleado en el transporte, que estimamos en 666 camiones al año trabajando 250 días.
- 5) Dar empleo estable en la planta de torrefacción, lo que supondría más de 30 personas, con puesto de trabajo fijo.
- 6) La realización de trabajos selvícolas en los montes y dehesas extremeñas, con efectos beneficiosos para el mantenimiento y desarrollo de la dehesa (pastizales y ganadería) y prevenir los incendios forestales.

Con las ventajas que puede suponer la producción de la biomasa torrefactada, lo que supone resolver las siguientes cuestiones:

- 1) Utilizar un combustible que se puede compactar hasta una densidad del orden de 0,4-0,5 t/m³, lo que supone un ahorro considerable en transporte y almacenamiento.
- 2) Composición físico-química, humedad, y poder calorífico más uniforme que la biomasa forestal, logrando homogeneizar en la transformación, las características de los diferentes tipos de biomásas.

- 3) Se pueden utilizar directamente como combustible en las calderas, mezclándolos con el carbón fósil que es el combustible actual, con lo que se puede obtener una reducción considerable en emisiones.
- 4) Puede mejorar las características y propiedades para la combustión de determinados tipos de carbones, que tienen altos contenidos de cenizas, como las hullas bituminosas.
- 5) Es un combustible natural, procedente de restos de podas y residuos selvícolas, cuyo balance de emisiones de CO₂ y de gases de efecto invernadero es nulo, pudiendo utilizarse por las industrias como combustible, con lo que se consigue la reducción de emisiones.

2. Situación y características de la planta

2.1 Situación

Entre los criterios para la elección del emplazamiento de una planta de torrefacción, deben considerar los siguientes aspectos:

- 1) Deberá situarse en un punto estratégico, en relación con las áreas forestales con actividad selvícola: centros de gravedad de los recursos existentes con incrementos suficientes para atender las necesidades de la planta, no menos de 50.000 t de materia seca para una planta de elaboración de 5.000 Kg/h.
- 2) Que esté situada fuera del casco urbano, aunque no se trata de una industria contaminante.
- 3) La parcela de implantación debe tener una superficie en torno a 3-4 ha, con capacidad de ampliarse, ya que puede aumentar la producción mediante la instalación de nuevos módulos en la misma, o darle mayor capacidad.
- 4) Conexión sencilla en línea eléctrica, aunque el consumo de energía no es elevado
- 5) Que esté bien comunicado, siempre desde el punto de vista de acceso de camiones y remolques.

Todo ello exigiría que por razones logísticas y basados en economía de transporte la planta podría estar situada en las cabeceras de comarca o en zonas que pudrían estar en el centro de gravedad de las cargas o en el centro de un círculo imaginario de radio de 30-40 Km. y que cumpliesen las anteriores premisas de accesibilidad dentro de las comarcas estudiadas, teniendo buenas comunicaciones tanto por carretera como por ferrocarril.

2.2 Capacidad de la planta

Dado que se ha estimado que la biomasa forestal que es posible extraer de la zona puede llegar a tener un volumen anual en torno a 800.000 m³/año, una planta de transformación de 51.200 t/año de biomasa torrefactada puede ser adecuada,

teniendo en cuenta que se va a utilizar la biomasa de más sencilla extracción y en un radio de 30-40 Km.

Esta planta produciría una cantidad de 41.040 t/año de biomasa torrefactada, de las que 1.600 t/año serán para consumo interno de la planta como combustible y el resto para la venta. Lo anterior indica que la producción horaria de la planta será de 5,130 t/h para lo que se utilizará una planta de torrefacción y briquetado de 5 t/h.

Para ello será necesario realizar 3 turnos de 8 horas, lo que suponen 8.000 horas al año si se quiere llegar a la producción prevista. La planta estará preparada para instalar otro segundo grupo de las mismas características si se comprueba que la extracción de biomasa puede aumentarse con posterioridad.

Por tanto, para poder atender la planta durante 24 horas 11 meses al año, es decir 8.000 h de operación, será necesarios contratar a 17 operarios como empleo fijo durante todo el año.

Las características de operación de la planta pueden apreciarse en la tabla 1.

Tabla 1: Características de operación de la planta

OPERACIÓN: (h/año)	8.000
FUNCIONAMIENTO:	julio a agosto
MANTENIMIENTO Y REVISION:	mes de agosto
PLANTA TORREFACCIÓN CON 20% DE HUMEDAD (t/año):	51.200
TOTAL HORARIA: t/h	5,130
TOTAL ANUAL: t/año	41.040
PRODUCCIÓN TOTAL ANUAL: t/año	41.040
CONSUMO INTERNO COMO COMBUSTIBLE: t/año	1.600
PRODUCCIÓN PARA VENTA: t/h	39.440
TOTAL VENTAS: €/año	3.352.400
INVERSIONES TOTALES: €	7.730.358

2.3. Descripción de la planta y proceso

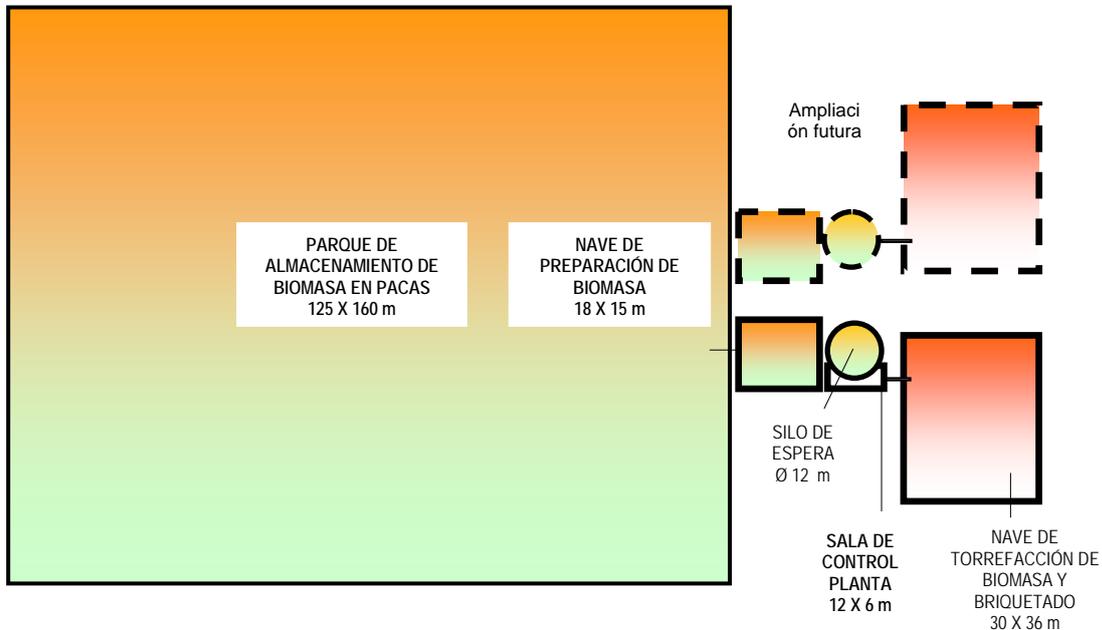
Una planta de torrefacción de biomásas [3] consta de las siguientes instalaciones cuya explicación resumida se detalla continuación.

- Infraestructuras y obras civiles:
- Parque de almacenamiento de biomásas.
- Planta de preparación de biomásas.
- Planta de secado y torrefacción.
- Planta de briquetización, almacenamiento y expedición.

Superficie necesaria e infraestructuras.

Para la construcción de una planta con una capacidad de 5 t/h de biomasa torrefactada, se necesita una superficie total de 30.000 m³ (200 x 125 m), incluyendo un parque de almacenamiento biomasa, de 20.000 m² (125 x 160 m) y las plantas e instalaciones de preparación de biomasa, secado y torrefacción y briquetización y almacenamiento para la expedición, con superficie de 10.000 m². La figura 1 muestra la planta de distribución de las instalaciones.

Figura 1: Planta de distribución de instalaciones



Parque de almacenamiento de biomosas.

La mayor parte del suministro de biomasa viene en pacas, que se almacenan en pilas de 10 pacas. La biomasa que viene a granel se descarga, bien sea en la planta de almacenamiento de Biomosas o bien se procesa directamente en la planta de Torrefacción.

La superficie donde se apilan las pacas debe estar compactada, para facilitar la estabilidad de las pilas, evitando los asentamientos. Entre las pilas se situarán pasillos para recoger el vertido de las aguas pluviales, con canales de drenaje para su evacuación fuera del parque. Los pasillos de acceso a las filas de pacas estarán asfaltados para facilitar el acceso de los equipos de carga, descarga y transporte de pacas.

Planta de preparación de biomosas.

Las pacas del parque de almacenamiento de biomosas o de suministro directo desde el exterior tienen que triturarse a los tamaños requeridos para el proceso de torrefacción y carbonización, como máximo de 5 x 5 x 5 cm.

Las pacas vienen del parque de almacenamiento en carros transportadores que los descargan en los molinos trituradores a través de cintas de alimentación. Los molinos deshacen las pacas y las Trituran a los tamaños indicados, en una sola operación.

Se instalará un silo de almacenamiento y regulación de la biomasa triturada, para facilitar que los molinos de trituración funcionen solamente durante 1 turno al día (8 horas)

La planta se instala en una nave cubierta, sin cerramientos laterales, aunque se pondrá una valla de malla de alambre de protección y seguridad. Solamente necesitará el suministro de energía eléctrica y aire comprimido.

Planta de torrefacción de biomasa.

La planta se compone de las tres unidades siguientes:

a) Equipo de secado:

La tecnología ACS utiliza el vapor sobresaturado como medio de secado. El vapor se genera a partir de la humedad que contiene la biomasa que se va a secar, sin necesidad de equipos adicionales para generar calor o vapor, cuya inversión es cara y cuya operación es compleja.

El vapor sobresaturado desplaza el aire / oxígeno que contiene el ambiente, creando una atmósfera inerte y "sin aire" con alta temperatura adecuada para el secado, sin alcanzar la combustión de la biomasa.

Frente a otros procesos tienen las siguientes ventajas:

- Reducción del tiempo del proceso de secado.
- Menor requerimiento de consumo de energía.
- Eliminación de emisiones de gases a la atmósfera.
- Recuperación de energía del vapor /condensados del ventilador.
- Eliminación del riesgo potencial de explosión o combustión.
- Mejor rendimiento de secado.
- Menor inversión en equipo principal y auxiliares de secado.

b) Planta de torrefacción

- Desde la unidad de secado, la biomasa seca se envía, mediante un tornillo sinfín estanco, sin entrada de aire exterior, al equipo rotatorio estanco, donde se someterá a un proceso térmico suave de pirolisis, en una atmósfera de vapor sobresaturado, donde se convierte en un material torrefactado.
- El proceso de torrefacción se realiza a una temperatura que depende del tipo de biomasa, pero puede oscilar entre 250 y 280 °C. Para la carbonización se necesita alcanzar temperaturas mayores, superiores a los 380 °C.
- A la salida del equipo, la biomasa torrefactada se enfría en un depósito inerte y estanco, en una atmósfera de vapor sobresaturado, hasta que la biomasa y el vapor bajan su temperatura hasta los 130 °C, llevándose luego al equipo de briquetización.

En la Figura 2 puede verse una imagen de la planta de torrefacción.

Figura 2: Planta de torrefacción**c) Planta de oxidación:**

- Los gases que se generan en la torrefacción se extraen y, impulsados mediante un ventilador a presión, se conducen a una planta de oxidación térmica, bien sea para su destrucción y limpieza antes de expulsarlos a la atmósfera o bien utilizados como vapor residual en un recuperador de calor para utilizarlos de nuevo en el proceso de secado.
- En la cámara de oxidación se aumenta la temperatura mediante la entrada de aire caliente generado por un quemador, con el fin de facilitar la temperatura de reacción necesaria, aproximadamente de 600 °C, para que todo el VOC y el CO se transforme en CO₂ y H₂O para su salida a la atmósfera como gases inertes. La temperatura en la cámara se controla mediante el caudal de aire de entrada y del combustible en el quemador.
- El aire caliente que sale a una temperatura aproximada de 600 °C se lleva al intercambiador del equipo de secado de biomasa, con el fin de reducir el consumo de energía en el secado.

Planta de briquetizado y almacenamiento.

- La biomasa torrefactada enfriada, se lleva a las máquinas de briquetización. Estos equipos comprimen la biomasa torrefactada en unos cilindros moleteados enfrentados, sometidos a una fuerte presión, que forman unas briquetas de alta densidad y tamaño uniforme, de tamaño entre 20 y 30 cm³,
- La máquina de briquetización también aglomera los finos producidos, evitando su desecho por no tener tamaño un adecuado. Se logra alcanzar una densidad superior a 0,4 / 0,5, t/m³ que facilita y economiza la manipulación y el transporte de la biomasa torrefactada, frente a la biomasa en bruto: tiene, además, un poder calorífico un 30% superior.

3. Coste de los equipos

El coste de la obra se agrupa en las partidas de coste de la obra civil y el de equipamiento.

1 OBRA CIVIL

1 Nave cubierta sin paredes laterales de 20 x 30 m., de estructura metálica.

1 Nave de estructura metálica y paredes con placas modulares de hormigón de 30 x 36 m.

1 Oficinas, centro de control y laboratorios.

1 Taller, almacén y vestuarios

2 EQUIPOS

1 Silo de almacenamiento de Φ 12 x 16,5 m.

2 Molinos trituradores de biomasa

4 Cintas de alimentación

1 Equipo de secado de biomasa

1 Tornillo sin fin

1 Equipo de torrefacción de biomasa

1 Depósito de acumulación

1 Depósito de acumulación

1 Equipo con quemador para oxidación de humos
de escape

1 Ventilador extractor.

1 Instalaciones y equipos complementarios

TOTAL.....7.131.520 €

4. Estudio económico y financiero

El estudio económico-financiero, se efectuará con las premisas y bases ya expuestas.

La financiación de la inversión se llevará a cabo con un 25 % de aportación propia, un 55 % de crédito a través de las entidades financieras, y se solicitará un 20 % de subvención. El crédito se solicitará con un plazo de 10 años y a un interés del 6,75%.

En cuanto al precio de la biomasa, dado que se trata de una planta de producción de

biomasa para uso industrial, interesa establecer los costos con mucha precisión. Así, mientras que el precio mínimo de la recogida y transporte de la biomasa forestal se estima en 38 €/t, para el estudio económico-financiero hemos descendido el precio de la biomasa a 24 €/t, ya sea porque es necesario disponer de grandes cantidades de biomasa (considerablemente superior a la de la planta de pelets), bien porque es necesario abaratar costes y solo se recogerá la biomasa más accesible y situada en límites de parcela o bordes del terreno.

Por otra parte, se puede torrefactar todo tipo de biomasa sin precisar su origen, pudiéndose utilizar la biomasa agrícola cuyo transporte es más sencillo y menos costoso, mientras que en la planta de peletizado solo se utiliza biomasa forestal para asegurar la homogeneidad del pélets.

Por último se considerará una vida del proyecto de 15 años.

En la tabla 2 se recogen los resultados del estudio económico financiero de la planta que arroja un VAN de 3.410.404 €, un T.I.R. del 15,97% y un periodo de retorno de 7 años, que pueden considerarse como satisfactorios. No obstante en la tabla 2 solo se recogen los ocho primeros años, aunque se ha estimado una vida de la planta de 15 años-

Tabla 2: Resultados del estudio económico-financiero

CONCEPTO / AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8
INVERSIÓN	7.131.520							
BENEFICIO DESPUÉS IMPUESTOS (EXCLUIDAS SUBVENCIONES)	52.659	182.369	312.220	331.271	350.322	388.413	407.463	426.514
AMORTIZACIONES	488.908	488.908	488.908	488.908	488.908	461.708	461.708	461.708
VALOR RESIDUAL								
CASH-FLOW NETO	(6.589.953)	671.277	801.128	820.179	839.230	850.121	869.171	888.222
CASH-FLOW NETO ACUMULADO	(6.589.953)	(5.918.676)	(5.117.548)	(4.297.369)	(3.458.139)	(2.608.019)	(1.738.848)	(850.625)

CONCEPTO / AÑO	9	10	11	12	13	14	15
INVERSIÓN							
BENEFICIO DESPUÉS IMPUESTOS (EXCLUIDAS SUBVENCIONES)	445.565	464.616	492.850	492.850	492.850	492.850	492.850
AMORTIZACIONES	461.708	461.708	441.785	441.785	441.785	441.785	441.785
VALOR RESIDUAL							169.515
CASH-FLOW NETO	907.273	926.324	934.635	934.635	934.635	934.635	1.104.150
CASH-FLOW NETO ACUMULADO	56.647	982.971	1.917.606	2.852.241	3.786.876	4.721.511	5.825.661

TASA INTERNA DE RETORNO (T.I.R.) :	9,23	%
VALOR ACTUAL NETO (V.A.N.) k=10%:	(1.670.738)	
VALOR ACTUAL NETO (V.A.N.) k=20%:	(2.769.758)	
VALOR ACTUAL NETO (V.A.N.) k=30%:	(3.217.869)	
PAY-BACK:	8,94	AÑOS
BREAK -EVEN AÑO 1:	#jREF!	EUROS

5. Resultados y conclusiones

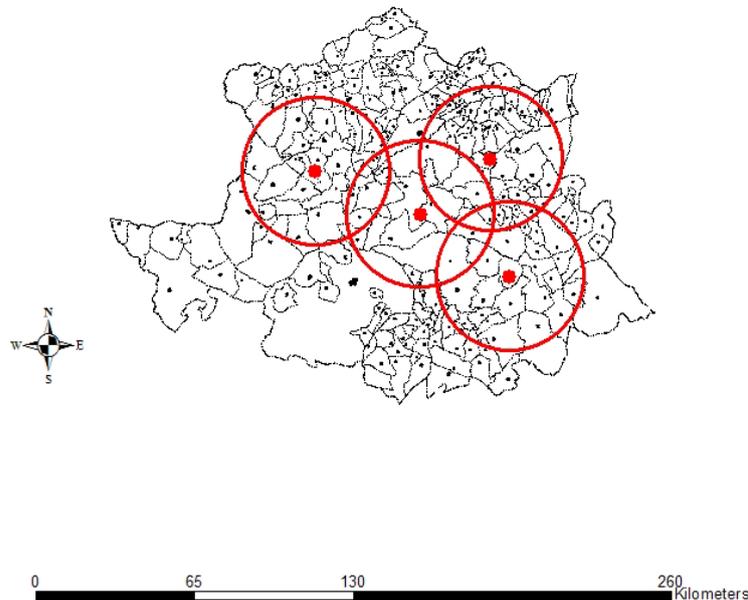
Las plantas de estas características que utilizan biomasa forestal o agrícola residual son viables económicamente y técnicamente, representando un buen recurso para zonas eminentemente agrícolas, pudiendo mejorar considerablemente la economía y aliviar el paro de la región.

Los periodos de retorno son buenos, ya que 7 años hacen que cualquier inversor pueda desarrollar este tipo de plantas.

La biomasa torrefactada tiene una magnífica salida y venta, bien en forma de briquetas o bien directamente como combustible de plantas térmicas, en las que se puede usar solo como combustible o bien mezclada con carbón fósil, lo que puede proporcionar menores emisiones al medio ambiente,

En la Figura 3, puede visualizarse las plantas que se pueden instalar en la provincia de Cáceres y que disponen de biomasa en un radio de 30 Km., que es máximo permitido para el traslado de los residuos.

Figura 3: Plantas que pueden instalarse en la provincia de Cáceres



Referencias.

- [1] Tercer Inventario Forestal Nacional en versión digital para la provincia de Cáceres (IFN3). Ministerio de Medioambiente. 2007. www.mma.es . 20-05-2008.
- [2] Pérez Atanet. C, López Rodríguez. F, Moral García F.J., Ruiz Celma, A. *Análisis del potencial de biomasa forestal en Extremadura (España) mediante Sistemas de Información Geográfica*. X Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. AEIPRO. Valencia. 2006.
- [3] Voivontas D, Assimacopoulos D and Konkios E.G. *Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method*. Biomass and Bioenergy . 2001; 20: 101-112.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Fernando López Rodríguez
E-mail : ferlopez@unex.es