



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Generación Eléctrica con Biomasa procedente del Olivar. Viabilidad Socioeconómica y Medioambiental

Alumno: Ángela María Sánchez

Septiembre, 2015



UNIVERSIDAD DE JAEN

**FACULTAD DE CIENCIAS
EXPERIMENTALES**

GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**GENERACION ELECTRICA CON BIOMASA
PROCEDENTE DEL OLIVAR. VIABILIDAD
SOCIECONOMICA Y MEDIOAMBIENTAL**

PRESENTADA POR:

ÁNGELA MARIA SANCHEZ JIMENEZ

DIRIGIDA POR:

DR. D. JULIO TERRADOS CEPEDA

JAÉN, 2 DE SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE JAEN
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES



TRABAJO FIN DE GRADO

Generación eléctrica con biomasa procedente del olivar. Viabilidad Socioeconómica y Medioambiental.

Ángela María Sánchez Jiménez

Director:

D.R. D. Julio Terrados Cepeda

2015

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a mi tutor el Profesor Dr. D. Julio Terrados Cepeda por su oportuna orientación y sobre todo por su paciencia. Y en general a la universidad de Jaén por brindarme la oportunidad de continuar con la carrera aquí en España si no esto no hubiera sido posible.

También quiero manifestar mi mayor gratitud a mi familia. Especialmente a mi Madre María Cristina que desde un inicio siempre ha depositado la confianza en mí, pese a la distancia siempre me ha transmitido la fortaleza de continuar lo que en un inicio empecé, ha estado presente brindándome el apoyo suficiente, a través de sus palabras sabias. A mi esposo por transmitir positivismo, a mi tía Milena porque desde muy joven me inculco el interés y la importancia de estudiar, y hasta hoy día he obedecido su valioso consejo.

A todos ellos les dedico este trabajo, especialmente a mi hijo Miguel Ángel que nació acá en España y mi otra hija Yesenia que se encuentran en Colombia, mi país natal, que siempre fueron mi mayor motivo para continuar adelante y siempre tener firme mi convicción de realizarme como una mujer profesional, capaz de alcanzar esta meta y sobre todo afianzar en mí la seguridad.

RESUMEN

En este trabajo se menciona la importancia que tiene la biomasa del olivar en la provincia de Jaén, como fuente de aprovechamiento energético y por lo tanto persigue el estudio y análisis de la puesta en marcha de dos plantas de generación eléctrica que utilizan como combustible la poda del olivar y los residuos de las industrias agrícolas ambas con una potencia de 15 MW.

La metodología empleada para hacer el análisis de la información de varios puntos del tema y realizar los cálculos correspondientes fue la suministrada por la base de datos de la agencia andaluza de energía y el IDEA (Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía).

Por otra parte también se tuvo en cuenta los cambios ocurridos en el nuevo sistema de retribución, establecidos en el RD 413/2014, de 6 de junio, que se complementa con la Orden IET/1045/2014 del 16 de junio.

Finalmente se realizó el cálculo de los diferentes indicadores de rentabilidad económica como la TIR, el VAN y el Pay Back, donde los resultados indican que este proyecto debe ser aceptado por su gran beneficio económico, además por su aporte a la generación de empleo en las zonas rurales y su contribución al Medio Ambiente mediante la disminución de la emisiones de CO₂.

Palabra Clave: Biomasa, olivar, aprovechamiento energético, residuos, indicadores de rentabilidad económica.

ABSTRACT

This study mentions the importance that the biomass has of the olive grove in the province of jaen as source of energy utilization and therefore this Project is intended to research and analyze the launching of two electric energy plants that uses the pruning of the olive grove and the residues of the agricultural industries as fuel both with 15 MW of power.

The methodology used to do the analysis of information of several points of the topic and to make the appropriate calculations it was provided by the database the Andalusian Energy Agency and the IDEA (The Institute for Energy Diversification and Saving)

On the other hand, also was taken into account the changes that have occurred in the new system of remuneration, established in the RD 413/2014 of june 6, that is supplemented by the Ordinance IET/1045/2014 of june 16.

Finally, different economic performance indexes are determined like the TIR, VNA and Pay Back according to the study, this Project must be accepted for your great economic benefit, also for your contribution to the employment creation in the rural áreas and its contribution to the environment with the decrease of CO2 emissions.

Keywords: biomass, olive grove, energy utlization, residues, economic performance indexes

Tabla de Contenido

1.0	INTRODUCCION.....	8
2.0	OBJETIVOS	9
3.0	HIPOTESIS Y JUSTIFICACION DEL ESTUDIO	10
3.1	Hipótesis.....	10
3.2	Justificación.....	10
4.0	METOLOGÍA.....	11
5.0	ANTECEDENTES.....	12
6.0	ÁREA DE ESTUDIO.....	14
6.1	Localización.....	14
6.1.1	<i>Ubicación Geográfica</i>	14
7.0	JUSTIFICACION DE LA POTENCIA DE PLANTA.....	16
8.0	LA BIOMASA	17
8.1	Definición de Biomasa:.....	17
8.2.	Clasificación de la Biomasa	18
8.3	Biomasa del Olivar.....	21
8.3.1	<i>Agroindustrias del sector del olivar:</i>	21
8.3.2	<i>Subproductos de las Industrias del Sector del Olivar</i>	22
8.3.3	<i>Subproductos de las actividades agrícolas del Olivar</i>	24
9.0	DISPONIBILIDAD DEL RECURSO	27
9.1	Potencia de Biomasa Instalado en la Provincia de Jaén	29
10.0	MARCO LEGISLATIVO DE LA BIOMASA.....	32
11.0	TECNOLOGIAS APLICABLES A LA GENERACION ELECTRICA CON BIOMASA DE OLIVAR.....	34
12.	REGIMEN ECONOMICO.....	40
12.1	Retribución	40
12.2	Procedimiento para determinar los parámetros de la Instalación Tipo.....	44
13.0.	METODOLOGIA PARA ANALIZAR LA VIABILIDAD ECONOMICA DE LAS PLANTAS DE GENERACION ELECTRICA CON BIOMASA DE OLIVAR.....	50
13.1	Flujo de Caja	50
13.2	Plazo de Recuperación o Pay – back.....	50
13.3	Valor Actual Neto (VAN)	51

13.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)	51
14.0 COSTES Y DETERMINACIÓN DE INDICADORES	53
ECONOMICOS	53
14.1 Coste de la Biomasa	53
15.0 ESTUDIOS DE LOS IMPACTOS SOCIALES Y MEDIOAMBIENTALES.....	61
15.1 Impactos Sociales:.....	61
15.2 Impactos Ambientales	62
16. CONCLUSIONES	67
17.0 REFERENCIAS	68
18.0 ANEXOS	72
18.1. Anexo III Orden ITC/3353/2010, de 28 de diciembre.....	72
18.2. Orden IET/1045/2014 del 16 de junio.....	73
18.3 Anexo.....	74
18.4 Anexo.....	75
18.5 Anexo.....	76

TABLAS

Tabla 1 Potencial de Biomasa en Andalucía	27
Tabla 2 Tipos de Biomasa en Jaén	29
Tabla 3 Objetivos de potencia para el 2020	29
Tabla 4 Objetivos de energía total 2020	30
Tabla 5 Instalaciones de generación eléctrica en la provincia de Jaén	30
Tabla 6 Tipos de plantas de biomasa instaladas en la provincia de Jaén.....	30
Tabla 7 Datos generales de potencia eléctrica renovable (MW) (31/12/2014)	31
Tabla 8 Legislación más reciente relacionada con la Biomasa	33
Tabla 9 Poderes caloríficos de los subproductos de las extractoras	34
Tabla 10 Poderes caloríficos de los restos de poda de olivar.....	34
Tabla 11 Equipos empleados en el proceso de combustión.....	38
Tabla 12 Tarifa, primas y límites para instalaciones de biomasa de olivar	42
Tabla 13 Precio de Venta del Mercado.....	45
Tabla 14 Coeficiente de apuntamiento	45
Tabla 15 Asignación de códigos de instalación tipo	46
Tabla 16 Relación en kW/h por cada instalación tipo	49
Tabla 17 Interpretación del VAN.....	51
Tabla 18 Interpretación de la TIR.....	52
Tabla 19 Datos de cada instalación tipo	54
Tabla 20 Resultados de los indicadores económicos para cada instalación tipo.	55
Tabla 21 Plantilla de Cálculos de los indicadores económicos	56
Tabla 22 Cálculos para determinar los indicadores económicos.	58
Tabla 23 Datos de empleo directo por cada MW instalado.....	61
Tabla 24 Efectos sobre el PIB de España (millones de euros)	62
Tabla 25 Emisiones de CO ₂ evitadas.....	63
Tabla 26 Características físico -químicas de la biomasa del Olivar	64

FIGURAS

Figura 1 Comarcas Agrarias de la Provincia de Jaén	14
Figura 2 Tipos de biomasa Agrícola según su composición	18
Figura 3 Materias primas, productos y subproductos en la industria del sector del olivar	22
Figura 4 Tipos de Biomasa de Olivar	25
Figura 5 Distribución del potencial de biomasa en Andalucía	28
Figura 6 Procesos de conversión de biomasa en Energía	35
Figura 7 Funcionamiento de una planta de generación eléctrica mediante el sistema de combustión	39
Figura 8 Parámetros retributivos para instalación tipo IT - 00844	46
Figura 9 Parámetros retributivos para instalación tipo IT 00868	47
Figura 10 Gestión logística de la poda del Olivar	53
Figura 11 Evolución de los costes de generación eléctrica con 6000 h	59
Figura 12 Evolución de los Costes de generación eléctrica con 7500 h	59

1.0 INTRODUCCION

Teniendo en cuenta que la explotación abusiva de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) desde épocas anteriores hasta nuestros días ha sido la causa principal de grandes daños ambientales, por tal motivo hoy día la legislación establece objetivos a largo y mediano plazo en todos los ámbitos a nivel internacional, europeo, nacional, autonómico, provincial y local con el fin de establecer un verdadero compromiso con la lucha contra el cambio climático.

Por esa razón se hace necesaria que el actual sistema energético cambie de manera que sea compatible con el “desarrollo sostenible”, término que se menciona por primera vez en la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED), en el informe titulado “Our Common Future” por la presidenta de la Comisión Gro Harlem Brundtland (WCED, 1987) cuando lo define como *“El desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”*.

Es así que, mediante la ejecución de pequeñas acciones desde un cambio en nuestras costumbres de la vida cotidiana hasta la implementación de grandes acciones en materia de ahorro y eficiencia energética, la implementación de energías renovables y la movilidad sostenible contribuyen a la disminución de problemas tanto ambientales como socioeconómicos y por lo tanto mejora la calidad de vida de las personas.

De esta manera, teniendo en cuenta lo anterior desde el punto de vista de la implementación de energías renovables centrándonos en la biomasa del olivar que es nuestro punto de interés, se puede considerar que su utilización como combustible para la obtención de energía en la provincia de Jaén desempeña un papel relevante en este campo ya que es una solución sostenible y asegura el abastecimiento energético de la provincia.

2.0 OBJETIVOS

Este Trabajo Fin de Grado pretende alcanzar los objetivos específicos que se plantean a continuación:

- ✓ Identificar y Analizar el actual marco normativo para las plantas de generación eléctrica con biomasa procedente olivar y calcular su retribución económica correspondiente.
- ✓ Determinar los proceso de conversión de biomasa y la tecnología más adecuada.
- ✓ Analizar la viabilidad económica para las instalaciones de biomasa mediante diferentes indicadores de rentabilidad.
- ✓ Calcular las emisiones evitadas de CO₂ y establecer el número de empleos directos generados por las instalaciones de generación eléctrica.

3.0 HIPOTESIS Y JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

3.1 Hipótesis

A pesar de los cambios ocurridos en el marco normativo en España, hoy por hoy sin embargo se continúan brindando beneficios en los ámbitos social, ambiental y económico en la generación eléctrica con biomasa que justifica la apuesta por este tipo de energía.

3.2 Justificación

Teniendo en cuenta los nuevos cambios ocurridos en el marco regulatorio del sector de las energías renovables como se menciona en el Dictamen del CES titulado *Situación de las energías renovables en la provincia de Jaén y el impacto de los cambios legislativos sobre el sector* (Consejo Económico y Social de la Provincia de Jaén, 2014), establecida hasta nuestros días, lo cual han generado una inestabilidad en el sector energético, y pone en riesgo la puesta en marcha de proyectos relacionados en este ámbito, además de introducir cambios en las tarifas y suspensión de primas, lo cual se traduce en el incremento de los precios de las facturas que pagan los ciudadanos y empresas.

Entonces, se hace necesario, analizar de qué manera este nuevo sistema de retribución afecta o influye en la utilización de la biomasa del olivar como fuente de aprovechamiento energético en la provincia de Jaén por varias razones:

1. La provincia de Jaén posee un gran potencial de biomasa derivada del olivar, lo cual indica que su economía se basa en este monocultivo y por lo tanto el aprovechamiento de este recurso para la obtención de energía se emplea en sustitución de productos fósiles y disminuye su dependencia.
2. Se asegura el cumplimiento del objetivo de la UE de un 20% de Renovables para el 2020 y se reduce el 20% de emisiones de CO₂.
3. Se fomenta el uso de la biomasa procedente del olivar en el sector de la energía ya que es un recurso viable económicamente en comparación con el resto de tecnologías de energías renovables.

4.0 METOLOGÍA

La metodología empleada en la ejecución de este trabajo y especialmente para la obtención y análisis de datos fue la ubicada en el Portal de la Agencia Andaluza de la Energía, donde tiene a disposición una aplicación informática que tiene como nombre “Mapa de recurso e instalaciones de biomasa en Andalucía”, también se utilizó diferentes informes emitidos por la página oficial del IDAE para tomar como base algunos datos, extrapolarlos y luego ser utilizados en los cálculos de varios parámetros que determinan la viabilidad económica.

De igual forma se hizo uso del internet como una herramienta practica para la consulta de varias páginas oficiales en la web, y la consulta de varios libros electrónicos.

5.0 ANTECEDENTES

Teniendo en cuenta que el principal cultivo en la provincia de Jaén es el olivo. En tiempos anteriores el sector agrícola de la provincia de Jaén no le daba peso a los subproductos generados por la industria alimentaria y actividades agrícolas, el interés del agricultor se enfocaba principalmente en obtener una importante producción de la cosecha para la obtención de aceite de oliva y posicionar este producto en el mercado en diferentes ámbitos a nivel provincial, nacional, europeo e internacional con el fin de comercializarlo y día a día aumentar sus ventas, por lo tanto el destino de estos en principio ha sido la alimentación animal, orujeras y en el caso de la poda es la quema a cielo abierto, habito que actualmente se continua haciendo junto con el empleo de la leña como combustible doméstico.

Sin embargo hoy por hoy con el objetivo de luchar contra el cambio climático y controlar la generación de gases de efecto invernadero, y cumplir con el compromiso del protocolo de Kioto, y junto al respaldo que ha brindado la legislación al establecer el uso de los residuos de actividades agrícolas y de las industrias agroalimentarias, al conceder una retribución económica por el uso en la aplicación de estos como biocombustibles para la generación de energía eléctrica como se establece en el RD661/2007 y en el actual RD 413/2014 junto con la importancia de incrementar nuevas fuentes de biomasa en plantas de generación de energía eléctrica existentes y de futura proyección. Entonces, se hace necesario darle un mejor destino a los subproductos mediante la valorización energética.

El aprovechamiento energético de estos subproductos consiste en ser utilizados como biomasa en las plantas de generación de energía eléctrica. Los residuos generados por la poda del olivar, normalmente requiere de un sistema más complejo ya que deben de pasar por varios procesos con el fin reducir su tamaño hasta obtener un material más fino en forma de astilla para que sea práctico de transportar, manejar y de ser empleados como combustible, por el contrario los residuos generados por las industrias agroalimentarias del sector del olivar no es necesario de enviarlos a las plantas de tratamiento, como se menciona en el manual de 2007 por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) normalmente estos son empleados como combustibles en la misma industria, y el

resto de residuos que no son aprovechados pues se comercializan cumpliendo con unos estándares de calidad.

Sin embargo hoy por hoy, los subproductos generados por la poda del olivar también se usan para mejorar las cubiertas vegetales del suelo y tiene grandes ventajas ambientales como reducir las emisiones de CO₂ y evitar la quema masiva al aire libre. Esto lo confirma el catedrático de ecología Roberto García Ruíz en expoliva 2013 mediante una nota de prensa en ENERGIAS RENOVABLES el periodismo de las energías limpias (Rico, 2013) cuando afirma que *“la cubierta vegetal en las calles de los olivos evita la erosión, supone una mejora inestimable en la fertilidad del suelo y juega un papel importante en la emisión de CO₂, ya que es una forma de fijar el carbono al suelo, secuestrándolo de la atmósfera”* y recomienda *“picar la poda y dejarla sobre el terreno como cubierta natural inerte”*, además menciona que *“ la poda podría ahorrar 15 millones de euros en el mercado del CO₂”*. Teniendo en cuenta lo anterior ambos usos reducen las emisiones de CO₂ y evitan la incineración del residuo in situ. Ahora la preferencia por el uso de estos residuos debe de ser un punto de interés tanto para los agricultores como para los empresarios de industrias alimentarias del sector del olivar.

Aunque este trabajo no pretende diseñar una planta de biomasa procedente del olivar para la generación de energía eléctrica, al menos menciona a groso modo algunos factores que deben tenerse en cuenta para elegir la ubicación ideal para ambas instalaciones, tales como:

- La disponibilidad del recurso
- Concentración de producción de biomasa
- Proximidad a un recurso hídrico
- La topografía del terreno
- Una vía de acceso para el transporte de la materia prima.
- Buenas comunicaciones y alejadas de núcleos urbanos.

7.0 JUSTIFICACION DE LA POTENCIA DE PLANTA

Para la instalación de dos plantas de generación eléctrica de biomasa procedente del olivar se hace necesario establecer un rango de potencia, mayor a 2MW en nuestro caso de estudio se fija una potencia de 15 MW respectivamente. A continuación se mencionan las diferentes razones y ventajas.

- Teniendo en cuenta que el consumo eléctrico de una familia está entre el rango de (5000 – 6000 kWh/año), y la producción eléctrica de una planta equivale a 112.500 MWh/año, ahora tomando el valor medio correspondiente a 5500 kWh/año y haciendo conversión de unidades determinamos que, con la instalación de una potencia de 15 MW se pueden abastecer con suministro eléctrico a 20454.54 familias, pero como son dos plantas cada una con 15 MW, pues el suministro eléctrico sería para el doble de las familias.
- La Provincia de Jaén tiene una gran disponibilidad de recurso, es decir gran cantidad de materia prima.
- Tarifas (€/MWh) establecidas por el gobierno (Ministerio de Industria, Energía y Turismo) son importantes para apoyo financiero de este tipo de proyectos.
- Se toma como referencia los valores de potencia en las plantas de generación eléctrica de biomasa procedente del olivar ya instaladas en la provincia de Jaén como se mencionó en la tabla nº 5.
- Evita la importación de miles de toneladas de carbón y emisión de grandes cantidades de CO₂, es decir que reduce el impacto ambiental.
- Crea fuentes de empleo especialmente en zonas rurales, importante para la disminución de la tasa de paro porque hoy día como menciona (Es.classora.com, 2015) según la Encuesta de Población Activa (EPA) en Junio 2015 a la provincia de Jaén le corresponde un 34,56 % de desempleo ocupando el tercer puesto después de Melilla y la provincia de Cádiz.
- Brinda seguridad en el suministro y abastecimiento de energía a la población.
- Uso eficiente de la energía.

8.0 LA BIOMASA

El cultivo del olivar no es solo fuente del preciado aceite joya de la dieta mediterránea sino que también ofrece otra importante fuente de riqueza como la Biomasa, un recurso energético autóctono y renovable procedente en gran parte de la poda del olivo e industrias relacionadas (orujeiras y almazaras).

En principio se definirá el término de biomasa, luego se hará su clasificación y posteriormente se centra en mencionar la biomasa del olivar que es la de nuestro interés, ya que servirá como combustible para las plantas de generación eléctrica en la provincia de Jaén.

8.1 Definición de Biomasa:

En el estudio técnico titulado “Evaluación del potencial de energía de la biomasa” realizado para el Plan de Energía Renovables (PER) 2011- 2020. La Biomasa se define como:

“La Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía”, es decir, cualquier sustancia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales que resultan de su transformación natural o artificial.” (Cabrera et al., 2011: 7)

En la actualidad la biomasa engloba al grupo de productos energéticos y materias primas de tipo renovable que se originan a partir de la materia orgánica, quedando por tanto excluidos los combustibles fósiles o los productos orgánicos derivados de ellos, aunque también tuvieron un origen biológico en épocas remotas. Así pues, *la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)*, utiliza la definición de la *Especificación Técnica Europea CEN/TS 14588* para catalogar la “biomasa” como:

Ángela María Sánchez Jiménez

“Todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización”. (Cabrera et al., 2011: 7)

Finalmente la Directiva 2009/28/CE de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE en el Artículo 2 define biomasa como:

“La fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales”. (Unión Europea, 2009)

8.2. Clasificación de la Biomasa

Ahora dependiendo del criterio empleado la Biomasa se puede clasificar según su composición en:

Figura 2. Tipos de biomasa Agrícola según su composición

TIPO	SUSTANCIA BIOORGÁNICA		EJEMPLOS
LÍPIDOS			
Oleaginosa			Semillas de girasol, soja, maíz, lino, almendro
HIDRATOS DE CARBONO			
Alcoholígena	Monosacáridos	Glucosa	Pulpa de fruta
		Fructosa	Pulpa de fruta
	Disacáridos	Sacarosa	Caña de azúcar, sorgo dulce, remolacha
Amilácea /Inulínica	Polisacáridos	Insulina	Tubérculo de patata y rizomas de dalia, achicoria
		Almidón	Granos de cereal, Tubérculo de patata
Lignocelulósica	Polisacáridos	Hemicelulosa	Maderas en general
		Celulosa	Residuos lignocelulósicos

Fuente: (ITAGRA.CT y IUGFS, 2012: 7)

Ahora según su estado también se puede clasificar en:

- *“Biomasa Solida : Este tipo de biomasa es el más conocido, y en él podemos englobar la madera obtenida de tratamientos silvícolas forestales, residuos de las industrias que trabajan con cualquier tipo de biomasa (carpinterías, papeleras, etc.), residuos obtenidos en las podas y limpieza de parques y jardines, subproductos o residuos de naturaleza agrícola (e.j. paja), cultivos energéticos, turba, residuos agroindustriales (orujo, serrín, huesos de aceituna), fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU), etc.*
- *Biomasa Liquida: Este grupo englobaría a los residuos ganaderos, los residuos industriales biodegradables y las aguas residuales urbanas (ARU). Incluye también los aceites y biocarburantes (bioetanol y biodiesel).*
- *Biomasa Gaseosa: Se trata del metano o biogás obtenido a partir de residuos de animales, residuos agroalimenticios, vertederos y escombreras, etc., a través de diversos procesos (termoquímicos, microbiológicos, etc.)” (ITAGRA.CT y IUGFS, 2012: 6 y 7)*

Según el estudio técnico de la Agencia Andaluza de la Energía (AAE) titulado “La biomasa en Andalucía” desde el punto de vista práctico y a nivel de aprovechamiento energético la biomasa atiende a la siguiente clasificación:

- *“Residuos agrícolas: Se incluyen en esta denominación Residuos agrícolas n todos los residuos orgánicos y restos vegetales que se generan por los cultivos agrícolas directamente en el campo o en invernadero. Comprenden las podas de cultivos arbóreos y la paja y restos vegetales del resto de cultivos.*
- *Residuos Forestales: Los residuos de origen forestal Residuos forestales l comprenden todos los productos o subproductos resultantes de los aprovechamientos y tratamientos silvícolas que se realizan en las superficies forestales que no tengan como aprovechamiento principal los fines energéticos, y que pueden comprender otros tipos de aprovechamiento. Proviene de la necesidad de realizar tratamientos silvícolas para el mantenimiento y mejora de los montes y masas*

Ángela María Sánchez Jiménez

forestales mediante talas, podas, limpieza de matorrales, etc. Estos trabajos generan unos residuos (leñas, ramas y matorrales) que deben ser retirados del monte, pues son un factor de riesgo de grave importancia para la propagación de plagas y de incendios forestales.

- *Residuos Ganaderos: los residuos ganaderos son aquellos residuos orgánicos generados por las especies ganaderas en las explotaciones intensivas ganaderas. Se tratan principalmente de la mezcla de deyecciones y la cama de ganado, denominándose comúnmente según la especie de la que proceden en estiércol, purines y gallinaza.*
- *Residuos y subproductos industriales: son aquellos subproductos y desechos de origen orgánico generados por la industria. Principalmente de los sectores agroalimentario, maderero y textil.*
- *Residuos Urbanos: los residuos urbanos son aquellos generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como los residuos procedentes de la limpieza viaria, zonas verdes y áreas recreativas. Los residuos urbanos susceptibles de uso energético incluyen las aguas residuales, los residuos sólidos urbanos, los aceites de fritura y los residuos vegetales de zonas verdes.*
- *Cultivos energéticos: su concepto se ha definido anteriormente. Existen cultivos energéticos cuya aptitud principal es exclusivamente energética como es el caso de la Cynara Cardunculus, Brassica Carinata, Paulownia de corta rotación etc, y otros cultivos alimentarios tradicionales que pueden ser empleados también para uso energético en su totalidad, como es el caso del cereal y las oleaginosas". (AAE, 2013: 2y3).*

Como se menciona en el Plan de Energía Renovable (PER) 2011-2020, los productos obtenidos se pueden utilizar atendiendo según su uso:

- *"Biomasa Térmica: aplicaciones tecnológicas dedicadas al suministro de calor para calefacción, producción de ACS y/o procesos industriales. Está claramente dividida en aplicaciones para edificios y otros y aplicaciones para procesos industriales. Los tipos de biomasa más comunes en los usos térmicos proceden de las industrias agrícolas (huesos de aceitunas y cáscaras de frutos secos), de las industrias forestales (astillas, virutas,...) y de actividades silvícolas y de cultivos leñosos (podas, leñas,...). Estos materiales se pueden transformar en*

pelets y briquetas, astillas molturadas y compactadas que facilitan su transporte, almacenamiento y manipulación.

- *Biomasa eléctrica: aplicaciones para generación de energía eléctrica tanto de forma exclusiva como mediante sistemas de cogeneración o sistemas de co-combustión". (IDAE , 2011: 142)*

8.3 Biomasa del Olivar

La provincia de Jaén se caracteriza porque su principal riqueza de biomasa procede del monocultivo del olivar y de sus industrias derivadas. Lo cual, con su gran aporte en la producción de aceite de oliva, también es fuente de numerosos subproductos con un contenido energético importante, y desde este punto de vista la biomasa procedente del olivar presenta grandes ventajas ya que permite el reemplazo de los combustibles fósiles, seguridad en el autoabastecimiento, diversificación energética, y contribuye a la existencia de actividades que incrementan el empleo en zonas rurales. Esto indica que a partir de las numerosas plantaciones de olivo y mediante una tecnología adecuada, se puede obtener tanto energía térmica como energía eléctrica e incluso biocarburantes para el transporte. (AAE, 2013).

Según el estudio titulado "Potencial energético de los subproductos de la Industria olivarera en Andalucía "realizado por la Consejería de Agricultura y Pesca (CAP) menciona que la industria del sector del olivar en la comunidad de Andalucía tienen una gran importancia tanto por el número de instalaciones existentes y su capacidad de producción (CAP, 2010). Diferentes agroindustrias forman parte del sector y a través de diversas etapas del proceso productivo de la elaboración del aceite de oliva, en la fase final se obtienen diferentes subproductos que sirven como recurso energético para la generación de energía eléctrica y que serán mencionados a continuación:

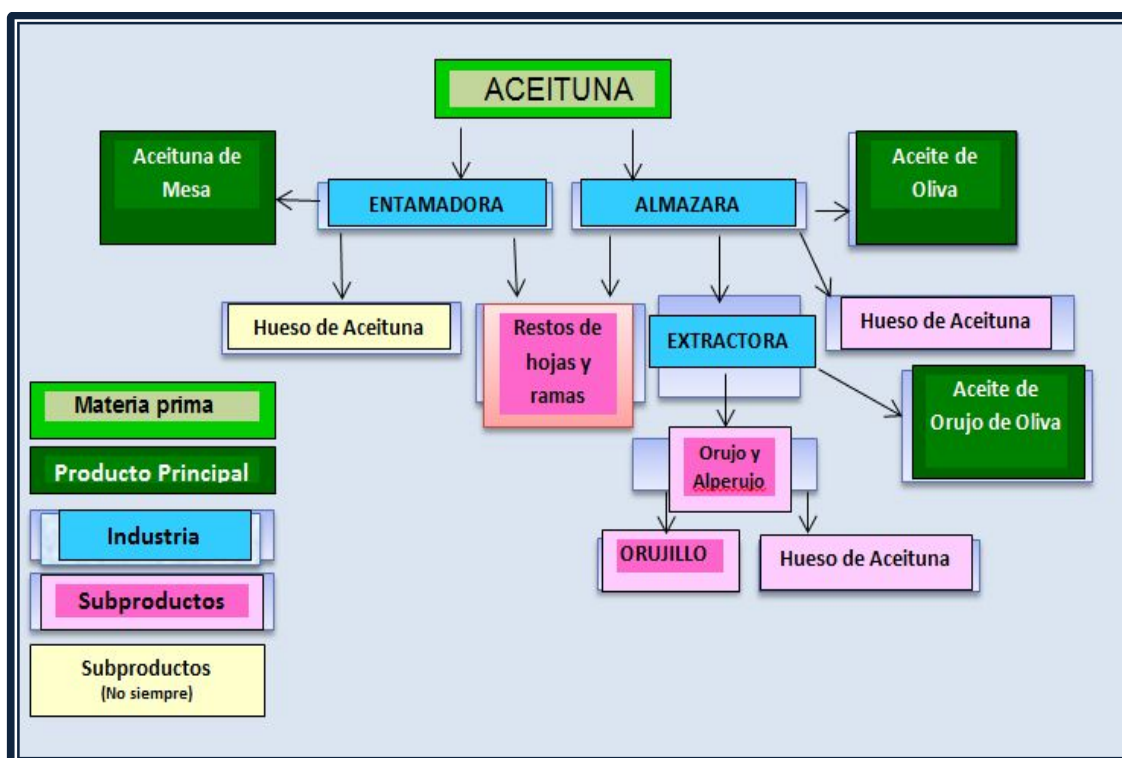
8.3.1 Agroindustrias del sector del olivar:

- ❖ *Almazaras: agroindustrias en las que se extrae el aceite de oliva a partir de la aceituna por medios físicos.*

Ángela María Sánchez Jiménez

- ❖ *Extractoras: obtienen aceite de orujo de oliva crudo por medios físicos o químicos a partir del orujo graso que se genera como subproducto en las almazaras.*
- ❖ *Entamadoras: dedicadas al procesado de la aceituna mediante fermentación o salazón para su consumo como aceituna de mesa. (CAP, 2010: 10)*

Figura 3. Materias primas, productos y subproductos en la industria del sector del olivar



Fuente: Consejería de Agricultura y Pesca

En la Figura 3, se puede observar cual es el proceso generador de los diferentes subproductos que sirven como recurso energético para las plantas de generación eléctrica existentes y para las puesta en marcha mediante el uso de biomasa de olivar.

8.3.2 Subproductos de las Industrias del Sector del Olivar

Los subproductos de la fase final del proceso productivo en cada agroindustria son: Restos de Hojas y ramas finas (hojín), Orujo o Alperujo, Hueso de Aceituna y Orujillo.

8.3.2.1 Restos de hojas y ramas finas (hojín):

“Los restos de hojas y ramas finas, material comúnmente denominado hojín, se generan como resultado de la limpieza de la aceituna antes de su procesado, tanto en las almazaras como en las entamadoras. El hojín se ha utilizado tradicionalmente para alimentación animal, y más recientemente, para producir compost junto con otros residuos orgánicos. Sin embargo, en una buena parte de los casos constituye un residuo del que su productor se tiene que deshacer. Actualmente, en Andalucía se está produciendo un aumento de su uso en plantas de generación eléctrica a partir de biomasa, si bien su contenido en humedad, en torno al 40% (Martínez et al., 2004), supone un inconveniente para su uso energético. Su poder calorífico se encuentra en torno a 4.378 kcal/kg de materia seca”.

8.3.2.2 El Orujo o Alperujo:

“El proceso de obtención del aceite de oliva en las almazaras, principalmente por centrifugación y en un reducido número por prensado, genera como subproducto el orujo, que luego de ser generado en almazaras se almacena en balsas para su procesado posterior, que puede tratarse de un proceso físico de segunda centrifugación, también llamado repaso y/o un proceso químico en las extractoras, obteniéndose aceite de orujo. El orujo es utilizado como combustible para la generación de electricidad, otro uso alternativo de este subproducto que está aumentando en la actualidad es su compostaje junto con el hojín y otros residuos orgánicos. La aplicación de este compost en los suelos ayuda a mejorar su contenido en nutrientes y materia orgánica”.

8.3.2.3 Orujillo:

“Se utiliza principalmente para la generación de energía eléctrica o cogeneración. El orujillo es el subproducto que se produce en las extractoras como resultado del proceso desecado y extracción de aceite del orujo graso. Su fracción seca está compuesta por piel (15-30%), hueso (30-45%) y sólidos finos de pulpa (30-50%) (Cruz, 2006). Posee un

Ángela María Sánchez Jiménez

porcentaje de humedad que varía entre el 9% y el 12%, y un poder calorífico en torno a 4.100 kcal/kg en base seca, lo que le confiere un elevado valor como combustible. Parte del orujillo generado en las extractoras se autoconsume en la propia instalación para el secado del orujo. El resto se utiliza principalmente para la generación de electricidad en plantas de biomasa andaluzas, generalmente en centrales con tecnología de turbina de vapor¹³ ubicadas en el mismo complejo agroindustrial de la extractora. El orujillo no utilizado en Andalucía suele exportarse a otros países. El uso de orujillo para el secado tiene como inconvenientes una elevada emisión de partículas, que sobrepasan los límites establecidos si no se aplican sistemas de captación adecuados, y la producción de benzopirenos como resultado de las altas temperaturas alcanzadas en la combustión”.

8.3.2.4 Hueso de aceituna:

“Se utiliza como biocombustible principalmente para usos térmicos. La aceituna está compuesta por un 85% de pulpa y un 15% de hueso. Debe diferenciarse entre el hueso generado en las industrias de aderezo de aceituna de mesa y el obtenido en el proceso de obtención de aceite de oliva y de orujo”.

8.3.2.5 Hoja de Olivo:

“Durante el proceso previo de limpieza de la aceituna procedente del campo para su obtención de aceite se separa una cantidad considerable de hoja de olivo que suele representar el 8% de la aceituna molturada, y el uso para alimentación ganadera se encuentra limitada por el mal sabor que le confiere el zumo de la aceituna, aunque es una de las aplicaciones más frecuentes. En la actualidad hay plantas de generación eléctrica que lo emplean como combustible”. (CAP, 2010: 16 y 17)

8.3.3 Subproductos de las actividades agrícolas del Olivar

Otros subproductos del olivar con un elevado potencial energético son los restos de poda.

8.3.3.1 Poda de Olivar:

El cultivo del olivar está destinado principalmente para la obtención del aceite de oliva y la aceituna de mesa, por tanto la plantación está obligada a realizar la llamada poda durante cada dos años y cada año respectivamente. La poda se define como: *la serie de operaciones realizadas sobre los árboles por las que se modifica la forma natural de su vegetación, vigorizando o restringiendo el desarrollo de las ramas con el fin de darles forma y conseguir la máxima productividad, e incluso restaurar o renovar parte o la totalidad del árbol* (La Cal Herrera, 2012). Como subproducto de esta actividad se obtiene ramas, ramones y leñas que deben ser eliminados o retirados del campo para evitar la propagación de enfermedades, sin embargo tradicionalmente este ha sido destinado principalmente para el uso de la leña como combustible doméstico, quemar este subproducto in situ a cielo abierto y también actualmente está siendo utilizado como cubierta vegetal para evitar la erosión del suelo.

Figura 4. Tipos de Biomasa de Olivar

BIOMASA DEL OLIVAR			
Recurso	Proceso Generador	Tipo de Biomasa	Subproducto
Residuos agrícolas	Podas	Leñas, ramas y ramones	
Residuos de industrias agroalimentaria	Extracción de aceite de orujo (ORUJERAS)	Orujillo	
	Producción de aceite de oliva (ALMAZARAS)	Hojín , orujo y hueso	

Fuente: Diputación de Jaén

Ángela María Sánchez Jiménez

En la Figura 4, podemos observar los diferentes subproductos derivados por el cultivo del olivar y generados tanto en las actividades agrícolas como en las industrias agroalimentarias como son: las podas del olivar (leñas, ramas y ramones) y por otro lado el orujillo, hojín, orujo y hueso se aceituna.

9.0 DISPONIBILIDAD DEL RECURSO

Para determinar el potencial de biomasa en la Provincia de Jaén, se ingresó al portal de la Agencia Andaluza de Energía (AAE) y mediante el uso del Mapa de recurso e instalaciones de biomasa en Andalucía el cual maneja dos aplicaciones en una misma herramienta que recoge información actualizada y ampliada sobre el potencial de este recurso energético y muestra todas las instalaciones que emplean biomasa como combustible para uso eléctrico y térmico. Fue como se obtuvieron los datos empleados en este trabajo.

A continuación en la siguiente tabla se puede observar la distribución del potencial de biomasa que le corresponde a cada municipio de la comunidad de Andalucía, y se destaca notablemente el municipio de Sevilla con el valor más alto 896 ktep seguida del municipio de Jaén con un valor de 884 ktep, y en general se puede decir que toda la provincia de Andalucía cuenta con valor total de potencial de biomasa de 3.958 ktep según la AAE.

Tabla 1. Potencial de Biomasa en Andalucía

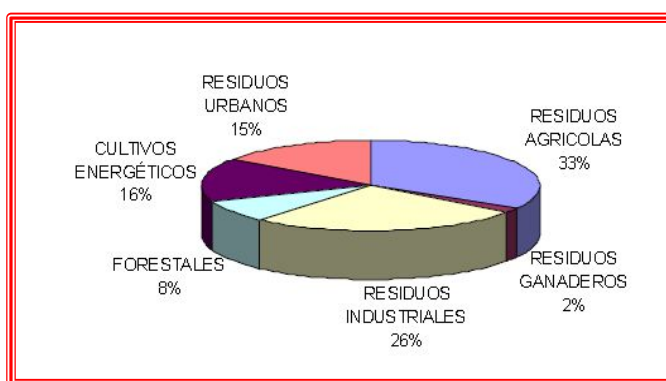
	TOTAL PROVINCIAL		
	TONELADAS	KTEP	%
ALMERÍA	1.337.052	148	4%
CADIZ	1.831.423	314	8%
CÓRDOBA	3.012.933	631	16%
GRANADA	1.954.756	373	9%
HUELVA	1.924.053	402	10%
JAEN	4.026.057	884	22%
MÁLAGA	1.849.463	310	8%
SEVILLA	4.223.461	896	23%
ANDALUCIA	20.159.199	3.958	100%

Fuente: Agencia Andaluza de Energía

Ángela María Sánchez Jiménez

En la Figura 5, se puede observar la distribución en tanto por ciento de los diferentes tipos de biomasa, en la provincia de Andalucía donde se indica los porcentajes más representativos que corresponden a los residuos agrícolas y los residuos industriales con valores de 33% y 26 % respectivamente.

Figura 5. Distribución del potencial de biomasa en Andalucía



Fuente: Agencia Andaluza de Energía

En la Tabla 2, se puede observar los diferentes tipos de biomasa generados en el municipio de Jaén, y se puede destacar que los residuos agrícolas presentan el valor más alto de potencial de biomasa equivalente a 400 ktep en comparación con los otros tipos de biomasa, seguido de los residuos industriales que le corresponden un valor de 376 ktep y en general se puede concluir que la zona cuenta con un potencial de biomasa de 884 ktep, lo cual me indica que la provincia de Jaén tiene suficiente disponibilidad de recurso energético principalmente de residuos agrícolas y residuos industriales lo cual incide de manera positiva en el bajo coste de transporte del recurso para ser empleado como combustible en las plantas de generación eléctrica de la zona de estudio.

Tabla 2. Tipos de Biomasa en Jaén

	JAEN		
Tipo de 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 ENERGETICOS	57.269	19	2%
URBANA	205.382	38	4%
TOTAL	4.026.057	884	100%

Fuente: Agencia Andaluza de Energía

9.1 Potencia de Biomasa Instalado en la Provincia de Jaén

En la Tabla 3 y Tabla 4 se puede observar que para plantas de pequeña cogeneración y aquellas de generación pura que tengan una potencia alrededor de 10 MW realizaran un papel más relevante para el cumplimiento de los objetivos establecidos por el Plan de Energías Renovables 2011-2020, (IDAE, 2011)

Tabla 3. Objetivos de potencia para el 2020

Potencia	Incremento de Potencia 2011-2020 (MW)	Potencia Total 2020 (MW)
Cogeneración	299	541
Generación pura	518	809
Total	817	1.350

Fuente: (IDAE, 2011)

Tabla 4 Objetivos de energía total 2020

Energía Final Bruta	Incremento de Energía 2011 – 2020 (MWh)	Energía Total 2020 (MWh)
Cogeneración	1.965.546	3.247.699
Generación pura	3.314.351	4.852.301
Total	5.279.897	8.100.000

Fuente: (IDEA, 2011-2020)

Tabla 5. Instalaciones de generación eléctrica en la provincia de Jaén

Central con Biomasa	Potencia (MW)	Tipo de Biomasa	Municipio	Provincia	Puesta en servicio	Tipo de Central
Tradema	2	Madera	Linares Jaén	Jaén	2001	Cogeneración con Biomasa
Bioenergética de Linares	15	Orujillo, residuos agrícolas y forestales, cultivos energéticos	Linares	Jaén	2009	Generación
La Loma	16	Orujillo	Villanueva del Arzobispo	Jaén	2002	Generación
Aldebarán Energía del Guadalquivir	6	Poda de olivo, residuos forestales, paja de cereal	Andújar	Jaén	2010	Generación

Fuente: Agencia Andaluza de la energía

Tabla 6. Tipos de plantas de biomasa instaladas en la provincia de Jaén

Total de Potencia Instalada	Tipo de Biomasa
39 MW	Madera y Biomasa de Olivar y otros
37 MW	Biomasa del Olivar

Fuente: elaboración propia

Ángela María Sánchez Jiménez

Con los datos suministrados por la (AAE) en las tablas anteriores se menciona la existencia actual de instalaciones de plantas de Biomasa para generación de energía eléctrica en la provincia de Jaén, lo cual me indica que actualmente tiene 4 plantas con un total de potencia instalada de 39 MW, y de ellas 3 plantas utilizan como combustible principal Biomasa del olivar (orujo, orujillo, hoja y poda del olivar) mientras que la otra planta utiliza como combustible solo la madera.

Tabla 7. Datos generales de potencia eléctrica renovable (MW) (31/12/2014)

Tecnología	Jaén	Andalucía	% Provincia
Biogás Generación Eléctrica	0,80	29,82	2,68 %
Biomasa Generación eléctrica	39	257,48	15,15 %
Eólica *	15,18	3.323,78	0,46 %
Fotovoltaica *	91,83	883,33	10,40 %
Hidroeléctrica *	212,22	617,39	34,37 %
Termosolar	0	997,40	0,00 %
Total	359,03	6.108,86	5,88 %

(*) Conectada a red + instalada

Fuente: Agencia Andaluza de Energía

La Tabla 7, hace referencia al total de potencia eléctrica de diferentes fuentes renovables instalado en la provincia de Jaén hasta el 31 de diciembre del 2014, lo cual me indica que la tecnología de biomasa de generación eléctrica ocupa el cuarto puesto en comparación al resto de tecnologías y que representa el 15,15 % del total de la región. (AAE, 2014)

10.0 MARCO LEGISLATIVO DE LA BIOMASA

La lucha contra el cambio climático derivado de las emisiones de gases de efectos invernadero, ha iniciado en los últimos años una modificación en la política energética y ha incidido de manera notable en los diferentes ámbitos de la legislación del sector energético, al establecer compromisos que deben dar cumplimiento a ambiciosos objetivos fijados a mediano y largo plazo.

Por lo tanto se hace necesaria la investigación, innovación y desarrollo de nuevas tecnologías en este sector que sean capaz de:

- Disminuir la creciente y excesiva dependencia energética del país.
- Disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero
- Incrementar la diversificación energética.

La Biomasa del olivar un recurso autóctono y renovable de la provincia de Jaén es una fuente de energía importante para el cumplimiento de estos objetivos.

A nivel internacional con el Protocolo de Kyoto, a nivel europeo con la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de Abril de 2009, relativa al fomento de uso de energía procedente de fuentes renovables, establece la reducción de un 20% de la energía consumida primaria para el 2020, la ampliación del uso de energías renovables en un 20% y en el mismo plazo reducir el 20% de gases de efecto invernadero (Dir. 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 23 de Abril de 2009) a nivel nacional con el Plan Español de Energías Renovables (PER) 2011-2020, a nivel andaluz el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética (PASENER) 2007-2013, y la Estrategia Energética de Andalucía (EEA) 2020.

A continuación se muestra una lista de decretos recientes relacionada con la biomasa su producción y consumo.

Tabla 8. Legislación más reciente relacionada con la Biomasa

AÑO	REAL DECRETO
2007	RD 661/2007 de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
2009	RD/ 6/2009 de 30 de abril por el que se establece el registro de pre-asignación de retribución para R.E.
2010	RD 1565/2010 de 26 de septiembre por el que se regulan ciertos aspectos de producción eléctrica en Régimen Especial.
2010	RD 14/2010 del 23 de diciembre por el que se establecen medidas urgentes para corregir el déficit tarifario.
2011	Ley 2 /2011 de 4 de marzo Ley de economía sostenible por la que se define y habilita el concepto de ESE. En el artículo 78 se ponen objetivos de contribución a las diferentes renovables.
2011	RD 1699/2011 del 18 de noviembre por el que se simplifican los tramites de punto de conexión a red para generación distribuida a pequeña escala. Según directiva 28/2009/CE del 23 de abril de 2009.
2012	RD 1/2012 de 23 de enero por el que se cancelan temporalmente las primas al régimen especial.
2013	RD – Ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.
2014	RD 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
2014	Orden IET/1045/2014 del 16 de junio, por la que se aprueban los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables, cogeneración y residuos

Fuente:(Scarpellini, Fondevila 2013)

11.0 TECNOLOGIAS APLICABLES A LA GENERACION ELECTRICA CON BIOMASA DE OLIVAR

Existen diferentes tipos de tecnologías de conversión de biomasa que son: La biológica, mecánica, química y termoquímica pero como se mencionan en el artículo (Arauzo et al. 2014) *“La tecnología más adecuada para la conversión de un tipo concreto de biomasa depende fundamentalmente de su composición y grado de humedad, y por supuesto, del producto final deseado”*. La provincia de Jaén tiene una importante disponibilidad de recurso de biomasa procedente del olivar generada por los residuos agroindustriales y los residuos de actividades agrícolas, lo cual es una buena alternativa como combustible que sirve para el abastecimiento de generación de energía eléctrica. A continuación se muestra algunas características importantes de este.

Tabla 9. Poderes caloríficos de los subproductos de las extractoras

Combustible	% de Humedad	PCI (Kcal/kg)
Orujillo	10,05	3.667,75
Hueso de Aceituna	13,00	3.755,20
Hojín	37,46	2.360,00

Fuente: (CAP, 2010)

Tabla 10. Poderes caloríficos de los restos de poda de olivar

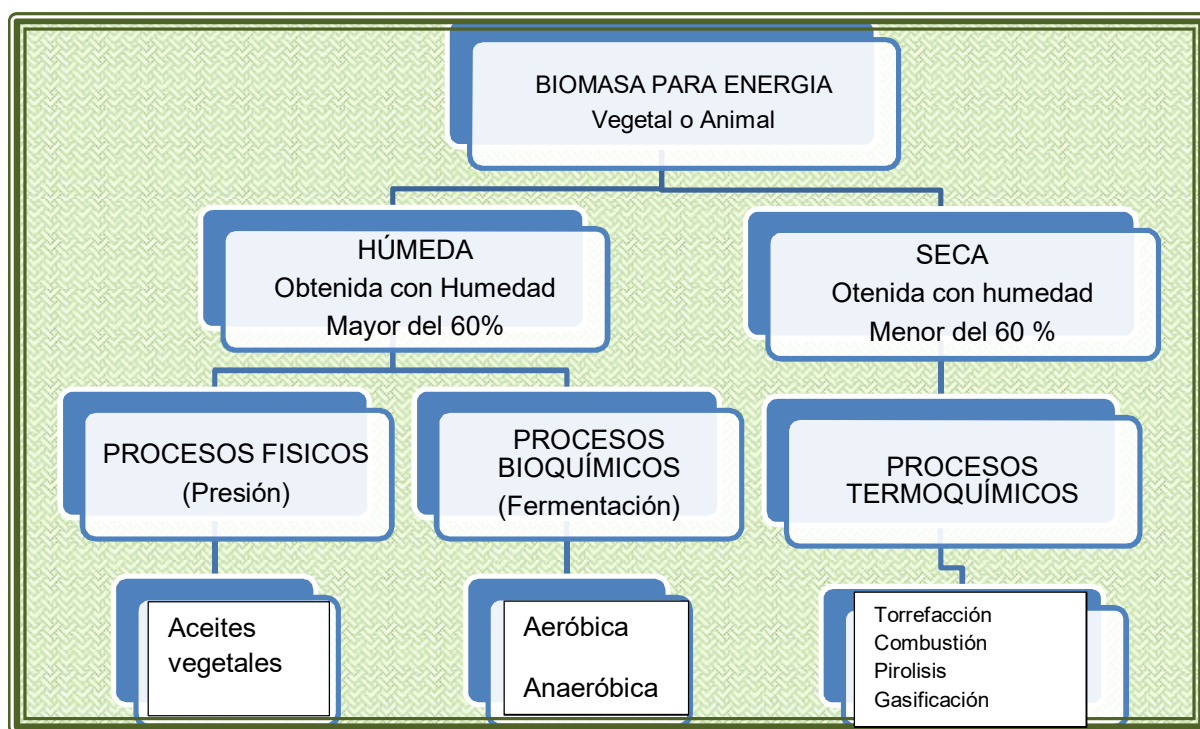
Combustible		Humedad (%)	PCI (Kcal/kg)	Humedad (%)	PCI (Kcal/kg)
Leñas y Ramas	Conífera	20	3.590	40	2.550
	Frondosas		3.310		2.340

Fuente: (IDAE, 2008)

En las tablas anteriores se puede observar que los valores del contenido energético tanto de la biomasa generada por los subproductos de las extractoras como los de actividades agrícolas que son leñas y ramas (poda del olivar), se mide a través de su poder calorífico. En la Tabla 10 se observa el poder calorífico inferior (PCI) para distintos contenidos de humedad, que incide directamente en el PCI.

También se puede apreciar que el % más bajo de humedad corresponde al Orujillo, seguido del hueso de la aceituna, y por el contrario el hojín presenta el % más alto de este parámetro. De esta manera se puede decir que en general ningún subproducto tanto de la extractora como los generados por las actividades agrícolas presentan un % de humedad mayor del 60%, lo cual indica que el recurso generado por ambas actividades en el sector del olivar se puede considerar como BIOMASA SECA. Como se observa en la siguiente figura:

Figura 6. Procesos de conversión de biomasa en Energía



Fuente: (Toscano M., Barriga R. 2009)

Por lo tanto, esto es un dato importante porque una vez caracterizado el combustible y teniendo en cuenta que el producto final de interés es generar electricidad, se puede elegir el proceso de conversión de biomasa más adecuado, para nuestro caso de estudio lo más acertado sería la utilización de procesos

termoquímicos que son: Torrefacción, pirolisis, gasificación, carbonización y combustión.

Se define los procesos de torrefacción, pirolisis y gasificación de la siguiente manera:

- *La Torrefacción:* es un pretratamiento previo a la combustión. Mediante un calentamiento de la Biomasa a temperaturas entre 200 y 300°C en atmósfera libre de oxígeno, la biomasa se seca completamente y pierde su estructura fibrosa, siendo mucho más fácil su molienda.
- *Pirolisis:* es el término genérico con el que se denomina el calentamiento de un material biomásico en ausencia total de oxígeno u otros agentes oxidantes. Como consecuencia de este calentamiento a temperaturas moderadas (generalmente hasta un máximo de unos 600°C), se produce la descomposición térmica de la biomasa y la obtención de tres fracciones principales de producto: sólido, líquido y gas.
- *Gasificación:* tiene como objetivo la obtención de una fracción mayoritaria de gas combustible, mediante una serie de reacciones que ocurren a temperaturas superiores a las de pirólisis en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno puro y/o vapor de agua). En definitiva, se trata de una oxidación parcial de la biomasa usando únicamente un 25-30% del oxígeno estequiométrico para la combustión total de la misma. Como resultado puede obtenerse un gas apto para la combustión en turbinas, motores de combustión interna o calderas, o bien el llamado gas de síntesis, adecuado para su transformación en diversos productos y combustible líquidos. (Arauzo et al. 2014).

Se define, entonces la combustión:

- *Combustión:* relacionado con la biomasa, se suele designar así la reacción de oxidación de aquella con aire precalentado inyectado en los hornos. En la combustión el calentamiento de la biomasa se realiza con exceso de aire, combinándose aquella con el oxígeno y obteniéndose calor, que se puede emplear en producir vapor para mover una turbina para para generar energía eléctrica o que se pueda utilizar en diversos procesos. En los procesos de combustión la biomasa primero se piroliza y

después sufre una gasificación, hasta que alcanza una combustión completa. (Seoáñez Calvo, 2013)

- *Carbonización Hidrotermal:* La carbonización hidrotermal es un proceso de conversión de biomasa. La materia orgánica (vegetal) se transforma en un producto similar al lignito por medio de un tratamiento térmico del material sometido a presión en suspensión acuosa a temperaturas de 180 – 220°C. El biocarbón resultante es CO₂ neutral, y puede incinerarse o utilizarse para todos los usos industriales tradicionalmente reservados al lignito. El proceso transforma todo el carbono de los restos vegetales en carbón (100% eficacia en el uso del carbono). Todo esto, sin liberar ni CO₂ ni metano. En esta tecnología, basada en la desarrollada por el premio Nobel, Friedrich Bergius, se produce un biocombustible de alto poder calorífico (6000 kcal/kg).(AGROWASTE, n.d)

Una vez, caracterizado el combustible y los procesos de conversión de la biomasa nos centramos a definir la tecnología que se aplica a la biomasa para la producción de energía eléctrica. Teniendo en cuenta que en nuestro caso de estudio se plantea la viabilidad de dos plantas de generación de energía eléctrica con biomasa procedente del olivar con una potencia de 15 MW respectivamente , por lo tanto la tecnología más adecuada para cada una de las plantas según (Ruiz Bermejo, 2013) en su tesis menciona la opinión de varios expertos en el sector *“se estima que para plantas por encima de 10 MW es más interesante la Combustión, ya que es más rentable y también esta tecnología es más adecuada para núcleos rurales, con residuos forestales y agrícolas donde da una mayor operatividad a las plantas, y logra conseguir tanto generación eléctrica como energía térmica distribuida”*.

Teniendo en cuenta lo anterior, entonces se decide usar la combustión como una de las tecnologías más viable para las dos plantas de generación de energía eléctrica.

Aquí se menciona algunos de los equipos empleados en los procesos de combustión y generación de electricidad los cuales son:

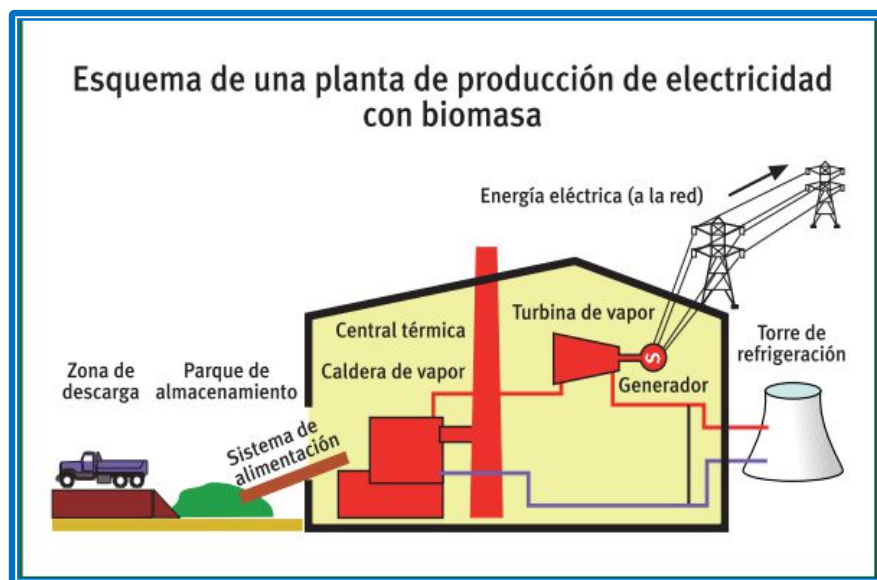
Tabla 11. Equipos empleados en el proceso de combustión

TIPO DE PROCESO	DESCRIPCION
TURBINA DE VAPOR	Se produce vapor mediante la combustión de un combustible fósil en una caldera. El vapor hace girar una turbina y de esta forma se convierte la energía térmica en energía mecánica. Tras atravesar la turbina, el vapor se condensa en un condensador.
COMBUSTION EN LECHO FLUIDO	Se utiliza principalmente en aplicaciones industriales con combustibles sólidos. El combustible y el aire se inyectan en un lecho turbulento
COMBUSTION EN PARRILLA	El combustible sólido se quema haciendo pasar el aire a través del suelo en el que está colocado
CALDERAS DE FONDO SECO Y FONDO HUMEDO	Estas calderas se utilizan para combustibles sólidos. Las calderas de fondo seco operan a temperaturas menores que la temperatura de fusión de las cenizas en las zonas próximas a las paredes de la cámara o a los intercambiadores de calor. Las cenizas salen como cenizas de fondo o como cenizas volantes. En las calderas de fondo húmedo gran parte de las cenizas se transportan a las paredes y fluyen desde éstas hasta el orificio de salida en forma líquida. Se utilizan cuando la temperatura de combustión rebasa la temperatura de fusión de las cenizas
MOTORES DIESEL	El motor está unido al eje de un generador y proporciona la energía mecánica necesaria para mover el generador y producir electricidad.
TURBINA DE GAS	Es similar a la turbina de vapor, pero en este caso se utilizan los gases de combustión para mover la turbina, la cual mueve el generador eléctrico y un compresor para aumentar la presión del aire antes de entrar en la cámara de combustión.
CICLO COMBINADO	Es una configuración en la que se emplean turbinas de gas y generadores de vapor. En un ciclo combinado con turbina de gas, los gases de salida se utilizan para proporcionar calor a una caldera que produce vapor que alimenta una turbina de vapor.
COGENERACION	Se trata de la unión de un sistema diseñado para producir energía eléctrica y otro empleado para producir calor y vapor.

Fuente: (Junta de Andalucía, Consejería del Medio Ambiente, 2011)

Para las plantas de generación eléctrica se requerirá según (IDAE 2007) un sistema de combustión (que va a generar vapor), y los equipos para transformar la energía térmica producida en energía eléctrica mediante dos elementos importantes que son: la turbina de vapor y un alternador. Consisten normalmente en generar vapor mediante la combustión de la biomasa con el fin de producir energía mecánica a través de las turbinas y finalmente energía eléctrica en los alternadores, como se observa en la siguiente figura:

Figura 7. Funcionamiento de una planta de generación eléctrica mediante el sistema de combustión



Fuente: (IDAE 2007)

12. REGIMEN ECONOMICO

En este apartado se mencionara como es la retribución para las plantas de biomasa del olivar teniendo en cuenta los cambios realizados en el marco legislativo.

12.1 Retribución

Para realizar un análisis de la viabilidad económica para las plantas de generación eléctrica con biomasa de olivar es importante mencionar cual es la retribución actual para este tipo de instalaciones, mediante su legislación correspondiente, teniendo en cuenta la modificación del marco normativo hasta nuestros días.

La Retribución se refiere a:

“La actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial que se caracteriza por la posibilidad de que su régimen retributivo se complemente mediante la percepción de una prima en los términos que reglamentariamente se establezcan, para cuya determinación puedan tenerse en cuenta factores como el nivel de tensión de entrega de energía a la red, la contribución a la mejora del medio ambiente, el ahorro de la energía primaria, la eficiencia energética, y los costes de inversión en que se haya incurrido.” (RD 661/2007, de 25 de mayo)

De igual manera se establece:

“La venta de energía de forma parcial o total de la producción neta de energía eléctrica se deberá hacer mediante la elección de una de las dos opciones siguientes:

- a) *Ceder la electricidad al sistema a través de la red de transporte o distribución, percibiendo por ella una tarifa regulada, única para todos los períodos de programación, expresada en céntimos de euro por kilovatio hora.*
- b) *Vender la electricidad en el mercado de producción de energía eléctrica. En este caso, el precio de venta de la electricidad será el precio que resulte en el mercado organizado o el precio libremente negociado por el titular o el representante de la instalación, complementado, en su*

Ángela María Sánchez Jiménez

caso, por una prima en céntimos de euro por kilovatio hora”. (art.2 RD 661/2007, de 25 de mayo)

En el caso de las instalaciones para generación eléctrica a partir de biomasa de olivar se elige la opción de venta de electricidad al mercado y le corresponde la siguiente clasificación:

De acuerdo al RD 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, según el artículo 2 correspondiente al ámbito de aplicación, han sido clasificadas en categorías, grupos y subgrupos. Aquí solo se mencionará el de nuestro de interés, que en nuestro caso será:

Categoría b) Instalaciones que utilicen como energía primaria algunas de las energías renovables no fósiles.

El Grupo b.6 Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedentes de cultivos energéticos, de residuos de las actividades agrícolas o de jardinería o de residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones silvícolas en las masas forestales y espacios verdes.

Subgrupo b.6.2. Biomasa procedente de residuos de las actividades agrícolas o de jardinería.

El Grupo b.8. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de instalaciones industriales.

Subgrupo b.8.1. Centrales que utilicen como combustible principal biomasa procedente de instalaciones industriales del sector agrícola.

Las instalaciones mencionadas deben cumplir con unos requisitos que se mencionan a continuación.

“En el ámbito de aplicación para el grupo b.6, especialmente los productos incluidos en el subgrupo b.6.2 corresponde a los residuos de las actividades agrícolas, es decir biomasa residual originada durante el cultivo y primera transformación de productos agrícolas, incluyendo la procedente de los procesos de eliminación de la cascara cuando corresponda. Se incluyen los siguientes productos: residuos agrícolas herbáceos, del cultivo de cereales: (pajas y otros), de producciones hortícolas: (residuos de cultivo invernadero), de cultivos para fines

agroindustriales, tales como el algodón y el lino, de cultivos de legumbres y semillas oleaginosas y residuos agrícolas leñosos procedentes de las podas de especies agrícolas leñosas como olivar, vides y frutales. También están incluidos los residuos de las actividades de jardinería como la biomasa residual generada en la limpieza y mantenimiento de jardines.

El ámbito de aplicación para el grupo b.8, específicamente los productos incluidos en el subgrupo b.8.1, Biomasa procedente de instalaciones industriales del sector agrícola son: Residuos de la producción de aceite de oliva y aceite de orujo de oliva, residuos de la producción de aceitunas, de la extracción de semillas, de la industria vinícola y alcoholera, de la industrias conserveras, de la industria de la cerveza y la malta, de la producción de arroz, del procesado de algas y otros residuos agroindustriales". (anexo II RD 661/2007, de 25 de mayo)

Una vez que se conoce el grupo que le corresponde a las plantas de generación eléctrica de nuestro interés nos vamos al Anexo III Orden ITC/3353/2010, de 28 de diciembre, teniendo en cuenta que vamos a suponer una potencia de 15 MW para cada instalación, por lo tanto nos fijamos en los valores de las potencias mayores a 2MW como se ha resaltado en la tabla nº12.

Tabla 12. Tarifa, primas y límites para instalaciones de biomasa de olivar

Grupo	Subgrupo	Potencia	Plazo	Tarifa regulada C€/kWh	Prima de referencia C€/kWh	Límite Superior C€/kWh	Límite Inferior C€/kWh
b.6	b.6.2	P ≤ 2MW	Primeros 15 años	13,5763	9,3528	14,3744	13,0568
			A partir de entonces	9,1530			
		P ≥ 2MW	Primeros 15 años	11,6140	7,1712	12,0849	11,2090
			A partir de entonces	8,7111			

b.8	b.8.1	P ≤ 2MW	Primeros 15 años	13,5763	9,3528	14,3744	13,0568
			A partir de entonces	9,1530			
		P ≥ 2MW	Primeros 15 años	11,6140	7,1712	12,0849	11,2090
			A partir de entonces	8,7111			

Fuente: Anexo III Orden ITC/3353/2010, de 28 de diciembre

Por otra parte el escenario actual que rige hoy día el marco normativo es el nuevo régimen de retribución a la generación eléctrica establecido por (RD 413/2014, de 6 de junio). Este se complementa y desarrolla con la (O.IET/1045/2014, de 20 de junio) que junto al Real Decreto ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico y la (LSE 24/2013, de 26 de diciembre) constituyen un complejo normativo que regula un nuevo sistema de retribución de las instalaciones de producción de energía eléctrica con tecnologías renovables. De esta manera queda superado el régimen especial de retribución de la ley 54/1997, del Sector eléctrico desarrollado por el (RD 661/2007, de 25 de mayo) y otra legislación complementaria. (Losana, 2014)

De esta manera en el nuevo decreto RD 413/2014 del 6 de Junio, se realiza una clasificación de todas las diversas instalaciones, para cada tipo, y se establecen unos parámetros retributivos que facilitan establecer la cuantía exacta que percibirá cada instalación en el primer periodo comprendido entre el 14 de Julio del 2013 y el 31 de diciembre del 2016, los cuales serán mencionados a continuación:

- **Venta a la energía:** valorada a precio de mercado.
- **Retribución a la inversión:** esta depende de la potencia instalada establecida en el artículo 3 del citado decreto, además de un factor de corrección

directamente relacionado con las horas de funcionamiento, y esta va destinada a solventar los gastos que se originan por la compra y puesta en marcha de la planta.

- **Retribución a la Operación:** Es una función directa de la energía vendida.

También es importante mencionar que todos los parámetros retributivos se podrán modificar, excepto, la vida útil regulatoria o el valor estándar de la inversión inicial de cada instalación tipo, con el fin de establecer la llamada rentabilidad razonable.

12.2 Procedimiento para determinar los parámetros de la Instalación Tipo

A continuación, se mencionara el procedimiento para determinar los parámetros de cada instalación tipo de plantas de generación eléctrica con biomasa del olivar.

$$\text{Retribución}_{\text{instalación}} = \text{Retribución}_{\text{venta}} \text{ precio mercado} + \text{Retribución}_{\text{especifica}}$$

$$+ [\text{Incentivo a la inversión para instalaciones de sistemas eléctricos}$$

$$\text{no peninsulares que supongan reducción global del coste de generación}]$$

$$\text{Retribución}_{\text{especifica}} = \text{Retribución a la inversión} + \text{Retribución a la operación}$$

$$\text{Retribución}_{\text{inversión}} = \text{Termino por unidad de potencia instalada} = \text{Costes de inversión de instalación tipo no recuperados.}$$

$$\text{Retribución}_{\text{operación}} = \text{Costes de explotación de instalación tipo} - \text{Ingresos del mercado de instalación tipo}$$

Fuente: (Losana 2014)

Tabla 13. Precio de Venta del Mercado

	2014	2015	2016	2017 en adelante
Precio estimado del mercado (€/MWh)	48,21	49,52	49,75	52
LS2(€/MWh)	56,21	57,52	57,75	60
LS1(€/MWh)	52,21	53,52	53,75	56
LI1(€/MWh)	44,21	45,52	45,75	48
LI2(€/MWh)	40,21	41,52	41,75	44

Fuente: Orden IET/1045/2014 del 16 de junio, Anexo VI

Estos precios deben ser corregidos con unos coeficientes de apuntamiento para cada tecnología en nuestro caso será:

Tabla 14. Coeficiente de apuntamiento

Grupo	Tecnología	Coeficiente de Apuntamiento
b.6	Combustible principal biomasa o biolíquidos	0,9643
b.8		

Fuente: Orden IET/1045/2014 del 16 de junio, Anexo VI

Después de haber clasificado la planta de generación eléctrica según el tipo de combustible que en nuestro caso es Biomasa procedente del olivar, y le corresponde el grupo b.6.2 y b.8.1 según el RD 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, nos vamos a la Orden IET/1045/2014 del 16 de junio para saber el código de instalación tipo del año 2015 que le corresponde teniendo en cuenta su clasificación inicial, que en nuestro caso será:

Tabla 15. Asignación de códigos de instalación tipo

Grupo	Subgrupo	Año	Código de Instalación tipo
b.6	b.6.1/b.6.2/b.6.3	2015	IT – 00844
b.8	b.8.1/b.8.2	2015	IT – 00868

Fuente: Orden IET/1045/2014 del 16 de junio

Luego de haber identificado el código de instalación tipo de cada planta, En la Orden ET/1045/2014 del 16 de junio en su Anexo III apartado 2, se establecen los parámetros retributivos (Rinv. y Rop.) de las instalaciones tipo del 2014 hasta el 2016.

Figura 8. Parámetros retributivos para instalación tipo IT - 00844

Código de Identificación	Vida Útil Regulatoria (años)	Coefficiente de ajuste $C_{1,a}$	Rtribución a la Inversión Rinv 2014-2016 (€/MW)	Rtribución a la Operación Ro (€/MWh) 2014	Horas de funcionamiento máximo para la percepción de Ro (h)	Nº Horas equivalentes de funcionamiento mínimo Nh (*) Anual 2014-2016 (h)	Umbral de funcionamiento Uf (*) Anual 2014-2016 (h)
IT-00836	25	1,0000	209.928	54,126	6.500	3.000	1.000
IT-00837	25	1,0000	217.291	54,211	6.500	3.000	1.000
IT-00838	25	1,0000	230.244	54,361	6.500	3.000	1.000
IT-00839	25	1,0000	238.827	54,460	6.500	3.000	1.000
IT-00840	25	1,0000	249.932	53,201	6.500	3.000	1.000
IT-00841	25	1,0000	266.452	52,721	6.500	3.000	1.000
IT-00842	25	1,0000	279.620	50,943	6.500	3.000	1.000
IT-00843	25	1,0000	293.579	51,106	6.500	3.000	1.000
IT-00844	25	1,0000	296.513	-	6.500	3.000	1.000
IT-00845	25	1,0000	299.536	-	6.500	3.000	1.000

Fuente: Anexo III apartado 2, Orden ET/1045/2014

Figura 9. Parámetros retributivos para instalación tipo IT 00868

Código de Identificación	Vida Útil Regulatoria (años)	Coefficiente de ajuste C_{1a}	Retrribución a la Inversión R_{inv} 2014-2016 (€/MW)	Retrribución a la Operación R_o (€/MWh) 2014	Horas de funcionamiento máximo para la percepción de R_o (h)	Nº Horas equivalentes de funcionamiento mínimo N_h (*) Anual 2014-2016 (h)	Umbral de funcionamiento U_f (*) Anual 2014-2016 (h)
IT-00865	25	1,0000	242.105	35,027	6.500	3.000	1.000
IT-00866	25	1,0000	259.616	33,685	6.500	3.000	1.000
IT-00867	25	1,0000	272.596	33,837	6.500	3.000	1.000
IT-00868	25	1,0000	275.352	-	6.500	3.000	1.000
IT-00869	25	1,0000	278.109	-	6.500	3.000	1.000

Fuente: Anexo III apartado 2, Orden ET /1045/2014

12.3 Cálculos de la retribución para cada Instalación Tipo

Con la siguiente ecuación calculamos la retribución económica para cada instalación tipo.

$$\text{RETR.inst.} = \text{RETR.venta} + \text{RETR.esp (R.inv. + R.op.)}$$

Datos de una instalación tipo Biomasa IT – 00844

Después de haber identificado el código de cada instalación tipo correspondiente se determinan los parámetros más importantes como las horas anuales, la capacidad de cada instalación, y posteriormente con estos datos se obtiene la producción anual para la planta como se muestra en los siguientes cálculos:

Horas anuales= 6500h/ año

Potencia = 15 MW

Producción = (Potencia * horas anuales)

Producción = (15 MW *1000KW/1MW*6500h/año)

Producción = 97.500.000 KWh/año

Luego, se calculan las siguientes variables correspondientes a la retribución de cada instalación tipo que son: la retribución por venta, la retribución por la inversión y la retribución por la operación.

1) **RETR.venta** = 49,52 €/MWh x 0,9643 (coeficiente) = 47.75 €/MWh

entonces 47.75 €/MWh x (1MW/1000 kW) = 0.04775 €/kWh

ahora 97.500.000 KWh/año x 0,04775 €/kWh = **4.655.625 €/ año**

2) **RETR.inv.** = 296.513 €/MW x 15 MW = **4.446.195 €/ año**

3) **RETR.op.** = 0 €/MWh según el anexo III ap. 2 IT – 00844

Después de determinar cada variable, se calcula la retribución por la instalación como se detalla a continuación:

RETR.inst. = 4.655.625 €/año + 4.446.195 €/año = 9.101.820 €/año.

Finalmente hacemos una conversión de unidades para dar el resultado en céntimos de euro.

€/kW= 9.101.820 €/año / (6500h/año x 15000kW) = 0.09335 €/kWh x 100c/€

€/kW= 9,33 c€ kWh

El anterior procedimiento también se aplica a la siguiente instalación como se observa a continuación:

Ahora para una **instalación tipo Biomasa IT – 00868**

Horas anuales = 6500

Potencia = 15 MW

Producción = (horas anuales * Potencia)

Producción = (6500h/año x 15 MW x (1000kW/ MW)) = 97.500.000 kWh/año

4) **RETR.venta** = 49,52 €/MWh x 0,9643 (coeficiente) = 47.75 €/MWh

entonces 47.75 €/MWh x (1MW/1000 kW) = 0.04775 €/ kWh

ahora 97.500.000 KWh/año x 0,04775 KWh/año = **4.655.625 €/ año.**

5) **RETR.inv.** = 275.352 €/MW x 15 MW = **4.130.280 €**

6) **RETR.op.** = 0 €/MWh según el anexo III ap. 2 IT – 00868

Después de haber calculado el valor de cada variable, estos son reemplazos en la ecuación principal para determinar la retribución de su correspondiente instalación

$$\text{RETR.inst.} = 4.655.625 \text{ €/año} + 4.130.280 \text{ €} = 8.786.100 \text{ €/año.}$$

Nuevamente hacemos conversión de unidades

$$\text{€kW} = 8.786.100 \text{ €/año} / (6500\text{h/año} \times 15000\text{kW})$$

$$\text{€kWh} = 8.786.100 \text{ €/año} / (97.500.000 \text{ kWh/año})$$

$$\text{€kWh} = 0.09011 \text{ €/kWh/año} \times 100\text{c/€}$$

$$\text{€kW} = 9,01 \text{ c€/kW}$$

Tabla 16. Relación en kW/h por cada instalación tipo

Instalación Tipo	Retribución en kW/h
IT – 00844	9,33 c€/kW/h
IT – 00868	9,01 c€/kW/h

Fuente: elaboración propia

En esta tabla se pueden observar los valores actuales de retribución en kW/h correspondientes a las plantas de generación de electricidad de instalación tipo IT – 00844 y tipo IT – 00868. Estos valores indican que hay una marcada rentabilidad para esta tecnología, por lo tanto con la retribución actual los proyectos existentes se pueden llevar a cabo.

13.0. METODOLOGIA PARA ANALIZAR LA VIABILIDAD ECONOMICA DE LAS PLANTAS DE GENERACION ELECTRICA CON BIOMASA DE OLIVAR

En este apartado se mencionan los siguientes indicadores de inversión: Flujo neto de caja, el Plazo de Recuperación o *Pay - back* y Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) que serán usados para determinar la viabilidad económica de las plantas de generación de electricidad.

13.1 Flujo de Caja

El factor clave para la evaluación económica será el flujo neto de caja, definido como la diferencia entre los cobros y pagos derivados del proyecto a lo largo de los años de vida del mismo. El flujo neto de caja o cuasi-renta (Q_i) en cada periodo de tiempo se calculará restando los gastos ocasionados por el proyecto de los ingresos derivados de su puesta en marcha.

De esta forma, si en un determinado periodo (j) los gastos totales incurridos en el proyecto son G_j y los ingresos totales obtenidos del proyecto son I_j , el flujo neto de caja de ese periodo será:

$$Q_j = I_j - G_j$$

13.2 Plazo de Recuperación o Pay – back:

Este método consiste en determinar el tiempo necesario para recuperar el dinero invertido a lo largo de la vida de la inversión. A la hora de valorar inversiones, interesará más aquella que tenga el menor plazo de recuperación.

En el caso de que los flujos de caja esperados sean iguales, el plazo de recuperación será:

$$r = \frac{K}{Q}$$

Si las cuasi-rentas no son iguales se suele toma $Q = Q_m$ (media aritmética) para el cálculo del plazo de recuperación simple.

$$r = \frac{K}{Q_m}$$

13.3 Valor Actual Neto (VAN):

También llamado del "valor capital", consiste en actualizar a un tipo estimado de interés de descuento (tasa de descuento o interés calculatorio), las cuasi-rentas (beneficios netos, ingresos menos gastos) del proyecto correspondientes a los distintos períodos. Suponiendo, como es habitual, el mismo tipo de interés, i , para todos los períodos, n , Generalmente iguales entre sí e iguales al año natural, el valor actualizado vendrá dado por:

$$VAN = -K + \sum_{j=1}^n \frac{Q_j}{(1+i)^j}$$

Tabla 17. Interpretación del VAN

Valor	Interpretación	Decisión
$VAN < 0$	No se alcanza la rentabilidad exigida	El proyecto debe rechazarse
$VAN = 0$	La inversión no producirá ni beneficios ni pérdidas.	El proyecto no conlleva ningún resultado económico. La decisión se debe tomar en función de otros criterios.
$VAN > 0$	Se supera la rentabilidad mínima exigida	El proyecto se puede aceptar

Fuente: Elaboración propia

13.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es aquella tasa de descuento r que hace que el $VAN = 0$

La TIR indica cuál es la rentabilidad que hace que se recupere la inversión inicial del proyecto y se expresa así: $K = \sum_{j=1}^n \frac{Q_j}{(1+r)^j}$

A la hora de seleccionar los proyectos, aquel que disponga de una TIR mayor, en principio será mejor para el inversor. Ahora si se compara la TIR con el VAN, siempre que el VAN sea positivo se llegan a las siguientes conclusiones:

Tabla 18. Interpretación de la TIR

Valor	Interpretación	Decisión
$TIR < r$	La rentabilidad no supera la exigida	Se debe de rechazar
$TIR = r$	La rentabilidad es la misma que la exigida	Se puede aceptar o ser indiferente
$TIR > r$	La rentabilidad es superior a la exigida	Se puede aceptar

Fuente: Elaboración propia

14.0 COSTES Y DETERMINACIÓN DE INDICADORES ECONOMICOS

14.1 Coste de la Biomasa:

Para una Planta de generación eléctrica tipo IT-00844 que utiliza como combustible la biomasa derivada de la poda del olivar y como tecnología se emplea la combustión

Para disminuir la contaminación atmosférica y conservar el medio ambiente como alternativa al procedimiento habitual de incineración de los restos de poda del olivar en los propios campos de cultivo. También los restos de poda pueden ser valorizados y usados como fuente de biomasa para la generación de electricidad. Esta actividad consiste en eliminar cada dos años las ramas menos productivas del árbol para mejorar las plantaciones del olivar.

Para calcular el coste del combustible se hace necesario incluir los costes generados por la gestión logística, es decir, desde su extracción de la poda del campo de cultivo hasta su disposición en la planta transformadora para luego darle su uso final de generación de electricidad. A continuación se observa, en la Figura 10, los diferentes pasos que se tienen que llevar a cabo.

Figura 10. Gestión logística de la poda del Olivar



Fuente: Conama

Para una Planta de generación eléctrica tipo IT-00868 que utiliza como combustible los residuos industriales como orujo, hueso de aceituna, emplea como tecnología la Combustión.

De otro modo, para hacer los cálculos correspondientes a la viabilidad económica de cada planta de generación de energía eléctrica con biomasa procedente del olivar, se utilizó como base, los datos publicados por el (IDAE, 2007), estos datos fueron extrapolados para adecuarlos a cada instalación tipo con una potencia de 15 MW, y aparecen a continuación. (Ver Tabla 19).

Por otra parte los costes de inversión para instalaciones de biomasa son muy elevados en comparación con las instalaciones de combustibles convencionales, sin embargo los costes por operación o explotación de plantas de biomasa frente a los combustibles convencionales son favorables. (IDAE, 2007).

Tabla 19. Datos de cada instalación tipo

Generación eléctrica	IT – 00844 (residuos de actividades agrícolas)	IT – 00868 (residuos de industrias agrícolas)
Potencia eléctrica	15 MW	15 MW
Horas anuales de funcionamiento	6500 h/año	6500 h/año
Vida útil	25 años	25 años
Precio venta energía eléctrica (primeros 15 años)	11.6140 c€/kWh	11.6140 c€/kWh
Precio venta de energía eléctrica (a partir de los 15 años)	8.7111 c€/kW/h	8.7111 c €/kWh
Rendimiento Global	64.8 %	64.8 %
Cantidad de biomasa consumida	160.500 t/año	160.500 t/año
Costes de combustibles 0.044942 €/kWh	5.055.975 €/año	5.055.975 €/año
Costes de O&M 0.009306 €/kWh	1.046.925 €/año	1.046.925 €/año
Inversión 1.803 €/Kw	27.045.600 €	27.045.600 €
Producción eléctrica	112.500 MWh/año	112.500 MWh/año

Fuente: (IDEA, 2007)

Periodo I (Primeros 15 años) planta tipo IT- 00844

Ingresos total por venta de energía = 20.425.470 €/año

Costes totales = 6.102.900 €/año

Flujos de caja = 14.322.570 €

Periodo II (A partir de entonces) planta tipo IT - 00844

Ingreso total por venta de energía = 17.595.142,5 €/año

Costes totales = 6.102.900 €/año

Flujo de caja = 11.492.242,5 €/año

Periodo I (Primeros 15 años) planta tipo IT- 00868

Ingresos total por venta de energía = 20.109.750 €/año

Costes totales = 6.102.900 €/año

Flujos de caja = 14.006.850 €

Periodo II (A partir de entonces) planta tipo IT - 00868

Ingreso total por venta de energía = 17.279.422,5 €/año

Costes totales = 6.102.900 €/año

Flujo de caja = 11.176.522,5€/año

Tabla 20. Resultados de los indicadores económicos para cada instalación tipo.

Generación eléctrica		Planta tipo IT - 00844	Planta tipo IT – 00868
PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	VALOR
Ingreso por venta de energía (primeros 15 años)	€/ año	11.323.650	11.323.650
Ingreso por retribución	€/año	9.101.820	8.786.100
Total Ingresos	€/año	20.425.470	20.109750

Coste anual biomasa	€/año	5.055.975	5.055.975
Coste anual O&M	€/año	1.046.925	1.046.925
Total Costes	€/año	6.102.900	6.102.900
i (IPC primer trimestre del 2015 según el INE)	%	2.3	2.3
VAN a 15 años	€	152.924.792	148.957.609
TIR del proyecto a 15 años	%	53	52
PAY –BACK a 15 años	Años	1,88	1.93

Fuente: elaboración propia

Análisis y discusión de resultados

Que según los datos obtenidos de cada indicador económico, se puede interpretar que el proyecto presenta una rentabilidad alta por lo tanto se puede aceptar, además que el Pay-Back para cada instalación tipo corresponde a 2 años, lo cual quiere decir que el tiempo de recuperación para la inversión es muy corto, por lo tanto es muy favorable.

De esta manera se puede mencionar que los cambios ocurridos en el nuevo marco normativo de retribución para las plantas de generación eléctrica con biomasa procedente del olivar no se ven afectados por las nuevas tarifas. Entonces los proyectos no se deben rechazar ya que no existe el riesgo por recuperar y realizar la inversión inicial

Tabla 21. Plantilla de Cálculos de los indicadores económicos

CALCULOS						
generación eléctrica con residuos agrícolas IT – 00844						
Año	Ingresos Totales Anuales	Egreso	Flujo de caja	FC/(1+i)ⁿ	Ingresos acumulados	VAN

Ángela María Sánchez Jiménez

1	20.425.470	6.102.900	14322570	14.000.557,18	14.000.557,2	-13.045.042,8
2	20.425.470	6.102.900	14322570	13.685.784,15	27.686.341,3	640.741,334
3	20.425.470	6.102.900	14.322.570	13.378.088,12	41.064.429,5	14.018.829,5
4	20.425.470	6.102.900	14.322.570	13.077309,99	54.141.739,4	27.096.139,4
5	20.425.470	6.102.900	14.322.570	12.783.294,23	66.925.033,7	39.879.433,7
6	20.425.470	6.102.900	14.322.570	12.495.888,78	79.420.922,5	52.375.322,5
7	20.425.470	6.102.900	14.322.570	12.214.945,05	91.635.867,5	64.590.267,5
8	20.425.470	6.102.900	14.322.570	11.940.317,74	103.576.185	76.530.585,2
9	20.425.470	6.102.900	14.322.570	11.671.864,85	115.248.050	88.202.450,1
10	20.425.470	6.102.900	14.322.570	11.409.447,55	126.657.498	99.611.897,6
11	20.425.470	6.102.900	14.322.570	11.152.930,16	137.810.428	110.764.828
12	20.425.470	6.102.900	14.322.570	10.902.180,02	148.712.608	121.667.008
13	20.425.470	6.102.900	14.322.570	10.657.067,47	159.369.675	132.324.075
14	20.425.470	6.102.900	14.322.570	10.417.465,76	169.787.141	142.741.541
15	20.425.470	6.102.900	14.322.570	10.183.250,98	179.970.392	152.924.792
16	17.595.142,5	6.102.900	11.492.242,5	7.987.201,523	187.957.594	160.911.994
17	17.595.142,5	6.102.900	11.492.242,5	7.807.626,122	195.765.220	168.719.620
18	17.595.142,5	6.102.900	11.492.242,5	7.632.088,096	203.397.308	176.351.708
19	17.595.142,5	6.102.900	11.492.242,5	7.460.496,673	210.857.804	183.812.204
20	17.595.142,5	6.102.900	11.492.242,5	7.292.763,121	218.150.568	191.104.968
21	17.595.142,5	6.102.900	11.492.242,5	7.128.800,705	225.279.368	198.233.768
22	17.595.142,5	6.102.900	11.492.242,5	6.968.524,638	232.247.893	205.202.293
23	17.595.142,5	6.102.900	11.492.242,5	6.811.852,041	239.059.745	212.014.145
24	17.595.142,5	6.102.900	11.492.242,5	6.658.701,897	245.718.447	218.672.847
25	17.595.142,5	6.102.900	11.492.242,5	6.508.995,012	252.227.442	225.181.842

Fuente: Elaboración propia

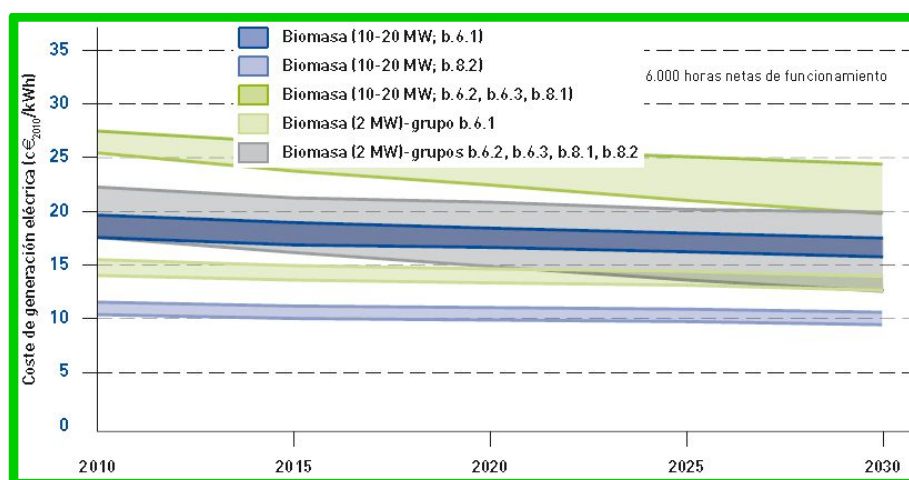
Tabla 22. Cálculos para determinar los indicadores económicos.

CALCULOS						
generación eléctrica con residuos de industrias agrícolas IT – 00868						
Año	Ingresos Totales Anuales	Egreso	Flujo de caja	FC/(1+i)ⁿ	Ingresos acumulados	VAN
1	20.109.750	6.102.900	14.006.850	13.691.935,48	13.691.935,5	-13353664,5
2	20.109.750	6.102.900	14.006.850	13.384.101,16	27.076.036,6	30436,6411
3	20.109.750	6.102.900	14.006.850	13.083.187,84	40.159.224,5	13.113.624,5
4	20.109.750	6.102.900	14.006.850	12.789.039,92	52.948.264,4	25.902.664,4
5	20.109.750	6.102.900	14.006.850	12.501.505,3	65.449.769,7	38.404.169,7
6	20.109.750	6.102.900	14.006.850	12.220.435,29	77.670.205	50.624.605
7	20.109.750	6.102.900	14.006.850	11.945.684,54	89.615.889,5	62.570.289,5
8	20.109.750	6.102.900	14.006.850	11.677.110,99	101.293.001	74.247.400,5
9	20.109.750	6.102.900	14.006.850	11.414.575,75	112.707.576	85.661.976,3
10	20.109.750	6.102.900	14.006.850	11.157.943,06	123.865.519	96.819.919,3
11	20.109.750	6.102.900	14.006.850	10.907.080,21	134.772.600	107.727.000
12	20.109.750	6.102.900	14.006.850	10.661.857,49	145.434.457	118.388.857
13	20.109.750	6.102.900	14.006.850	10.422.148,08	155.856.605	128.811.005
14	20.109.750	6.102.900	14.006.850	10.187.828,04	166.044.433	138.998.833
15	20.109.750	6.102.900	14.006.850	9.958.776,186	176.003.209	148.957.609
16	17.279.422,5	6.102.900	11.176.522,5	7.767.773,569	183.770.983	156.725.383
17	17.279.422,5	6.102.900	11.176.522,5	7.593.131,543	191.364.114	164.318.514
18	17.279.422,5	6.102.900	11.176.522,5	7.422.415,976	198.786.530	171.740.930
19	17.279.422,5	6.102.900	11.176.522,5	7.255.538,588	206.042.069	178.996.469
20	17.279.422,5	6.102.900	11.176.522,5	7.092.413,087	213.134.482	186.088.882
21	17.279.422,5	6.102.900	11.176.522,5	6.932.955,119	220.067.437	193.021.837

22	17.279.422,5	6.102.900	11.176.522,5	6.777.082,228	226.844.519	199.798.919
23	17.279.422,5	6.102.900	11.176.522,5	6.624.713,811	233.469.233	206.423.633
24	17.279.422,5	6.102.900	11.176.522,5	6.475.771,076	239.945.004	212.899.404
25	17.279.422,5	6.102.900	11.176.522,5	6.330.177,005	246.275.181	219.229.581

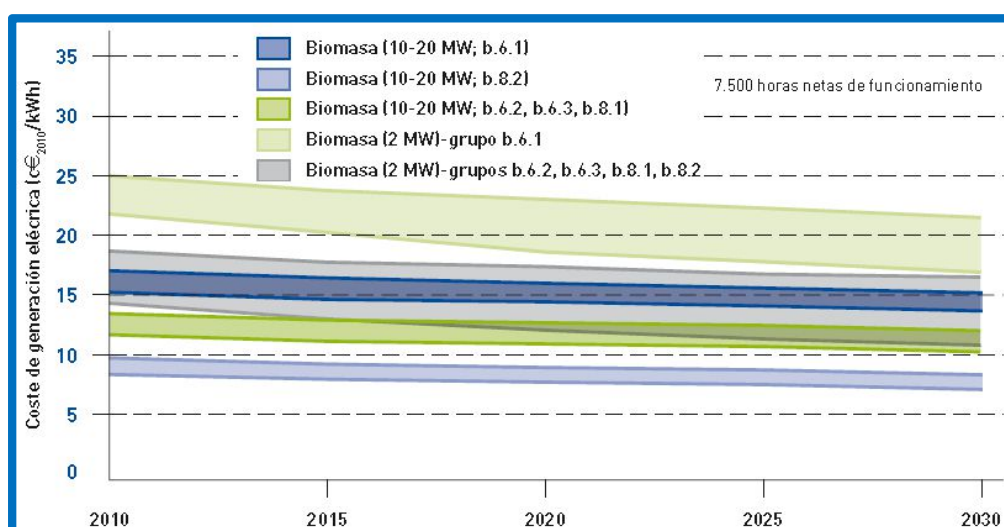
Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Evolución de los costes de generación eléctrica con 6000 h



Fuente: Estudio técnico PER 2011-2020 IDEA

Figura 12. Evolución de los Costes de generación eléctrica con 7500 h



Fuente: Estudio técnico PER 2011-2020 IDAE

En la Figura 12, se puede observar que los costes de energía eléctrica con biomasa tendrá una reducción en términos reales en las próximas décadas hasta el 2030, también en la misma figura se expresa la evolución de estos costes, teniendo en cuenta para cada año, el rango de costes entre la tecnología de mayor y menor coste según el tamaño de planta y tipo de biomasa indicado. (IDAE, 2011).

15.0 ESTUDIOS DE LOS IMPACTOS SOCIALES Y MEDIOAMBIENTALES

15.1 Impactos Sociales:

Para realizar la estimación de empleos directos generados por cada MW instalado en cada planta de generación de energía eléctrica con biomasa procedente del olivar, en la provincia de Jaén se estimarán los datos de un reciente estudio llamado “Modelo energético basado en la utilización masiva de las energías renovables en la provincia de Jaén” (ModEner) dirigido por Julio Terrado junto a sus grupos de investigación. (Terrados, 2014).

Entonces tomaremos como referencia los siguientes datos:

Tabla 23. Datos de empleo directo por cada MW instalado

Plantas de Biomasa		
MW	Empleo directo	Ratio (empleo/MW)
1	3,1	56

Fuente: elaboración propia

Entonces, en nuestro caso se van a instalar dos plantas de biomasa cada una con 15 MW de potencia, lo cual suman 30 MW en total, por lo tanto si para 1MW instalado se genera 3.1 empleo directo entonces para 30MW ¿cuánto empleo generará?. Se establece una regla de tres y como resultando tengo que por la instalación de dos plantas de biomasa con 30MW de potencia me genera 93 empleo anuales. Ahora multiplicando la potencia total de mis plantas con el ratio que es 56, pues obtengo como resultado, que para 30MW de potencia se me generan 1680 empleos directos principalmente en las zonas rurales de la provincia de Jaén, lo cual es muy positivo para el sustento de las familias de esa zona, también los empleos creados son para diversos perfil del contratante es decir desde el albañil hasta el ingeniero electrónico.

Ahora para calcular los impactos sociales teniendo en cuenta el PIB del país se tiene en cuenta los datos que aporta el (IDEA, 2011), tomamos nuevamente del estudio los datos de ratio como referencia.

Tabla 24. Efectos sobre el PIB de España (millones de euros)

	Ratios		Impacto directo	Impacto Indirecto	Impacto total
	Directo	Indirecto			
Biomasa 30 MW	1,136	0,657	34,080	19,71	34099,71

Fuente: elaboración propia con datos del IDEA

15.2 Impactos Ambientales

En este apartado correspondiente a los aspectos ambientales de dos plantas de Biomasa procedentes del olivar, se identificarán cuáles son los focos de contaminación y cuales es el aporte que hace esta planta relacionado con la disminución en la emisión de gases de efecto invernadero.

La implementación de una planta de generación de energía eléctrica que utiliza la biomasa como combustible y la tecnología de combustión, en principio se puede considerar como una fuente fija que genera emisiones de gases que salen por la chimenea y también emplea cierta cantidad de agua para facilitar la ejecución de algunos procesos. Por lo tanto desde el punto de vista ambiental se analizará dos aspectos importantes que son la contaminación atmosférica y la disminución de la calidad del agua en un cuerpo receptor.

Por otra parte para realizar el cálculo de emisiones evitadas de CO₂, debemos de saber inicialmente cual es el valor de la producción eléctrica de la planta de generación de energía eléctrica, en nuestro caso este valor se obtuvo del IDAE al realizar la extrapolación de otros datos que se tomaron como base para facilitar los cálculos como se mencionó anteriormente, y luego una vez que se sabe cuál es el

valor correspondiente, se multiplica por el factor de emisión de CO₂ y el resultado obtenido de dicha operación corresponde a las emisiones de CO₂ evitadas por la planta.

Tabla 25. Emisiones de CO₂ evitadas

Calculo de emisiones de CO ₂ evitadas	Planta 1	Planta 2
Producción eléctrica (MWh /año)	112.500	112.500
Factor de conversión (kg de CO ₂ / kWh)	0.018	0.018
Emisiones de CO ₂ evitadas (tn de CO ₂)	2025	2025
Total de Emisiones evitadas (tn de CO ₂)	4050	

Fuente: elaboración propia

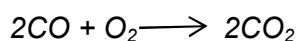
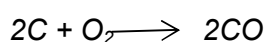
Por otro lado teniendo en cuenta que la tecnología más viable para ambas plantas de energía eléctrica de biomasa es la combustión, entonces se hace referencia a que:

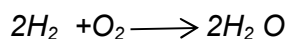
En el proceso de combustión, la biomasa primero se piroliza y después sufre una gasificación, hasta que alcanza una combustión completa.

En la combustión de la biomasa se verifica la siguiente reacción:

$CH_{1,4}O_{0,6} + 1,05 SO_2 + 3,95 N_2 \longrightarrow CO_2 + 0,7 H_2O + 3,95 N_2$, en la que

$CH_{1,4}O_{0,6}$ = Fórmula media de la biomasa en general. En este proceso, al combinarse la biomasa con el oxígeno, se producen básicamente las siguientes reacciones:





Si en el caso de usar la biomasa como combustible tiene componentes extraños, pues se desarrollan otras reacciones que pueden dar lugar a emisiones de humos y gases peligrosos, sin embargo la emisión de gases contaminantes se puede evitar empleando temperaturas muy elevadas en el proceso de combustión. (Seoáñez Calvo, e-libro 2013)

Los contaminantes originados por la combustión son: SO₂, NO_x, CO, partículas y gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, N₂O) otras sustancias como metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, V), HF, HCL, hidrocarburos aromáticos policíclicos, y dioxinas y furanos, se emiten en cantidades inferiores, pero su emisión tienen una influencia importante en el ambiente debido a su toxicidad o persistencia.

De otro modo teniendo en cuenta que se va a utilizar como tecnología la combustión, y el combustible que se va a emplear es la biomasa, por lo tanto es necesario aclarar que no todos los contaminantes que se generan en el proceso de combustión mencionados anteriormente, se van a producir en la planta de generación eléctrica, ya que esto depende de la composición química que presente la biomasa esta información se conoce a través de un análisis elemental del combustible, correspondiente a la poda del olivar y los subproductos de la industria agroalimentaria del olivar que se observa a continuación.

Tabla 26. Características físico-químicas de la biomasa del Olivar

	Poda Olivar	Orujo	Orejillo	Hueso
ANÁLISIS INMEDIATO (% peso)				
Carbono	14,67	7,31	22,13	21,98
Volátiles	72,83	30,65	72,29	76,40
Cenizas	1,55	6,75	4,58	1,62
Humedad	10,95	55,29	12,69	13,12

ANÁLISIS ELEMENTAL (% peso)				
Carbono	49,52	47,03	50,54	50,79
Hidrogeno	5,90	5,64	5,86	5,95
Nitrógeno	0,39	0,97	0,97	0,48
Azufre	<0,05	0,09	0,07	0,04
Oxígeno	44,19	46,27	42,56	42,74

Fuente: (de SONDEAN, Área de Biomasa 2000)

En esta tabla se puede observar los resultados correspondientes para el análisis inmediato y el análisis elemental del residuo de poda del olivar y los subproductos de industria agroalimentarias y sus fracciones expresadas en tanto por ciento en peso en relación a su contenido de distintos elementos.

Por otro lado, se puede observar en el análisis inmediato que para ambos residuos el parámetro físico-químico que presenta el valor más alto en comparación con otros parámetros es la presencia de volátiles, esto indica que es un excelente combustible porque a mayor porcentaje de contenido en volátiles favorece la combustión. Por el contrario el parámetro con el valor más bajo en ambos subproductos de la biomasa procedente del olivar es en el contenido de cenizas, y se caracterizan porque es el residuo que se obtiene de una combustión completa, y es apropiado para la fertilización o abono por su contenido en K, Mg y Ca. Sin embargo resulta especialmente favorable la poda del olivar ya que su contenido en cenizas es el más bajo en comparación con el resto de subproductos.

En cuanto al % de Humedad todos presentan un valor relativamente bajo a excepción del orujo que le corresponde un 55.29% de humedad, este parámetro hace referencia a la cantidad de agua existente en el combustible e incide de forma directa a la energía disponible de cada biocombustible, es decir a mayor porcentaje indica un bajo poder calorífico en la biomasa como en el caso del orujo y por el contrario un porcentaje bajo indica un alto poder calorífico en la biomasa como en el resto de residuos porque en la medida que el combustible este más seco, el comportamiento de combustión será mejor.

De otro modo, en el análisis elemental de la biomasa procedente del olivar se puede observar que el valor más bajo corresponde al contenido de Azufre, lo cual indica que no hay emisión Dióxido de Azufre (SO_2) porque su valor se puede considerar despreciable. De igual forma ocurre con el valor correspondiente al contenido de Nitrógeno ya que su concentración es muy leve. Por lo tanto no es necesario colocar medidas correctoras.

En cuanto a las emisiones de CO_2 , si se produce Dióxido de carbono como resultado de la combustión de la biomasa, pero hay que tener en cuenta que estas emisiones no contribuyen al aumento del efecto invernadero, ya que la emisión que se libera forma parte de la atmosfera actual. Por lo tanto el balance se puede considerar neutro.

Otro aspecto importante desde el punto de vista ambiental es el deterioro en la calidad del agua ya que las plantas de combustión producen la descarga de un vertido contaminado por sustancias a una fuente receptora como un río, proveniente tanto de refrigeración como el agua residual que se genera por el empleo de diversos usos en la limpieza de calderas, transporte de cenizas etc., incidiendo directamente en su deterioro. Por eso antes de realizar la descarga al cuerpo receptor, es aconsejable hacer un pretratamiento al agua con el fin de que cumpla con unos parámetros fisicoquímicos adecuados como T° , pH etc., para no alterar el equilibrio del sistema acuático.

Es muy importante mencionar que para la instalación y puesta en marcha de las dos plantas de biomasa, primero se debe de realizar un estudio de impacto ambiental establecido por la ley 7/2007 del 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental. Y, por lo tanto, primero realizar todo el procedimiento administrativo para finalmente saber si se concede o no la autorización para la ejecución de las primeras etapas del proyecto.

16. CONCLUSIONES

- Que el actual marco normativo establecido por el RD 413/2014 de 6 de junio que se complementa con la Orden IET /1045/2014 del 16 de junio no afecta los incentivos de retribución económica para las plantas de generación eléctrica con biomasa procedente del olivar.
- Que al realizar el análisis de viabilidad económica de la puesta en marcha de dos plantas de generación eléctrica mediante diferentes indicadores, se obtiene como resultado valores altos, que indica que el proyecto debe ser aceptado por su alta rentabilidad y grandes beneficios a largo plazo.
- Que el proceso de conversión de biomasa más adecuado para el tipo de combustible teniendo en cuenta como parámetro el % de humedad son los procesos térmicos y su tecnología favorable es la combustión.
- Que los residuos de poda de olivar en comparación de los subproductos generados en industrias agroalimentarias requieren un tratamiento más complejo desde su extracción hasta su disposición final como combustible en una planta de biomasa.
- Que a lo largo de toda la cadena de valor de la gestión logística del residuo de la poda del olivar genera fuentes de trabajo.
- Que por la implementación de dos plantas de generación eléctrica en la provincia de Jaén se genera 1680 empleos directos principalmente en las zonas rurales, por lo tanto es un beneficio para el sustento de muchas familias y también una disminución importante en la tasa de paro de la provincia.
- Que el total de emisiones de CO₂ evitadas corresponden a 4050 tn de CO₂
- Que la provincia de Jaén cuenta con Biomasa del Olivar que es una fuente de aprovechamiento energético que se puede emplear como sustitución a los combustibles fósiles, disminuye su dependencia y por lo tanto asegura el abastecimiento energético.
- Que la valorización energética de los residuos de la biomasa procedente del olivar para generación de energía eléctrica es una manera de contribuir al desarrollo sostenible.

17.0 REFERENCIAS

- AAE, (2013) *La Biomasa en Andalucía*. Agencia Andaluza de la Energía. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Junta de Andalucía.
- AAE, (2014) *Informe de infraestructuras Energéticas provincia Jaén*. Agencia Andaluza de la Energía. Consejería de Innovación, Ciencia y Empleo. Junta de Andalucía.
- AGROWASTE, (n.d) *Carbonización Hidrotermal (HTC)*. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC) y la cooperación del Centro Tecnológico de la Conserva y la Alimentación (CTC) y la Agrupación de Conserveros y Empresas de Alimentación de Murcia, Alicante y Albacete (AGRUPAL). Disponible en: <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/CARBONIZACION-HIDROTERMAL.pdf>
- Arauzo, J., Bimbela, F., Ábrego, J., Sánchez, J. & Gonzalo, A., (2014) *Introducción a las tecnologías de aprovechamiento de biomasa*.
- CAP, (2010) *Potencial energético de los subproductos de la industria olivarera en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca (CAP). Junta de Andalucía.
- CMA, (2011) *Notificación de datos PRTR, Epígrafe 1.c, Guía de apoyo para la notificación de las emisiones de las centrales térmicas y otras instalaciones de combustión*. Consejería del Medio Ambiente (CMA), Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental. Junta de Andalucía.
- Consejo Económico y Social de la Provincia de Jaén, (2014) *Dictamen Situación de las energías renovables en la provincia de Jaén y el impacto de los cambios legislativos sobre el sector: aprobado en Pleno extraordinario el día 6 de febrero de 2014*, CESPJ, Jaén.
- de SONDEAN, Área de Biomasa, (2000) *Potencial y aprovechamiento energético de la biomasa del olivar en Andalucía*.

Es.classora.com, (2015). *Tasa de Paro en las Provincias de España, según la EPA (Junio 2015) - Classora Knowledge Base*. [en línea] Disponible en: <http://es.classora.com/reports/k372149/tasa-de-paro-en-las-provincias-de-espana-segun-la-epa> [Consultado 30-08- 2015].

España. Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, de 27 de diciembre de 2013, núm. 310, pp. 1005198 – 105294 (97 págs.).

España. Orden IET/1045/2014, de 16 de junio, por la que se aprueban los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, de 20 de junio de 2014, núm. 150, pp. 46430 a 48190 (1761 págs.).

España. Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables, cogeneración y residuos. *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, de 10 de junio de 2014, núm. 140, pp.43876 a 43978 (103 págs.).

España. Real Decreto 661/2007, de 25 de Mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, de 26 de mayo 2007, núm.126, pp.22846 a 22886.

IDAE, (2007) *Manual de Energía Renovables nº2 / Energía de la Biomasa*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Madrid 2007, ISBN: 978-84-96680-15-9

IDAE, (2008) *Biomasa: Industria*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE). Madrid 2008. ISBN: 978-84-96680-31-9.

IDAE, (2011) *Plan de Energías Renovables 2011-2020*. Instituto para y la Diversificación y el Ahorro de la Energía, Madrid 2011. Disponible en: <http://www.idae.es/index.php/id.670/reلمenu.303/mod.pags/mem.detalle>

IDAE, (2014) *Factores de emisión de co₂ y Coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en*

Ángela María Sánchez Jiménez

España. Instituto para la diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE).
Ministerio de Industria Energía y Turismo.

ITAGRA.CT y IUGFS, (2012) *Biomasa, Biocombustibles y Sostenibilidad*. Centro Tecnológico Agrario y Alimentario (ITAGRA.CT), Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible Universidad de Valladolid -INIA (IUGFS) ISBN: 978-84-931891-5-0.

La Cal Herrera, (2012) *Instalación de gasificación de restos de poda de olivar integrada en una almazara*. CONAMA 2012 Congreso nacional del medio ambiente. Diputación Provincial de Jaén.

Losana, A.I.M., (2014) *Guía breve para la aplicación de la Orden de Renovables*, Diario La Ley, no. 8346, pp. 1.

Rico, J., (2013) *¿Poda de olivar para cubiertas vegetales del suelo o para energía? - Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias*. Biomasa, [En línea] Energias-renovables.com. Disponible en: <http://www.energias-renovables.com/articulo/poda-de-olivar-para-cubiertas-vegetales-20130510>.
10 de mayo del 2013 [Consultado 30-08-2015]

Ruiz Bermejo, J.A., (2013) *Análisis de la problemática e investigación de aspectos avanzados de la generación eléctrica con biomasa*. Doctorado. Universidad de la Rioja.

Scarpellini, S. & Fondevila, M.M., (2013) *Guía de mercados energéticos*, Prensas de la Universidad de Zaragoza. ISBN : 978-84-15770-27-5.

Seoánez Calvo, M., (2013) *Tratado de la biomasa: con especial incidencia sobre la biomasa como fuente energética*, McGraw-Hill España, España. ISBN: 9788448185237, 8448185234. EISBN: 9788448185244, 8448185242.

Terrados Cepeda J., (2014) *Modelo energético basado en la utilización masiva de energías renovables en la provincia de Jaén (ModEner)*. Consejería de economía, Innovación, Ciencia y Empleo. Junta de Andalucía.

Ángela María Sánchez Jiménez

Toscano Morales, L.A. & Barriga Rivera, A.N., (2009) *Análisis de los parámetros y Selección de hornos para la combustión de biomasa*.

Unión Europea. Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del consejo, de 23 de Abril del 2009, relativa al fomento de uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE. *Diario Oficial de la Unión Europea de 5 de junio de 2009*, pp.16-62.

WCED, U., (1987) *Our common future*. World Commission on Environment and Development, Oxford University Press.

18.0 ANEXOS

18.1. Anexo III Orden ITC/3353/2010, de 28 de diciembre



BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO



Núm. 316

Miércoles 29 de diciembre de 2010

Sec. I. Pág. 108105

3. Tarifas, primas y límites, para las instalaciones de la categoría b) del artículo 2 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.

Grupo	Subgrupo	Potencia	Plazo	Tarifa regulada c€/kWh	Prima de referencia c€/kWh	Límite Superior c€/kWh	Límite Inferior c€/kWh
b.1	b.1.1	P ≤ 100 kW	primeros 28 años	47,5597			
		100 kW < P ≤ 10 MW	primeros 28 años	45,0886			
		10 < P ≤ 50 MW	primeros 28 años	24,8138			
	b.1.2		primeros 25 años	29,0916	27,4312	37,1483	27,4353
			a partir de entonces	23,2731	21,9449		
			primeros 20 años	7,9084	2,0142		
b.2	b.2.1		a partir de entonces	6,6094			
b.3	b.2.2*				9,1041	17,7114	
b.4			primeros 20 años	7,4410	4,1519		
			a partir de entonces	7,0306	3,3047		
b.5			primeros 25 años	8,4237	2,7047	9,2014	7,0414
			a partir de entonces	7,5814	1,4519		
b.6			primeros 25 años	**	2,2727	8,6397	6,6094
			a partir de entonces	***	1,4519		
b.7	b.6.1	P ≤ 2 MW	primeros 15 años	17,1596	12,9361	17,9599	16,6423
			a partir de entonces	12,7362			
		2 MW < P	primeros 15 años	15,8313	11,3885	16,2967	15,4111
			a partir de entonces	13,3344			
	b.6.2	P ≤ 2 MW	primeros 15 años	13,5763	9,3528	14,3744	13,0568
			a partir de entonces	9,1530			
		2 MW < P	primeros 15 años	11,6140	7,1712	12,0849	11,2090
			a partir de entonces	8,7111			
	b.6.3	P ≤ 2 MW	primeros 15 años	13,5763	9,3528	14,3744	13,0568
			a partir de entonces	9,1530			
		2 MW < P	primeros 15 años	12,7754	8,3333	13,2404	12,3548
			a partir de entonces	8,7111			
b.8	b.7.1		primeros 15 años	8,6311	4,5652	9,6766	8,0350
			a partir de entonces	7,0306			
			primeros 15 años	14,1141	11,0355	16,5559	13,3376
	b.7.2	P ≤ 500 kW	a partir de entonces	7,0306			
			primeros 15 años	10,4541	6,7241		10,3137
			a partir de entonces	7,0306			
b.9	b.7.3		primeros 15 años	5,7887	3,8158	8,9961	5,5078
			a partir de entonces	5,7887			
			primeros 15 años	13,5763	9,3528	14,3744	13,0568
	b.8.1	P ≤ 2 MW	a partir de entonces	9,1530			
			primeros 15 años	11,6140	7,1712	12,0849	11,2090
			a partir de entonces	8,7111			
	b.8.2	P ≤ 2 MW	primeros 15 años	10,0221	5,7997	10,8213	9,4929
			a partir de entonces	7,0306			
			primeros 15 años	7,0284	2,5856	7,4950	6,6094
	b.8.3	2 MW < P	a partir de entonces	7,0284			
			primeros 15 años	10,0221	6,0677	10,8213	9,4929
			a partir de entonces	7,0306			
	b.8.3	2 MW < P	primeros 15 años	8,6397	3,9621	9,7197	8,0998
			a partir de entonces	7,0284			

* Prima máxima de referencia a efectos del procedimiento de concurrencia previsto en el Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, y el límite superior, para las instalaciones eólicas marinas.

** La cuantía de la tarifa regulada para las instalaciones del grupo b.5 para los primeros veinticinco años desde la puesta en marcha será: $[6,60 + 1,20 \times ((50 - P) / 40)] \times 1,0826$, siendo P la potencia de la instalación.

*** La cuantía de la tarifa regulada para las instalaciones del grupo b.5 para el vigésimo sexto año y sucesivos desde la puesta en marcha será: $[5,94 + 1,080 \times ((50 - P) / 40)] \times 1,0826$, siendo P la potencia de la instalación.

cve: BOE-A-2010-20002

18.2. Orden IET/1045/2014 del 16 de junio

Clasificación de las tarifas según el Real Decreto 661/2007				Clasificación de las instalaciones tipo según el Real Decreto 413/2014						
Grupo	Subgrupo	Combustible	Rango de potencia	Grupo	Subgrupo	Combustible	Rango de potencia	Subtipo de tecnología	Año de autorización de explotación definitiva	Código Instalación Tipo
b.6	b.6.1 / b.6.2 / b.6.3	-	Cualquier potencia	b.6	-	-	-	-	2009	IT-00838
b.6	b.6.1 / b.6.2 / b.6.3	-	Cualquier potencia	b.6	-	-	-	-	2010	IT-00839
b.6	b.6.1 / b.6.2 / b.6.3	-	Cualquier potencia	b.6	-	-	-	-	2011	IT-00840
b.6	b.6.1 / b.6.2 / b.6.3	-	Cualquier potencia	b.6	-	-	-	-	2012	IT-00841
b.6	b.6.1 / b.6.2 / b.6.3	-	Cualquier potencia	b.6	-	-	-	-	2013	IT-00842
b.6	b.6.1 / b.6.2 / b.6.3	-	Cualquier potencia	b.6	-	-	-	-	2014	IT-00843
b.6	b.6.1 / b.6.2 / b.6.3	-	Cualquier potencia	b.6	-	-	-	-	2015	IT-00844
b.6	b.6.1 / b.6.2 / b.6.3	-	Cualquier potencia	b.6	-	-	-	-	2016	IT-00845
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	≤1998	IT-00873
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	1999	IT-00874
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2000	IT-00875
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2001	IT-00876
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2002	IT-00877
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2003	IT-00878
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2004	IT-00879
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2005	IT-00880
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2006	IT-00881
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2007	IT-00882
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2008	IT-00883
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2009	IT-00884
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2010	IT-00885
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2011	IT-00886
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2012	IT-00887
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2013	IT-00888
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2014	IT-00889
b.7	b.7.1	-	-	b.7	b.7.1	-	-	-	2015	IT-00890

18.3 Anexo

Código de Identificación	Vida Útil Regulatoria (años)	Coeficiente de ajuste $C_{i,j}$	Retribución a la Inversión Rinv 2014-2016 (€/MW)	Retribución a la Operación Ro 2014 (€/MWh)	Horas de funcionamiento máximo para la percepción de Ro (h)	Nº Horas equivalentes de funcionamiento mínimo Nh (*) Anual 2014-2016 (h)	Umbral de funcionamiento Uf (*) Anual 2014-2016 (h)	Porcentajes aplicables a Nh y Uf anuales, para el cálculo del nº de horas equivalentes de funcionamiento mínimo y del umbral de funcionamiento de los periodos de 3, 6 y 9 meses (%)		
								3 meses	6 meses	9 meses
IT-00836	25	1,0000	209,928	54,126	6.500	3.000	1.000	18%	37%	55%
IT-00837	25	1,0000	217,291	54,211	6.500	3.000	1.000	18%	37%	55%
IT-00838	25	1,0000	230,244	54,361	6.500	3.000	1.000	18%	37%	55%
IT-00839	25	1,0000	238,827	54,460	6.500	3.000	1.000	18%	37%	55%
IT-00840	25	1,0000	249,932	53,201	6.500	3.000	1.000	18%	37%	55%
IT-00841	25	1,0000	266,452	52,721	6.500	3.000	1.000	18%	37%	55%
IT-00842	25	1,0000	279,620	50,943	6.500	3.000	1.000	18%	37%	55%
IT-00843	25	1,0000	293,579	51,106	6.500	3.000	1.000	18%	37%	55%
IT-00844	25	1,0000	296,513	-	6.500	3.000	1.000	18%	37%	55%
IT-00845	25	1,0000	299,536	-	6.500	3.000	1.000	18%	37%	55%
IT-00849	25	1,0000	269,039	46,396	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00850	25	1,0000	215,970	45,782	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00851	25	1,0000	210,424	45,717	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00852	25	1,0000	134,761	39,080	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00853	25	1,0000	121,554	38,927	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00854	25	1,0000	120,428	38,914	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00855	25	1,0000	127,753	38,999	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00856	25	1,0000	126,517	38,985	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00857	25	1,0000	120,943	38,920	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00858	25	1,0000	121,905	37,658	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00859	25	1,0000	125,809	36,489	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00860	25	1,0000	128,825	35,363	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00861	25	1,0000	148,687	35,593	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00862	25	1,0000	171,304	35,855	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00863	25	1,0000	194,972	36,129	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00864	25	1,0000	217,308	35,277	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%

18.4 Anexo

Clasificación de las tarifas según el Real Decreto 661/2007				Clasificación de las instalaciones tipo según el Real Decreto 413/2014						
Grupo	Subgrupo	Combustible	Rango de potencia	Grupo	Subgrupo	Combustible	Rango de potencia	Subtipo de tecnología	Año de autorización de explotación definitiva	Código Instalación Tipo
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	≤1996	IT-00849
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	1997	IT-00850
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	1998	IT-00851
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	1999	IT-00852
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2000	IT-00853
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2001	IT-00854
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2002	IT-00855
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2003	IT-00856
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2004	IT-00857
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2005	IT-00858
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2006	IT-00859
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2007	IT-00860
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2008	IT-00861
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2009	IT-00862
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2010	IT-00863
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2011	IT-00864
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2012	IT-00865
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2013	IT-00866
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2014	IT-00867
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2015	IT-00868
b.8	b.8.1 / b.8.2	-	Cualquier potencia	b.8	-	-	-	-	2016	IT-00869
b.8	b.8.3	-	Cualquier potencia	c.2	-	licores negros	-	-	≤2011	IT-01035
b.8	b.8.3	-	Cualquier potencia	c.2	-	licores negros	-	-	≥2012	IT-01036

En el caso del grupo b.2, a cualquier fase que esté asociada a un parque eólico cuya potencia de conjunto sea superior a los 5 MW, le será de aplicación la Instalación Tipo indicada en la tabla con potencia superior a los 5 MW (P > 5 MW), que esté asociada al correspondiente año de autorización de explotación definitiva.

18.5 Anexo

Código de Identificación	Vida Útil Regulatoria (años)	Coeficiente de ajuste $C_{1,a}$	Retribución a la Inversión 2014-2016 (€/MW)	Retribución a la Operación R_o (€/MWh) 2014	Horas de funcionamiento máximo para la percepción de R_o (h)	Nº Horas equivalentes de funcionamiento mínimo Nh (*) Anual 2014-2016 (h)	Umbral de funcionamiento Uf (*) Anual 2014-2016 (h)	Porcentajes aplicables a Nh y Uf anuales, para el cálculo del nº de horas equivalentes de funcionamiento mínimo y del umbral de funcionamiento de los periodos de 3, 6 y 9 meses (%)		
								3 meses	6 meses	9 meses
IT-00865	25	1,0000	242.105	35,027	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00866	25	1,0000	259.616	33,685	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00867	25	1,0000	272.596	33,837	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00868	25	1,0000	275.352	-	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00869	25	1,0000	278.109	-	6.500	3.000	1.000	10%	20%	30%
IT-00873	25	0,0000	0	4,169	4.235	-	-	-	-	-
IT-00874	25	0,0000	0	4,169	4.235	-	-	-	-	-
IT-00875	25	0,0000	0	4,169	4.235	-	-	-	-	-
IT-00876	25	0,0000	0	4,169	4.235	-	-	-	-	-
IT-00877	25	0,0000	0	4,169	4.235	-	-	-	-	-
IT-00878	25	0,0000	0	4,169	4.235	-	-	-	-	-
IT-00879	25	0,0000	0	3,495	4.235	-	-	-	-	-
IT-00880	25	0,0000	0	3,495	4.235	-	-	-	-	-
IT-00881	25	0,0000	0	3,495	4.235	-	-	-	-	-
IT-00882	25	1,0000	8.425	3,644	4.235	2.000	600	18%	35%	53%
IT-00883	25	1,0000	51.608	4,412	4.235	2.000	600	18%	35%	53%
IT-00884	25	1,0000	72.915	4,791	4.235	2.000	600	18%	35%	53%
IT-00885	25	1,0000	92.364	5,136	4.235	2.000	600	18%	35%	53%
IT-00886	25	1,0000	112.550	4,927	4.235	2.000	600	18%	35%	53%
IT-00887	25	1,0000	131.099	5,257	4.235	2.000	600	18%	35%	53%
IT-00888	25	1,0000	137.411	5,369	4.235	2.000	600	18%	35%	53%
IT-00889	25	1,0000	138.745	5,397	4.235	2.000	600	18%	35%	53%
IT-00890	25	1,0000	140.167	-	4.235	2.000	600	18%	35%	53%
IT-00891	25	1,0000	141.590	-	4.235	2.000	600	18%	35%	53%
IT-00895	25	1,0000	996.050	35,990	4.235	2.000	600	18%	35%	53%