

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Ingeniería Técnica Forestal



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Estudio: cantidad y costes de aprovechamiento de la biomasa existente en el T.M. de Carcaixent y el estudio de viabilidad para la ejecución de una Planta de Biomasa”

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Autor/es:
Belinda Martínez Abarca

Director/es:
D.Ferran Dalmau Rovira
GANDIA, 2013



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Valoración Biomasa

ESTUDIO DE LA CANTIDAD Y COSTES DE APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA EXISTENTE EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE CARCAIXENT Y EL ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA EJECUCIÓN DE UNA PLANTA DE BIOMASA.

2013

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Autor/es

Belinda Martínez Abarca

Director/es

Ferrán Dalmau Rovira



ESCUELA POLITÉCNICA
SUPERIOR DE GANDIA



Indice

PARTE I: VALORACIÓN BIOMASA

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	
2.1. Coyuntura Global	2
2.2. Crisis del petróleo. Peak oil	3
2.3. Energías renovables y desarrollo	7
2.4. Situación actual de la Biomasa en España	9
2.5. La Biomasa como recurso	10
2.6. Medidas para promocionar el aprovechamiento de residuos forestales	13
3. NORMATIVA DE APLICACIÓN	14
4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	
4.1. Situación geográfica	18
4.2. Orografía y litología	19
4.3. Hidrología	26
4.4. Clima	35
4.5. Vegetación	42
4.6. Fauna	50
4.7. Propiedad y gestión de los montes	53
5. MATERIAL Y MÉTODOS	
5.1. Metodología de Evaluación de recursos	62
5.1.1. Biomasa Forestal	62
5.1.1.1. Biomasa procedente de matorral	63
5.1.1.2. Biomasa procedente de claras	65
5.1.2. Biomasa agrícola	65
5.1.3. Biomasa de cultivos energéticos	66
5.1.4. Usos actuales de la biomasa	69
5.2. DEFINICION DE LOS PROYECTOS	
5.2.1. Criterios generales	70
5.2.2. Localización de los puntos de máxima concentración de biomasa	71
5.3. FUENTES Y EXTRACCIÓN DE LA BIOMASA	72
5.3.1. Características generales de la biomasa	73
5.3.2. Catalogación de las distintas fuentes de biomasa para la determinación del potencial	79
5.4. ETAPAS DE LA BIOMASA	82
5.4.1. Recolección y transporte	85
5.4.2. Astillado	89
5.4.3. Secado natural	92
5.4.4. Secado forzado	94
5.4.5. Molienda	97
5.4.6. Procesos de combustión de la biomasa	99
5.4.6.1. Combustión	100
5.4.6.2. Combustión limpia: Lecho fluidizado	103
5.4.6.3. Gasificación	106
5.4.6.4. Pirolisis	109

6. ESTIMACION CANTIDAD BIOMASA	
6.1. Descripción del vuelo LIDAR	113
6.2. Descripción del inventario de campo	114
6.3. Variables domésticas a estimar	115
6.3.1. Volumen	115
6.3.2. Área basimétrica	115
6.3.3. Biomasa total	116
6.3.4. Densidad	116
6.4. Variables predictorias obtenidas a partir de datos LIDAR	117
6.5. Ajustes de modelos predictorios	118
6.6. Incertidumbre de las predicciones	121
6.7. Discusión	121
6.8. Conclusiones	124
7. EVALUACIÓN DE LOS COSTES DE LA BIOMASA	
7.1. EVALUACIÓN DE COSTES DE RECOLECCIÓN	124
7.2. EVALUACIÓN DE LOS COSTES DE TRANSPORTE DE LA BIOMASA	126
7.3. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS PARA POSIBLES PROYECTOS	127
7.4. EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA ALTERNATIVA CONSIDERADA	129
8. RESULTADOS	
8.1. EVALUACIÓN DE RECURSOS Y COSTES DE LA BIOMASA	136
8.2. EVALUACIÓN DE LOS COSTES DE RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LA BIOMASA	137
8.3. RESUMEN DE RECURSOS Y COSTES	140
8.4. ALTERNATIVAS DE UTILIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA BIOMASA	142
9. RESULTADOS DE SOSTENIBILIDAD	
9.1. SOSTENIBILIDAD A NIVEL SOCIAL	145
9.2. SOSTENIBILIDAD A NIVEL AMBIENTAL	148
10. BIBLIOGRAFÍA	

PARTE II: ANEXOS

Anexo I: Inventario

Anexo II: Cálculos diseño Planta Biomasa

Memoria

1. INTRODUCCIÓN

En sentido amplio entendemos por “Biomasa” cualquier tipo de materia orgánica que haya tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico. Así pues, la formación o transformación de materia orgánica ha de ser reciente, lo que excluye del término a los combustibles fósiles, cuya formación tuvo lugar hace millones de años.

Durante siglos la biomasa ha jugado un papel muy importante en el desarrollo de la civilización, habiendo sido utilizada tanto de fuente de energía (leña) como de alimento siendo indispensable en el desarrollo y formación de los seres vivos. En la actualidad, la energía obtenida de la biomasa está aportando un 14 % de la energía primaria mundial y es el principal recurso energético de muchos países subdesarrollados o en vías de desarrollo. En los países industrializados, el aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos se cifra en torno al 3 o 4 %, mientras que en los países en vías de desarrollo de la biomasa constituye la principal fuente de energía, un 35 % de su energía primaria.

2. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El objetivo general que se plantea en el presente trabajo es la evaluación de la disponibilidad de recursos y determinar la cantidad de la biomasa extraíble procedentes de las plantaciones de naranjos y otros cultivos existentes en el Término Municipal de Carcaixent.

Se pretende estudiar la viabilidad económica de la extracción de biomasa de zonas forestales, agrícolas y zonas verdes del municipio mediante tratamientos selvícolas adecuados.

El aprovechamiento de estos residuos requiere por un lado optimizar los procesos de extracción, transporte, selección y transformación, y por otro, realizar una valoración global de la biomasa residual existente que defina, cuál es residuo final y no está siendo utilizado para la generación de energía y qué residuos son reutilizables por los sectores industriales más importantes.

Por lo tanto, el estudio debe determinar:

- Qué tipo de residuos finales se están produciendo en cada uno de los puntos de la cadena de aprovechamiento de la biomasa agrícola y forestal.
- Donde se están produciendo y que destino tienen en la actualidad.
- Cuales pueden ser considerados finales, es decir, cuyo destino sólo puede ser la combustión.
- Caracterización, en base a su potencial energético.
- Desarrollo de criterios para una clasificación cualitativa de los residuos.
- Definición de su tecnología de extracción, principalmente en los residuos generados en las explotaciones agrícolas y forestales.
- La logística para el abastecimiento de las industrias actualmente existentes.
- Definición de la tecnología que permite mejorar la calidad energética de estos residuos.

Esto permitirá:

- Orientar mejor las políticas de promoción del uso energético de la biomasa.
- Evaluar cuáles son los potenciales de biomasa residual procedente de los sistemas agrícola y forestal.
- Definir la tecnología apropiada para la extracción de biomasa potencial que todavía no ha sido utilizada.

2.1. COYUNTURA GLOBAL

La sociedad rural vive un momento más delicado si cabe, a veces paradójico, ya que se mezclan amenazas constatables con oportunidades reales pero que exigen dinamismo e iniciativas valientes. Las debilidades de un medio mermado en población hacen que se corra el riesgo de la pérdida de la identidad, de valores, de recursos y por tanto de futuro.

A través de ciertas iniciativas locales y del apoyo institucional se pueden poner en

valor y diversificar los recursos, que dinamicen la economía, que movilicen a la población, que aboguen por la protección ambiental, por la justicia social, etc., siendo muy importante saber llegar y ser cercanas a la gente para que sean efectivas.

El trabajo que se presenta, se enmarca dentro de una de estas iniciativas y pretende aportar datos que avalen aquello que ya el título del mismo apunta y no es otra cosa que comprobar la viabilidad del aprovechamiento de la biomasa para el abastecimiento de los recursos públicos del municipio.

2.2. CRISIS DEL PETRÓLEO. PEAK OIL.

El Pico petróleo es el momento en el cual se alcanza la tasa máxima de extracción de petróleo global y tras el cual la tasa de producción entra en un declive terminal. El concepto se basa en las tasas de producción observadas en pozos petroleros individuales y en la tasa de producción combinada de un sistema de pozos petroleros relacionados. Según este concepto, la tasa de producción agregada de un yacimiento petrolífero crece exponencialmente a lo largo del tiempo hasta que llega al llamado ‘pico petrolero’, momento tras el cual declina (algunas veces rápidamente) hasta llegar al agotamiento. Este concepto se deriva de la curva de Hubbert y se ha demostrado que es aplicable tanto a la tasa de producción doméstica de una nación determinada como a la tasa de producción petrolera global. A menudo se confunde el pico petrolero con el agotamiento del petróleo. En realidad, el pico petrolero es el punto de máxima producción, mientras que el agotamiento corresponde al período de caídas de las reservas y los suministros.

M.King Hubbert creó y uso por primera vez los modelos subyacentes al pico petrolero en 1956 para predecir de manera precisa que la producción petrolera de los Estados Unidos tendría su pico entre 1965 y 1970. Su modelo logístico, actualmente denominado Teoría del pico de Hubbert, y sus variantes han descrito con razonable precisión el pico y el declive de la producción de los pozos petrolíferos y yacimientos petrolíferos en diferentes regiones y países. Asimismo, ha probado ser útil para otros ámbitos de producción de recursos limitados. Según el modelo Hubbert, la tasa de producción de un recurso limitado seguirá simétricamente una curva en forma de campana basada en los límites de la explotabilidad y de las presiones del mercado. Varias

versiones modificadas de su modelo logístico original son utilizadas, usando funciones más complejas para permitir factores del mundo real. Mientras que cada versión es aplicada a un campo específico, las características centrales de la curva de Hubbert (que la producción deja de crecer, se aplanan y luego declina) permanecen invariables, aunque con diferentes perfiles.

Si los cambios políticos y económicos solo ocurren como reacción a los altos precios y la escasez más que como consecuencia de la amenaza de un pico, entonces el grado del daño económico para los países importadores dependerá en gran medida de cuán rápidamente disminuyan las importaciones de petróleo posteriormente al pico. Según el modelo Export-Land, las exportaciones petroleras caen mucho más rápidamente que la producción debido a que el consumo doméstico se incrementa en los países exportadores para abastecerse internamente, hasta anular las exportaciones en algunos casos. Los déficits de reservas causarían una inflación extrema, a menos que la demanda sea mitigada con medidas planificadas de conservación y el uso de energías alternativas.

Las estimaciones optimistas de la producción pico pronostican que el declive global comenzará en 2020 o después y suponen que antes que llegue la crisis habrá importantes inversiones en combustibles alternativos, sin que sean necesario grandes cambios en el estilo de vida de las naciones más consumidoras de petróleo. Estos modelos muestran en un inicio el precio del petróleo escalando, para luego irse retrayendo a la vez que otros tipos de combustibles y fuentes de energía sean utilizados.

Por otra parte la Agencia Internacional de la Energía (AIE) hizo público en noviembre de 2010 que la producción de petróleo crudo llegó a su pico máximo en 2006. Las predicciones pesimistas del futuro apoyadas por el informe citado arriba de la producción petrolera, mantienen la tesis de que el pico ya ha sido alcanzado, o bien estamos en la cúspide del pico o que ocurrirá dentro de poco. En tales casos, como la mitigación proactiva ya no será una opción, predicen una recesión global que, quizás, incluso inicie una reacción en cadena de varios mecanismos de respuesta en el mercado global, lo que podría estimular un colapso de la civilización global industrializada, llevando potencialmente a grandes caídas demográficas en un periodo corto de tiempo. A lo largo de la primera mitad del año 2008, hubo señales de que una posible recesión en Estados Unidos estaba siendo empeorada por una serie de récords en el precio del petróleo.

El lado de la demanda del pico petrolero se refiere al consumo en el tiempo y al crecimiento de esta demanda. La demanda mundial de petróleo crudo creció un promedio de 1,76% por año entre 1994 y 2006, con un máximo de 3,4% en 2003-2004. Para el año 2030, se proyecta un aumento de la demanda mundial de petróleo del 37% respecto a los niveles de 2006 (118 millones de barriles por día ($18,8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$) de 86 millones de barriles ($13,7 \times 10^6 \text{ m}^3$), debido en gran parte al aumento de la demanda en el sector del transporte.

La demanda energética se distribuye entre cuatro amplios sectores: transporte, residencial, comercial e industrial. En términos de uso de petróleo, el transporte es el sector más importante y el que ha visto el mayor crecimiento de la demanda en las últimas décadas. Este crecimiento ha provenido de la demanda de vehículos de uso personal propulsados por motores de combustión interna. Este sector también tiene las mayores tasas de consumo, lo que representa aproximadamente el 68,9% del petróleo usado en los Estados Unidos en 2006 y el 55% del petróleo utilizado en todo el mundo, como se documenta en el Informe Hirsch. El transporte es, por tanto, de interés particular para aquellos que tratan de mitigar los efectos del pico petrolero.

Aunque el crecimiento de la demanda es más alto en el mundo en desarrollo, los Estados Unidos son el mayor consumidor mundial de petróleo. Entre 1995 y 2005, el consumo estadounidense creció de 17,7 millones de barriles diarios a 20,7 millones de barriles diarios, lo que significa un incremento de 3 millones de barriles por día. En comparación, China aumentó su consumo de 3,4 millones de barriles diarios a 7 millones de barriles por día, un incremento de 3,6 millones de barriles diarios, en el mismo marco temporal.

A la vez que los países se desarrollan, la industrialización, rápida urbanización y mayores niveles de vida, crece el uso de energía, mayormente petrolera. Economías florecientes como China e India se están convirtiendo rápidamente en grandes consumidoras de petróleo. China ha visto un aumento del consumo de petróleo del 8% anual desde 2002, duplicándolo de 1996 a 2006. En 2008, se esperaba que las ventas de automóviles en China crecieran entre el 15 y el 20%, debido en parte a las tasas de crecimiento económico de más del 10 por ciento durante 5 años seguidos. Si bien a menudo se pronostica un rápido crecimiento continuado en China, otros predicen que la economía china dominada por la exportación no seguirá con esas tendencias de crecimiento debido a la inflación de salarios y

precios y a la reducción de la demanda de los Estados Unidos. Se espera que las importaciones de petróleo de la India tripliquen los niveles del 2005 para el año 2020, llegando a 5 millones de barriles por día ($790 \times 103 \text{ m}^3/\text{d}$).

La Agencia Internacional de Energía estimó en enero de 2009 que la demanda de petróleo cayó un 0,3% en 2008 y que caería un 0,6% para el 2009.

Otro factor significativo sobre la demanda del petróleo ha sido el crecimiento demográfico humano. La producción per cápita alcanzó su punto más alto en la década de 1970. Se espera que en el año 2030 la población mundial duplique la de 1980.

Un factor que hasta ahora ha ayudado a mejorar el efecto del crecimiento demográfico sobre la demanda es el descenso de la tasa de crecimiento demográfico desde la década de 1970, aunque esto se compensa hasta cierto punto por el aumento de la longevidad media en las naciones desarrolladas. No obstante, la producción de petróleo sigue superando el crecimiento de la población para satisfacer la demanda.

En 2005, el Departamento de Energía de Estados Unidos publicó un informe titulado Alcanzando el pico de producción mundial de petróleo: impacto, mitigación y gestión del riesgo. Conocido como el Informe Hirsch, afirma que "El pico de la producción de petróleo coloca a EE.UU. y al mundo ante un problema de gestión del riesgo sin precedentes. Conforme el pico se aproxima, los precios del combustible líquido y la volatilidad de precios se incrementarán de forma dramática y, sin un esfuerzo de mitigación a tiempo, los costes sociales, económicos y políticos no tendrán precedentes. Existen opciones viables de mitigación del problema tanto en el lado del productor como en el del consumidor, pero para que haya un impacto sustancial, debe ser iniciado una década antes que el pico del petróleo.

El informe Hirsch llegó a un cierto número de conclusiones:

1. El pico del petróleo va a tener lugar. Algunos analistas predicen que en los siguientes diez años, y otros los sitúan en fecha posterior.
2. El pico del petróleo supondría costes dramáticos para las economías nacionales en general, y para la norteamericana en particular.
3. El pico del petróleo presenta un desafío único. Las transiciones previas fueron graduales y evolucionarias. El pico del petróleo va a ser un cambio abrupto y

revolucionario.

4. El problema real son los combustibles líquidos para el transporte: vehículos de motor, aviones, trenes y barcos no disponen de alternativas viables.
5. Los esfuerzos en pro de su mitigación requerirán de una cantidad sustancial de tiempo: un esfuerzo intenso que duraría décadas.
6. Tanto la oferta como la demanda exigirán atención. El incremento de la eficiencia puede reducir la demanda, pero de cualquier modo se tendrán que producir grandes cantidades de combustible.
7. Ante todo, es un problema de gestión del riesgo: la mitigación temprana será menos dañina que la mitigación retrasada.
8. Será imprescindible la intervención gubernamental. De otra forma, las implicaciones sociales y económicas del pico del petróleo serían caóticas.
9. El caos económico no es inevitable. Pese a que sí lo sería sin mitigación, si se cuenta con el lapso de tiempo adecuado, los problemas se pueden solucionar.
10. Se necesita más información. Las acciones efectivas demandan una mejor comprensión de cierto número de temas clave.

El informe listó tres posibles escenarios: esperar hasta que el pico del petróleo tenga lugar antes de tomar medidas dejaría al mundo con un déficit de combustible líquido por más de dos décadas. Iniciar un programa de choque para mitigar el pico del petróleo 10 años antes de que tenga lugar ayudaría considerablemente pero aun así dejaría un déficit de 10 años después del pico. Finalmente, si el programa de choque se iniciara 20 años antes del pico, se podría evitar el déficit mundial de combustible.

2.3. ENERGÍAS RENOVABLES Y DESARROLLO RURAL

Haciendo buena la máxima de actuar localmente y pensar globalmente, desde el ámbito más cercano se puede afrontar uno de los problemas graves a escala global y que tiene que ver con el uso que se da a la energía o el combustible que consumimos se generó lejos o en terceros países cuando en esta situación no está exenta de implicaciones económicas e incluso éticas. Las emisiones de gases con efecto invernadero, determinantes en el proceso de cambio climático, se entroncan directamente con esta polémica al provenir

de combustibles de origen fósil, además de generar una gran dependencia de los países productores.

Dentro de las estrategias que asumen las distintas administraciones para solucionar este grave problema se encuentran los programas y actuaciones con el fin de redirigir el sector energético, fundamentalmente a través del desarrollo y la promoción de las energías renovables.

Diferentes estudios avalan la tesis acerca de la correlación entre el incremento de la cuota de energías renovables y la reducción de muchos de los problemas ambientales como son el cambio climático, la lluvia ácida, contaminación atmosférica, los residuos radioactivos, etc. Sin olvidar aspectos tan relevantes ya señalados como la disminución de la dependencia energética respecto a terceros países con las implicaciones económicas, estratégicas e incluso éticas que ello supone ya que una de las características principales de las energías renovables es que el espacio físico, dentro del tándem producción/consumo energético, se reduce hasta escalas incluso locales.

En este estudio, la biomasa, se destaca como un recurso fundamental sobre todo en zonas con altas posibilidades de producción de la misma, siempre que su gestión se asuma bajo criterios estrictos de sostenibilidad ambiental por encima de la económica. La biomasa con fines energéticos puede cubrir gran parte de las necesidades del ámbito local como son electricidad, calefacción y agua caliente, situándose su producción, procesado y distribución en pocos kilómetros a la redonda.

Conviene tener en cuenta que cualquier iniciativa nueva que implique generar actividad económica local, fijación de población joven, etc. debe ser tenida en cuenta. Sin embargo, no todo vale y algunas de estas nuevas actividades relacionadas con energías renovables, pueden generar impactos negativos y enfrentamientos como ya se ha visto por ejemplo ante la instalación de parques eólicos en espacios naturales protegidos. Sin embargo, el aprovechamiento de la biomasa, a través de la gestión adecuada, minimiza estos impactos y si representa unos más que evidentes beneficios ambientales en cuanto al mantenimiento y recuperación del paisaje ya que se nutre de la buena salud del mismo,

Vale la pena recordar que los proyectos de forestación y gestión sostenible de las superficies forestales para que actúen como sumideros de carbono son líneas de actuación

fundamentales dentro de los compromisos que asumen por parte de los países en el marco de convenios internacionales tan relevantes como Kioto. En este sentido, el balance de emisiones emitidas con el consumo de biomasa se considera prácticamente cero, infinitamente menor al generado por la combustión fósil, ya que el carbono emitido es el fijado en los años anteriores.

2.4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA BIOMASA EN ESPAÑA

En España, los recursos potenciales de biomasa calculados en el Plan de Energías Renovables (PER) se sitúan en torno a los 19.000 ktep, de los cuales, más de 13.000 ktep corresponden a biomasa residual y casi 6.000 ktep a cultivos energéticos. En la actualidad, la biomasa alcanza el 45% de la producción de energías renovables en España, lo que equivale al 2,9 % respecto del total de consumo de energía primaria, incluidas las convencionales.

Más concretamente en la Comunidad Valenciana la gran mayoría del suelo es productor de biomasa, ya sea forestal (coníferas, frondosas, etc.) o agrícola (leñosas, herbáceas, etc.). En total la biomasa agrícola-forestal se calcula en unas 30.000 Kt/año brutas, donde aproximadamente un 10% serían fácilmente aprovechables.

La superficie forestal de la Comunitat Valenciana es de 1.215.077 ha, la cual representa un 5% de la extensión forestal del territorio español (24.001.192 ha) y por Comunidades Autónomas es la octava en extensión.

En cuanto al régimen de propiedad forestal, en la Comunidad Valenciana los montes privados superan a los públicos. Por usos, el 48% de la superficie corresponde a superficie forestal, el 44% a cultivos, un 4% a regeneración y el 4% restante a superficie improductiva.

Existe una superficie forestal de 1.215.077, de las cuales 529.666 ha son arboladas donde un 50% está sin ningún tratamiento de residuos, el 20% se destina a procesos de quema y un 30% a procesos de amontonado.

El tratamiento de los residuos forestales en España está creciendo, pero sigue siendo una práctica minoritaria y se centra casi exclusivamente en terreno llano con fácil acceso.

Hay un interés creciente en el desarrollo de maquinaria destinada al tratamiento de residuos y su extracción con fines energéticos.

Puede presentarse un problema de intereses encontrados entre el aprovechamiento energético de la biomasa forestal y la industria maderera de trituración. Concretamente, las fábricas de tableros de partículas y de fibras se oponen a la posibilidad de que haya subvenciones públicas al uso de residuos forestales como combustible.

Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al que consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos.

2.5. LA BIOMASA COMO RECURSO

Tradicionalmente, la biomasa ha sido muy utilizada como recurso energético extraída directamente de nuestros bosques sin apenas transformación previa en forma de leña o sufriendo ciertos procesos de pirólisis como en la obtención del carbón. Éste sigue siendo el uso primero a nivel mundial y una de las causas de deforestación en países en vías de desarrollo con importantes recursos por tratarse de la principal fuente de energía primaria.

En la actualidad se proponen usos más eficientes de la biomasa que pasan por un plan de gestión de la misma. Respecto a los cultivos llamados energéticos, puede ser un tema polémico por la competencia respecto al destino de las tierras de cultivo, bien con fines alimenticios, bien con fines energéticos y las posibles interacciones que repercutan en la disponibilidad de alimentos, los precios, etc. Es por ello que en este caso concreto de estudio no se plantea abiertamente el uso de cultivos energéticos, aunque eso sí, se sugieren las líneas de actuación más apropiadas teniendo en cuenta las características bioclimáticas de la zona como es el uso de especies autóctonas en terrenos baldíos con fines protectores a medio- largo plazo, con posibilidad de aprovechamiento energético complementario. Para la biomasa extraída se plantea fundamentalmente un uso energético, con el fin de la progresiva sustitución de las fuentes de energía de origen fósil. Dicha sustitución pasa por cierta transformación de los hábitos como consumidores.

Este trabajo ha acercado a mucha población las nuevas tecnologías relacionadas con el uso de la biomasa en el ámbito doméstico a la vez que ha determinado el potencial de explotación de la biomasa local que pueda justificar su destinación a producción energética o a ser consumida en los hogares. Esto supone que, una vez determinado el potencial de extracción sostenible, se posibilita cierta actividad económica local desde los propios procesos de recogida y trabajos en fincas, a la transformación y la distribución de la biomasa en sus dos formas finales, pellets o astilla, la instalación y mantenimiento de calderas, etc.

Hoy en día aún existe cierto grado de aprovechamiento selvícola de la biomasa de los montes arbolados fundamentalmente para usos energéticos pero de manera muy residual, en forma de leña y de producción de carbón vegetal. Sin embargo, gran parte de la biomasa considerada como residual o sobrante es abandonada o quemada en las propias fincas. El hecho de valorizar este residuo como un nuevo aprovechamiento de forma más eficiente puede promover nuevas iniciativas económicas añadidas al aprovechamiento tradicional de leñas, que no tienen por qué desaparecer.

No se puede obviar, y esto entronca con la justificación de la realización de este trabajo, que el éxito del aprovechamiento de este recurso y las repercusiones positivas que genere depende en gran medida de los trabajos previos de prospección y caracterización del mismo que asegure una correcta gestión sostenible ambiental y económicamente. Es decir, que la cantidad de biomasa se encuentra en la zona y cuanta podemos aprovechar, de tal forma que el objetivo sea dar cobertura al mayor porcentaje asumible de las necesidades energéticas locales.

No se pretende limpiar absolutamente la zona de vegetación, si no mantener el paisaje lejos de los niveles de máxima explotación del territorio acaecidos décadas atrás sobre todo por fenómenos de sobre pastoreo y sobre explotación forestal. El paisaje que se pretende recuperar y mantener se caracteriza por la diversidad de ambientes, hecho directamente proporcional al aumento y mantenimiento de la diversidad biológica, la alternancia de las zonas más limpias, abiertas, con las zonas núcleo o refugio, más boscosas de manera que las primeras actúen como ambientes protectores frente a los incendios, zonas de tránsito o de alimentación, etc.

Los beneficios ambientales se vuelven evidentes analizando algunos hechos constatables. La observación directa del territorio evidencia el enorme peligro de un

incendio forestal de los montes mediterráneos y las repercusiones positivas con efecto cortafuego que el correcto mantenimiento de las fincas tiene respecto a las zonas más descuidadas que actúan como verdaderos pasillos de incendios.

En consecuencia podemos afirmar la conveniencia de iniciativas como las que enmarcan este trabajo, que trabajan a favor del medio ambiente, de la sociedad rural, etc. desde lo local y que merece una breve descripción un poco más adelante.

El aprovechamiento de la biomasa se va destacando en otros lugares como una actividad económica sostenible ideal para medios rurales con mucha riqueza natural pero poca iniciativa o acierto a la hora de maximizar y diversificar la gestión coherente de los recursos naturales. Incorporar el aprovechamiento de este nuevo recurso a la zona entronca con la filosofía del proyecto anteriormente citado pero implica estar seguro de su viabilidad, lo cual es el objeto de este trabajo.

A modo de resumen y para finalizar este tema introductorio, la biomasa, bien gestionada a priori contribuirá a:

- Reducir las emisiones provenientes de combustibles fósiles.
- Reducir la dependencia energética de terceros países.
- Abrir la puerta a nuevas opciones de economía.
- Recuperar paisaje, lo cual puede redundar en la recuperación autoestima local.
- Protección ambiental como en prevención frente a incendios forestales.
- Protección de la biodiversidad a través de la mejora de hábitats, etc.

La existencia de biomasa potencial en muchas zonas evidentemente inhabilita esta vía de desarrollo. Sin embargo, la simple observación del territorio que nos ocupa ofrece ya una visión altamente positiva respecto a la posibilidad de que la zona cuente con los recursos suficientes y un adecuado grado de regeneración para hacer la actividad sostenible. Este trabajo lo ha comprobado y va a ir poniendo números a este hecho intuitivo.

2.6. MEDIDAS PARA PROMOCIONAR EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS FORESTALES

- Adaptar líneas de ayuda de mejora de los bosques dentro de la política de desarrollo rural asociadas al aprovechamiento energético de residuos. La incorporación de las ayudas a la silvicultura en el Desarrollo Rural se convierte en un instrumento clave para la mejora de los montes y la revitalización del sector forestal. Entre estas ayudas se pueden destacar las dos siguientes:

- Habilitar ayudas específicas a los silvicultores destinadas a favorecer la realización de tratamientos silvícolas que generen biomasa forestal (podas y cortas de aclareo no comerciales) que, además, contribuirían a lograr productos forestales de alta calidad.

- Programas de ayudas para la mecanización de los procesos de adecuación del recurso: la adquisición de maquinaria de recogida, transporte y tratamiento.

- Impulsar el Fondo para el Aprovechamiento de Biomasa Forestal Residual que permitirá potenciar el aprovechamiento energético, favorecer el mantenimiento y limpieza de los espacios forestales, incidiendo en la prevención de los incendios forestales. La cantidad dotada por el MMA se repartirá entre las CCAA con base en los criterios que marca el Real Decreto Ley 11/2005, que tienen en cuenta factores como la superficie forestal arbolada incluida en zonas de alto riesgo de incendios, la biomasa existente en cada comunidad o la superficie forestal que cuenta con instrumentos de gestión ya aprobados.

- Fomentar los sistemas de calefacción centralizada y establecer ayudas para la inversión en la instalación de calderas u otras instalaciones que consuman biomasa forestal para la producción de calor, para reducir los altos costes de inversión y hacer más atractivas estas inversiones frente a la competencia con otros combustibles.

- Fomento de la I+D+i para desarrollar con rapidez proyectos de investigación aplicada que permitan disponer de tecnología y sistemas de aprovechamiento de la biomasa eficaces, para mejorar los procedimientos de producción y reducir los costes.

- Establecer para la biomasa forestal una prima energética acorde con los efectos multiplicadores positivos que su utilización va a producir. Es decisivo que, al intervenir varios sectores en la cadena de generación de energía, la prima consiga afectar a los diferentes eslabones de la cadena. Consiste en favorecer el proceso completo desde el monte hasta la central generadora para asegurar que la prima se utiliza de forma correcta, evitando que se

valorice únicamente el resultado final (la energía). Con ello, se podrán beneficiar tanto los selvicultores que gestionan el monte, como la industria (tanto la que genera residuos de biomasa en sus procesos de transformación, como la que utiliza residuos de biomasa y tiene excedentes, caso del tablero), y la central transformadora.

- Desarrollo de una logística del recurso para su uso energético, estableciendo medidas que favorezcan la creación de un mercado de logística de biomasa.

- Elaboración de una nueva legislación específica para fomentar el uso de esta energía renovable, por ejemplo, el desarrollo de normativas y reglamentos sobre instalaciones de biomasa térmica en los edificios o la inclusión del aprovechamiento de los residuos que se generan en las actuaciones selvícolas, en lugar de las actuaciones tradicionales de eliminación y quema, en las Instrucciones de Ordenación de Montes.

- Impulsar la co-combustión en centrales de carbón. Para ello se realizarán las modificaciones reglamentarias que incluyan la co-combustión dentro del Régimen Especial, apoyo a la tecnología de co-combustión de carbón y biomasa ante la ausencia de primas, así como la realización de estudios del potencial de biomasa y el análisis de las tecnologías de co-combustión más adecuadas para cada central térmica convencional.

- Realización de estadísticas de actualización permanente relativas al potencial de recurso biomasa en los bosques españoles.

- Elaboración de programas de divulgación para informar a los ciudadanos, agricultores, selvicultores e industrias forestales sobre las ventajas de la utilización de biomasa y la importancia del sector forestal en el desarrollo sostenible de la energía. Con esta medida se pretende un cambio en el concepto tradicional de biomasa: por un lado se pretende la valorización de los restos de aprovechamientos forestales, que pasan de ser un “residuo” a ser considerados como un “recurso”; por otro lado, la utilización de la biomasa como combustible es un uso que ha pasado de ser un uso tradicional pasado de moda a convertirse en una tecnología moderna.

3. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Marco normativo europeo Energía

Se hace una breve reseña de la legislación europea aplicable al aprovechamiento de la biomasa forestal y utilización y empuje de la biomasa en general como fuente de energía renovable:

Resolución del Consejo (1999/C 56/01) de 15 de diciembre de 1998 relativa a la Estrategia de la Unión Europea para el sector forestal.

Abre nuevas perspectivas para una política forestal global e integrada. En particular, se afianzan los principios de multifuncionalidad de los bosques, inclusión del sector en las normas de la economía de mercado y ejecución lo más descentralizada posible, en aplicación del principio de subsidiariedad.

Establece que la Comisión tendrá que presentar al Consejo un informe relativo al establecimiento de la estrategia forestal en un plazo de cinco años, que se materializa en la Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo el 10 de marzo de 2005 denominado “Informe sobre la ejecución de la estrategia forestal de la Unión Europea”.

Para elaborar una estrategia de gestión sostenible de los bosques que sea eficaz, la Comisión considera necesario:

i. Conciliar un tipo de gestión social y ecológicamente beneficioso para los bosques con la observación de que los ingresos de los propietarios europeos proceden en gran parte de la venta de madera.

ii. Reforzar la armonización de las distintas políticas de la UE que inciden en los bosques y la actividad forestal y mejorar la coordinación entre la Comisión y los Estados miembros.

iii. Revisar y consolidar las estructuras de consulta en materia de silvicultura para facilitar la transparencia en la toma de decisiones y un diálogo estructurado con todas las partes interesadas.

iv. Reconocer la importancia global de los bosques en el desarrollo sostenible, incluso desde el punto de vista del cambio climático y la biodiversidad, y apoyar los compromisos internacionales.

Reglamento (CE) N° 1257/1999 del Consejo de 17 de mayo de 1999 sobre la ayuda al desarrollo rural a cargo del Fondo Europeo de Orientación y Garantía Agrícola (FEOGA).

En el artículo 2 se menciona que “*las ayudas que se centrarán en las actividades agrarias y en su reconversión, podrán tener por objeto (...) el desarrollo sostenible de los bosques*”.

En el artículo 29 se detalla que “*la ayuda a la silvicultura contribuirá al mantenimiento y al desarrollo de las funciones económicas, ecológicas y sociales de los bosques en las zonas rurales*” (...) “*esta ayuda fomentará particularmente (...) la gestión*

forestal sostenible y el desarrollo sostenible de la silvicultura, el mantenimiento y mejora de los recursos forestales y el aumento de las superficies forestales”

En el artículo 30 se menciona que las ayudas se destinarán entre otras a las actuaciones siguientes: *“el fomento de nuevas salidas para el uso y comercialización de los productos forestales, inversiones destinadas a mejorar y racionalizar la recolección, transformación y comercialización de los productos forestales”*.

Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 7 de septiembre de 2001 relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad.

La Comunidad reconoce la necesidad de promover las fuentes de energía renovables con carácter prioritario, ya que su explotación contribuye a la protección medioambiental, al desarrollo sostenible, puede ser fuente de empleo local y hacer posible que se cumplan los objetivos de Kioto.

Esta Directiva constituye el marco legislativo europeo para la generación de electricidad a partir de biomasa. Se establecen valores de referencia para el establecimiento de los objetivos indicativos nacionales en materia de electricidad generada a partir de energías renovables.

Directiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de mayo de 2003 relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte.

El Consejo determina que existe una amplia gama de biomasa que podría utilizarse en la producción de biocarburantes derivada de la silvicultura y de la industria agroalimentaria y forestal.

Reglamento (CE) N° 1782/2003 del Consejo de 29 de septiembre de 2003 por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política agraria común y se instauran determinados regímenes de ayuda a los agricultores (...).

Se recoge el grueso de la última reforma de la PAC y se incluye por vez primera una línea de ayudas encaminada al desarrollo de cultivos energéticos. Estas ayudas se desarrollan especialmente en el Reglamento (CE) n° 2237/2003 de la Comisión, de 23 de diciembre de 2003 y el Reglamento (CE) n° 1973/2004, de la Comisión, de 29 de octubre de 2004.

“Se concederá una ayuda de 45 euros por hectárea y por año a las superficies

sembradas con cultivos energéticos con arreglo a las condiciones establecidas en el capítulo 5 del Reglamento (CE) N° 1782/2003”.

Reglamento (CE) N° 1698/2005 del Consejo de 20 de septiembre de 2005 relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER).

Determina que es preciso fomentar la transformación de los productos agrícolas y forestales con vistas a la producción de energía renovable. Establece las normas generales que regulan la ayuda comunitaria al desarrollo rural financiada por el FEADER.

Marco normativo Nacional sobre Biomasa

- Real Decreto 661/07 de 25 de mayo. Tabla de retribución.
- Corrección de errores del RD 616/2007 de 11 de mayo, sobre fomento de la cogeneración.
- RD 616/2007, de 11 de mayo, sobre fomento de la cogeneración.
- RD 1264/2005, de 21 de octubre de 2005.
- Corrección de errores del RD 436/2004, de 12 de marzo de 2004.
- RD 436/2004, de 12 de marzo de 2004.
- Resolución de 6 de marzo de 2002.
- RD 2818/1998, de 23 de diciembre de 1998.
- Orden PRE/472/2004, de 24 de febrero de 2004.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre de 1997 del sector eléctrico.

Marco normativo Nacional sobre Residuos

- DIRECTIVA 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por los que se derogan determinadas directivas.
- Ley 10/1998, de 21 de abril de Residuos.
- Modificación con la ley 16/2002, de 1 de julio de Prevención y control integrado de contaminación.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Plan Nacional de Residuos Urbanos 2000-2006 (PNUR).
- Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015 (PNIR)

4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El municipio de Carcaixent, se encuentra ubicado dentro de la Ribera Alta. Comarca llamada así por estar situada en la ribera del río Júcar. Por la cual cosa las tierras son de aluvión debido a las frecuentes crecidas del río. Estas tierras dan una elevada fertilidad y buenas características para practicar la agricultura, mayoritariamente en la zona el cultivo de naranjo, que ha marcado durante muchos años las características socio-económicas de la comarca.

Esta comarca, es una de las comarcas de la provincia de Valencia y limita al sur con la comarca de La Safor i de la Costera, al este con la Ribera Baixa, al oeste con La Canal de Navarrés- Enguera, al norte con L'Horta y al noroeste con la Foia de Bunyol.

Carcaixent se encuentra a unos 40 km de la ciudad de Valencia y a unos 17 km de la costa. Su posición geográfica es:

- Longitud: entre 0° 20' y 0° 30' Oeste.
- Latitud: entre 39° 03' y 39° 08 norte.

Su término municipal tiene una extensión de 59,39 km², pudiendo distinguir dos ejes principales, uno de mayor longitud con 15 km de largo en la dirección noreste-sudoeste, y otro menor con 5,8 km de longitud, en dirección noroeste-sureste.

Su altura varía entre los 16 metros de las zonas más profundas y los 405 metros del pico más elevado. La ciudad tiene una media de 31 metros.

Los límites del término son:

- Norte: Alzira.
- Este: Alzira y Simat de la Vall digna.
- Sur: Castelló de la Ribera, la Pobla Llarga, Rafelguaraf y Xàtiva.
- Oeste: Alberic, Benimuslem y Alzira.

El río Júcar se encuentra ubicado en el margen derecho del municipio, es decir al

oeste y atraviesa su término municipal de suroeste a norte, sirviendo de límite por el oeste i noroeste. Al norte el límite del término es una línea perpendicular imaginaria a la carretera CV-41 a unos 0,4 km del casco urbano. Al este y noreste el hito es una línea imaginaria paralela a la carretera CV-50. Al este la línea imaginaria para por parajes como el Pla de Galiana i el Pla de la Mula. Al sur el hito lo marca una línea imaginaria que empieza en el camino Colada- Asagador de la Pobla Llarga, pasando al sur por parajes como el Tossal, Barranc de la Font, la Serratella, Lloma de les Muretes.

Los pueblos más cercanos son:

- Alzira situada a 2 km al noreste y unida por la carretera comarcal CV-41.
- La Pobla Llarga, al suroeste y a unos 3,5 km. También está unido por la carretera CV-41.
- Alberic, al margen izquierdo del Júcar, se encuentra a unos 6 km al oeste.
- En un arco hacia el sur de unos 10 km encontramos Manuel, Rafelguaraf, Ènova y Castelló de la Ribera.

Carcaixent tiene varios núcleos de población separados, como son la pedanía de Cogullada situada al sur de la ciudad y a unos 600 metros de distancia, y la pedanía de la Barraca d'Aigües Vives, situada al noreste y se encuentra dividida por una línea imaginaria paralela a la carretera que separa el término municipal de Carcaixent y Alzira. Otros núcleos de población son las diversas urbanizaciones, como San Blai, Tir de Colom i la del Puig gros.

El término está dividido claramente en dos sectores, uno montañoso situado al este del término y que se prolonga por todo el este y sureste del término. Y el otro es llano y de ribera del río Júcar, con las tierras próximas al río, al barranco de Barxeta y a la ciudad. Además de por el río, el pueblo está claramente influenciado por los numerosos barrancos entre los que destacan el de Barxeta, paralelo al río y el barranco de la Falsia.

4.2. OROGRAFÍA Y LITOLOGÍA

Según Ferrer (1985), las tierras de Carcaixent presentan unos ambientes morfoestructurales suficientemente variados si se atiende a su reducida extensión. Aparte de

la existencia de una zona montañosa, no muy elevada por cierto, caracterizada por la presencia de áreas planas en las que abundan los fenómenos de disolución cárstica (lapiaz, dolinas, poljés, cuevas o simas, etc.), están presentes también los ambientes de piedemonte o falda, y además, se encuentran las tierras de la huerta (como ya se ha comentado, en la llanura de inundación de la Ribera). Esta amalgama de ambientes, cada uno de los cuales evoluciona de manera diversa, es la que marca la aparición de sitios de topografía insospechada, como la que se origina en el contacto entre las tierras de falda y las de la llanura de inundación del Júcar.

Cuando el río Júcar sale del encajonamiento al que se ve sometido al atravesar la Sierra de Martés y el Macizo del Caroig, origina un cono de acumulación de sedimentos fluviales que conforman la Ribera que, junto a los aportes del río Turia, son la génesis de una especie de delta interior en el que todavía quedan algunos lugares para llenar, como es el caso de la Albufera de Valencia.

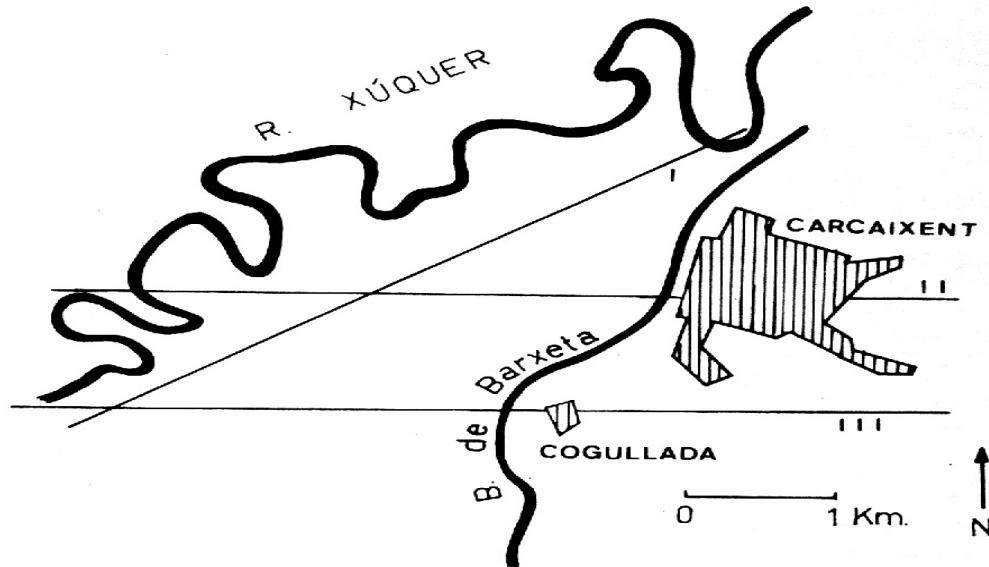
Las montañas en Carcaixent en la Zona de Transición.

Dentro de las montañas de Carcaixent, se diferencian dos zonas, un bloque montañoso principal y el relieve aislado de la Serratella. Los materiales que conforman esta zona de montaña son principalmente calizas, dolomitas y margas, con suelos Luvisol crómicos y litosuelos de escaso espesor y en algunos puntos se encuentran cambisoles cálcicos de desarrollo moderado.

En esta zona hay un alto grado de desarrollo cárstico, que es más bajo en la Serratella, y que han dado un conjunto de morfologías y topónimos relacionados con esta circunstancia (Depresiones, Sima del Agua, Cueva de las Maravillas, etc.). La Serratella tiene una cota máxima de 131 m y pendientes moderadas, mientras que el bloque montañoso del Reialenc, la Font de la Parra, la Barraca d'Aigües Vives i Sant Blai la cota máxima no supera los 402 m, con pendientes bastante pronunciadas hacia el norte y el sur, siendo la cima una gran planicie llamada Reialenc, con una ligera inclinación hacia la vertiente norte - occidental. Es precisamente en este plano donde se producen los fenómenos de disolución kárstica más agudos. Existe también un montón entre la Serratella y el Realengo denominado el Tossal, con 161 m.

Debido a la erosión de las lluvias y las avenidas de agua en las que dan lugar, se arrastran materiales heterométricos por regueros y barrancos que bajan de la Sierra de

Carcaixent, formando conos de deyección en la zona de la planicie occidental y perdiéndose su estructura al mezclarse con los depósitos de inundación. En las zonas más cercanas a la sierra predominan estas formas coluviales y los regueros de acumulación formando relieves menos uniformes. Esta zona de regueros es de vital importancia, junto a la llanura de inundación para entender la estructura morfológica y las posibilidades de riesgos geológicos en el término de Carcaixent, por eso se describirán más detenidamente a continuación.



Cortes geomorfológicos de Carcaixent (Ferrer, 1985)

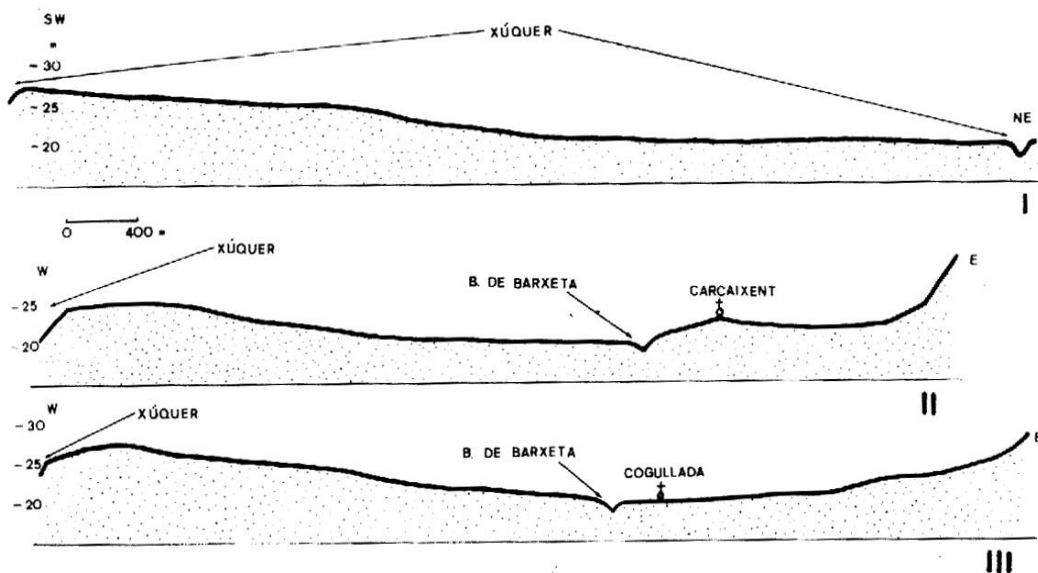
La llanura de inundación en Carcaixent.

En conjunto es una superficie convexa en la que las partes más elevadas se sitúan en las proximidades del río Júcar. Estableciendo tres cortes arbitrarios se puede ver claramente la topografía del conjunto del área deposicional. Al corte I se observa un perfil longitudinal que tiene por punto de partida el Pont de les Campanes y por final, el puente del ferrocarril Valencia - La Encina. Presenta dos partes bien diferenciadas, una primera de topografía convexa, desde los 27 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) a las inmediaciones del Pont de les Campanes hasta llegar a la línea de los 20 metros, y una segunda parte de topografía plana estabilizada en los 20 metros, en la parte donde corren más cerca el río Júcar y el Barranc de Barxeta.

Por su parte, los cortes II y III son transversales al plano de inundación y van desde el río Júcar los núcleos poblacionales de Carcaixent y Cogullada respectivamente. En el primer caso, la huerta se levanta alrededor de 24 m.s.n.m. al lado del río, y con una

topografía convexa baja a los 19 metros del Barranco de Barxeta a su paso por el lado del pueblo. El núcleo antiguo de Carcaixent tiene una cierta altura con respecto a las tierras de huerta próximas, el punto más elevado del casco antiguo está al calle Boscà, un poco por encima de los 24 metros, mientras que el resto del pueblo, a excepción de los barrios de la Montanyeta, de les Barraques y de Santa Bàrbara, se emplaza 2 o 3 metros por debajo de esta cota.

La situación de Cogullada (corte III) es más arriesgada debido a que la superficie de la huerta baja de los 27 m.s.n.m. a los 20 m. Y, además, la zona de asiento está más lejos de las tierras de montaña. El proceso de deposición de materiales transportados por el río se produce todo alrededor del casco urbano y aunque se sitúa sobre una pequeña elevación, éste se localiza en la parte más baja y por lo tanto, paso obligado del agua en momento de avenida. La mayor parte de los materiales presentes en la zona corresponden a la deposición de materiales aluviales conformados principalmente por limos y arcillas con bajas proporciones de componentes de tamaño más grueso. Son mayoritariamente fluvisoles en las zonas de inundación y cambisoles cálcicos en las zonas de avenida, más cerca de los relieves.



Secciones de la plana de inundación del río Júcar al paso por Carcaixent (Ferrer, 1985)

Morfología peculiar de los glacis.

A continuación podemos ver una serie de interesantes y excelentes descripciones locales de cortes geomorfológicos del glacis carcaixentins hechos por Ferrer (1985):

a) Corte de l'Olivera de la Cornada:

Al lado izquierdo del camino que sube a la Font de la Parra, en el lugar conocido como l'Olivera de la Cornada, el Barranco de Noguera muestra un corte de 2-2,5 m de profundidad en lo que se pueden individualizar las siguientes partes:

- Una capa superior, la superficie de la cual está transformada por la mano del hombre, constituida por una matriz fina que engloba algún guijarro calcáreo de tamaño heterogéneo. La potencia se sitúa alrededor de un metro (capa A).

- Un segundo estrato formado por guijarros angulosos y redondos, de tamaño diverso, englobados en una escasísima matriz fina, que a veces llega incluso a desaparecer. La estratificación es horizontal y puede aparecer intercalada una pequeña capa de matriz fina sin guijarros. El conjunto no se encuentra encostrado y la potencia varía longitudinalmente entre los 70 centímetros y un metro (capa B).

- Una tercera capa formada casi exclusivamente por tierra rubia que puede alcanzar potencia de un metro. No es extraño ver algunos guijarros aislados (capa C).

- Encima del lecho del barranco hay gran cantidad de derrubios heterométricos originados por la caída de los de la capa B (por erosión lateral del barranco que socava la tierra rubia más fácilmente) y por arrastres actuales de la zona montañosa. Estos materiales están situados sobre un sustrato formado por guijarros y tierra rubia totalmente encostrado, de manera que no se pueden desligar los bloques calcáreos de la matriz fina (capa D).

b) Corte al Barranc de l'Estret:

El Barranc de l'Estret aprovecha el punto donde casi se ponen en contacto las montañas de Carcaixent y la Serra de les Agulles para pasar del Valle d'Aigües Vives al plan de inundación de la Ribera. El corte objeto de estudio presenta claros paralelismos con el anterior. En la margen derecha del barranco aparecen unas estratificaciones formadas por capas encostradas de guijarros y escasa matriz fina separadas por niveles de tierra rubia. En la parte más honda del barranco existe una acumulación de guijarros recientemente depositados por encima de un sustrato encostrado y karstificado de características similar al del corte de l'Olivera de la Cornada.

c) Corte en el Barranc d'Espanya::

Este barranco, al salir de la montaña y atravesar el ambiente de los glacis, marca en una parte de su trayecto la separación entre los glacis de la Serratella y los de las montañas del Reialenc. Es en su borde izquierdo y cortando el piedemonte de la Serratella donde quedan individualizadas las siguientes capas:

- Un nivel superior formado por una matriz fina roja hasta la que aparecen guijarros aislados. De potencia superior al metro, corresponde a la capa A del corte de l'Olivera.

- Un segundo nivel de acumulación de guijarros heterométricos y una poca matriz fina (puede desaparecer del todo). La potencia también se sitúa en torno al metro y correspondes a la capa B.

- Un nivel constituido exclusivamente por matriz fina (tierra rubia), oscilando alrededor de un metro de potencia y que corresponde a la capa C.

- Un nivel de nódulos de carbonato cálcico de 30-50 centímetros de potencia, que es exclusivo de este corte (no se observa en otros lugares). Sería el nivel C.

- La parte más profunda del corte muestra un estrato que incluye guijarros y matriz fina formando un conjunto encostrado ya la vez, karstificado. Tan sólo se aprecia una potencia de 50-60 centímetros, pues los depósitos de guijarros recientes de fondo de cajero esconden resto del corte. Es la capa D.

En un corte transversal del barranco aparece en la parte central una formación muy interesante en un corte vertical de 2 metros, se trata de una acumulación de materiales gruesos en estratificación horizontal, que lateralmente incorpora una capa de tierra rubia. La formación está totalmente cimentada y parece ser una antigua *point bar* contemporánea de los materiales de la capa D.

d) Corte frente al Cementerio:

Este corte, a diferencia de los anteriores que se encuentran en los glacis de veurera, se sitúa en la zona de los glacis de acumulación y por lo tanto, son mucho más importantes las acumulaciones de material fino que las de material gruesos, sólo presentes en lugares concretos. Gracias a la extracción por parte del hombre de la tierra de un campo situado junto al Barranc d'Espanya, frente mismo del cementerio de Carcaixent, un corte vertical de 4-5 metros muestra disposición vertical y horizontal del falda de acumulación. Todo el

corte, de arriba abajo, está constituido por una acumulación masiva de tierra rubia de las numerosas dolinas y poljes los llanos de la montaña carcaixentina que han sido capturadas por el avance en cabecera de los barrancos. La acumulación no presenta intercalaciones de materiales gruesos a excepción de algunos grupos aislados que están un poco cementados con arena y que corresponden a divagaciones laterales del fondo del cajero en tiempos antiguos. Es posible ver también algunas capas de arcilla depositadas en láminas horizontales que presuponen la existencia de períodos en que el barranco actuaría de forma similar en el río Júcar actual, es decir, depositando materiales finos llevados en suspensión cuando se desbordaban las aguas.

Resumiendo lo dicho hasta ahora los glacis presentan una forma cóncava de arriba abajo, con mayor ángulo de inclinación en las proximidades de los relieves montañosos. Esto es consecuencia del régimen de las aguas que transporta el barranco, el cual actúa de manera semejante a un torrente. Cuando se producen lluvias importantes vehiculan gran cantidad de agua y se movilizan muchos materiales, los depósitos sin embargo, muestran una diferencia clara según el lugar donde se encuentran; como la competencia de transporte disminuye rápidamente en abandonar los relieves emergidos, las acumulaciones situadas cerca de los mismos presentarán gran cantidad de guijarros y bloques de tamaño diverso, al alejarse, pero los relieves, las acumulaciones de materiales finos son más importantes, pues el agua los puede transportar en suspensión más tiempo. En los cortes verticales y horizontales del glacis se ven unas disposiciones estratigráficas bastante similares que quedan esquematizadas de la siguiente manera:

- El nivel más antiguo que se ve en la actualidad corresponde al suelo de los barrancos (visible tan sólo en los glacis de veurera). Es un depósito encostrado y karstificado con matriz rosácea y guijarros heterométricos, de difícil datación por la falta de pruebas paleontológicas que lo sitúan en una cronología absoluta, que al igual podría corresponder al Pleistoceno medio como los inicios del superior, ya una pulsación interna del Würm. A veces presenta intercalaciones de una matriz fina de potencia variable, que en algunos puntos se encuentra parcialmente lixiviada, produciendo pseudo - estalactitas formadas por la acumulación de carbonato cálcico siguiendo los conductos de infiltración del agua y que por la excavación lateral del barranco en la actualidad, se convierten visibles y totalmente individualizadas. Corresponde al nivel D.

- La capa de tierra rubia que aparece por arriba de esta formación presenta problemas

de clasificación en cuanto que no se puede saber si corresponde a un nivel totalmente individualizado por unas condiciones bioclimáticas específicas (ausencia de guijarros trae a la mente un período de temperaturas no muy bajas), o bien se puede añadir al nivel superior de materiales gruesos y en este caso correspondería a unas condiciones de sedimentación determinadas. Es la capa C.

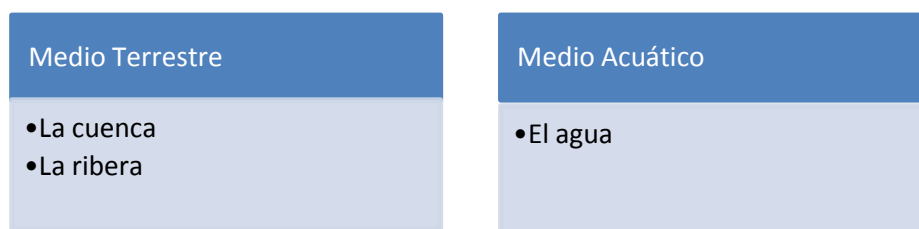
- El tercer nivel está formado casi exclusivamente por cantos heterométricos sin encostrado, con poca matriz fina que los conjunte. Son el producto de un aumento de la crioclastia que provoca gran cantidad de materiales susceptibles de ser evacuados. La potencia del conjunto es variable y pueden aparecer, a veces, intercalaciones de una matriz fina aunque de poca importancia. Es por eso que la capa C podría corresponder al nivel de base de esta formación (capa B).

- El cuarto nivel lo integran las acumulaciones masivas de material fino que conforman todo la falda de acumulación y la capa A los de veurera. Estos materiales se han depositado en el fin del Pleistoceno superior ya lo largo del Holoceno, no pudiendo desatarlos, al menos los glacis de acumulación del levantamiento Holoceno de la llanura del Júcar, que obliga al agua que baja de la montaña a depositar los materiales cerca de las mismas, pues la llanura de inundación crece más rápidamente que los glacis y por tanto la situación del nivel base para los barrancos ha cambiado mucho en un tiempo relativamente corto y los ha obligado a hacer unos depósitos potentes.

4.3. *HIDROLOGÍA*

Nuestros ríos.

Es necesario entender el río bajo la perspectiva ecológica, que lo describe como un medio formado por:



Así pues, superpuesto a la necesidad de considerar la cuenca como unidad de planificación y gestión de los sistemas fluviales y recursos hídricos, se plantea el concepto multidimensional del río, incorporando las relaciones entre las partes enumeradas.

Un elemento del río a menudo muy ignorado, son las riberas y llanuras de inundación. Según la Ley de Aguas, las riberas son las partes laterales de la cama que quedarían entre el nivel de aguas bajas y el de las crecidas ordinarias. Están, pues, definidas únicamente por criterios de forma de la sección transversal. Pero, en la mayoría de los casos, el área de influencia continúa más allá, existiendo una banda riparia conectada con la dinámica fluvial, que depende de la humedad edáfica y la frecuencia de las avenidas, y representada en estado natural por una vegetación característica de ribera.

Es por tanto importante ampliar el concepto de ribera establecido por la Ley de Aguas, de forma que abarque también la zona afectada por el río y ligada a su funcionamiento.

Actualmente las riberas presentan un gran nivel de degradación, debido generalmente a la ignorancia sobre su valor. Kusler (1985) apunta como razones de esta situación que las riberas frecuentemente no son consideradas zonas húmedas en sentido estricto, y no están sujetos a ninguna legislación protectora y que los políticos y legisladores no tienen suficiente información específica sobre las necesidades de protección de los distintos tipos de ribera, las razones por las que hay que protegerlas, y los tipos de usos que deben ser regulados.

Los ríos que forman la red fluvial que afecta a ribereños son:

- El Júcar, como río principal y de origen alóctono.
- El Magre.
- El Sellent.
- El río Albaida, con sus afluentes: el Cànyoles y el Clariano.
- El río Verde, nacido en la comarca.

La red fluvial se completa con ramblas y barrancos que, sin tener régimen de aguas continuado, en función de la pluviometría recogen las aguas de las sierras y las dirigen hacia

el Júcar o sus afluentes. En la llanura de inundación esta red adquiere una gran importancia ya que tiene capacidad de inundar tierras agrícolas y alguna población en situaciones extraordinarias, al tiempo que también tiene varias funciones ecológicas de gran importancia para el funcionamiento del plan de inundación, recoge los sobrantes y las escorrentías del regadío y los residuos de numerosas poblaciones actuando como el sistema de retorno de las aguas al río, mantiene una vegetación propia de gran valor cultural y paisajístico.

El río Júcar nace en el cerro de San Felipe, Montes Universales, a 1700 metros de altitud donde le quedan 467,5 km para llegar a su desembocadura en el Mediterráneo en Cullera, recibiendo aguas de una cuenca de 21.578 km². Primero baja por la cordillera de Cuenca hacia al sur, después, en su paso por La Mancha cambia bruscamente de dirección adoptando finalmente la orientación Este - Oeste coincidente con la llamada "Banda estructural de Toledo", la bajada de la plataforma manchega y la entrada a las tierras valencianas se realiza a través del Caroig, donde la existencia de piedra caliza provoca profundas y espectaculares gargantas con rápidos y saltos que han permitido un intenso aprovechamiento hidroeléctrico, por fin entra en la comarca por Sumacàrcer, donde comienza a abrirse la llanura de inundación, que con una pendiente media del 0,6 % le lleva por la Ribera, realizando numerosos meandros entre Alberic y Alzira hasta llegar mansamente a Cullera donde se une al mar.

El Magre es el afluente zurdo del Júcar, con una cuenca de influencia de 1.543 km² y un recorrido de 126 km tiene una gran influencia en el comportamiento del Júcar en la llanura de inundación, como veremos después. El río Sellent, afluente derechista del Júcar tiene una longitud de 13,5 km y una cuenca de influencia de 274 km² también por la derecha afluye el río Albaida con 1.300 km² de influencia y 38 km de recorrido, a quien se le suman el Clariano (261 km² y 24,4 km) y el Cànyoles (642 km² y 63 km).

Los elementos geológicos que más condicionan la forma de nuestros ríos son: las características litológicas de las cuencas y las estructuras del relieve.

Las características litológicas de la comarca conjugan las influencias de los dominios geológicos Bético e Ibérico, que si bien ambos han sido formados en la fase orogénica Alpina, después han tenido fases sedimentarias diferentes; así en el dominio ibérico los ríos atraviesan sedimentos carbonatados, sobre todo calcáreos (río Sellent, rambla Escalona, río Magro), mientras que en el dominio bético las cuencas de los ríos se desarrollan en dos tipos

de materiales, en las partes altas domina la roca caliza y en las partes bajas materiales blandos como arcillas (río Albaida, Canyoles y Clariano). Las estructuras del relieve (anticlinales, sinclinales, fracturas, extrusiones, fundiciones tectónicas, etc ..) condicionan el trazado de las arterias de agua, así algunos tramos del Júcar y todo el río Magro están afectados por las estructuras de origen ibérico, mientras que el río Albaida y sus afluentes Clariano y Canyoles reciben la influencia bética.

Nuestra red fluvial es joven en la escala de tiempo geológico, está formada a partir de la etapa Alpina, que origina el relieve actual a partir de una llanura fundamental que aparece como resultado de la remodelación y colmatación de todo el relieve anterior, los nuevos ríos tienden a aprovechar los afloramientos de materiales menos resistentes para marcar sus caminos, empezando su tarea de forjadores del paisaje, así su tarea es excavar los valles en las cordilleras y construir terrazas fluviales con los sedimentos transportados, este ha sido el mecanismo fundamental por el que se ha formado la parte principal de la Ribera, otros mecanismos son los conos de deyección de los barrancos de las sierras que enmarcan la llanura y la acción del mar que con la formación de los humedales y las albuferas ha contribuido a la configuración actual de la fachada costera valenciana.

Una vez conocida la formación de nuestros ríos ahora hay que conocer su principal función, la de conducir las aguas de esorrentía, en el estudio hidrológico consideraremos los factores que condicionan el régimen fluvial, tanto en cantidad como en calidad, ya que el fin último es el mantenimiento de su funcionalidad en el ecosistema de La Ribera y el aprovechamiento humano del recurso agua.

El régimen de un río viene determinado por un conjunto de parámetros o índices entre los que destacan: el caudal anual, los caudales mensuales y su evolución, la irregularidad anual e interanual, las crecidas y estiajes, etc., estos parámetros varían de un río a otro y están en función de factores como el clima, el relieve, el tamaño de la cuenca, la cobertura vegetal presente o los usos del suelo.

En el comportamiento de los ríos de la comarca se pueden distinguir dos modelos: por un lado el Júcar y por otro el resto de ríos mediterráneos.

El Júcar a lo largo de su recorrido presenta varias incidencias que lo hacen variar de caudal de forma notable. Como hemos dicho nace en los Montes Universales lugar de intensas lluvias, con medias anuales superiores a los 800 mm y donde son frecuentes las

nieves que al fundirse alargan hasta la primavera la alimentación regular del río.

Normalmente las aguas altas se dan en primavera y otoño y las bajas en verano y parte de la otoño. En otoño las lluvias mojan la tierra y recargan los acuíferos; cuando son torrenciales, la tasa de escorrentía es elevada y el caudal del río aumenta, cuando terminan las lluvias disminuye la crecida y el caudal vuelve a ser escaso pero sostenido por la infiltración. En invierno y primavera no suelen darse precipitaciones torrenciales y por tanto los caudales no son excesivos, en verano se suma la falta de lluvias a la sequía de la estación haciendo que muchos ríos lleguen incluso a secarse.

El Júcar cuando llega a Cuenca presenta un caudal relativo de $11,4 \text{ L/km}^2/\text{s}$, pero en adentrarse en La Mancha, con la reducción de las precipitaciones y la merma de las escorrentías, ya que en esta zona son abundantes las zonas endorreicas (zonas cerradas que no derraman sus escorrentías al río) el caudal se reduce a poco más de $3 \text{ L/km}^2/\text{s}$, igual le pasa a su principal afluente, el Cabriel. En la Masía de Mompó, cuando acaba de salir del Macizo del Caroig el caudal del Júcar sólo es de $2,75 \text{ L/km}^2/\text{s}$. Son los nacimientos del río y sus afluentes de la cuenca media que vuelven a elevar el caudal medio del río.

Aparte de estas irregularidades en el caudal a lo largo de su recorrido, el Júcar también sufre una irregularidad interanual, menos acusada que los otros ríos, pero también considerable, la irregularidad interanual se obtiene dividiendo el caudal medio del año más abundante por el caudal medio del año más seco.

Irregularidad interanual de los ríos de la comarca.

Un elemento determinante en el régimen fluvial de nuestros ríos es el efecto regulador, aparecido las últimas décadas por acción de los embalses.

Si bien es cierto que la actividad humana ha logrado modificar los regímenes fluviales con los embalses hasta el punto de invertir el ritmo circulatorio, ya que ahora las sueltas de los embalses marcan el periodo de aguas altas de mayo a noviembre, con pico en julio - agosto; también es cierto que el efecto regularizador plurianual sólo existe con los grandes embalses, no con los pequeños, que sólo pueden aspirar a regular el estiaje almacenando agua la temporada de lluvias. Además, la localización interior de los grandes pantanos hace que tengan una incidencia escasa en la regulación de las avenidas naturales.

En la misma cabecera del Júcar está el embalse de La Toba, y más adelante el

embalse de Alarcón, de grandes proporciones, ya que con 1.112 Hm³ gobierna una cuenca de recepción de unos 3.000 km², si consideramos que el embalse de Contreras, sobre el Cabriel tiene una cuenca de recepción similar, más las zonas endorreicas manchegas y la zona regulada por el embalse de Forata sobre el Magro, que es de unos 1.000 km², encontramos que de la cuenca del Júcar, 21.478 km², quedan por regular de forma eficiente unos 11.000 km², que se encuentran en unas tres cuartas partes por arriba de la toma de Tous y el resto repartidos entre La Ribera y las cuencas del Magro aguas abajo de Forata, el Sellent y el Albaida.

Así que para explicar el comportamiento del Júcar nos queda como elemento determinado la actividad humana representada por la acción directa sobre el río con azudes o acequias y la indirecta con extracciones de los acuíferos.

Las aguas subterráneas y los pozos.

La unidad de estudio de la hidrología subterránea es la unidad hidrogeológica, que es la zona que comparte las mismas características en la circulación subterránea de agua, esta unidad hidrogeológica está relacionada con la unidad geológica del terreno, ya que son los distintos factores geológicos quienes condicionan el movimiento de las aguas subterráneas. las unidades hidrogeológicas que afectan a La Ribera son:

- Caroig Norte
- Caroig Sur
- Sierra de las Agujas
- Plana de Valencia Sur

Al oeste de La Ribera encontramos el “Caroig Norte”, esta unidad, que está muy bien delimitada por el norte, oeste y sur, ya que linda con afloramientos del Triásico que la separan de otros materiales, el acuífero viene representado por los materiales del Cretácico que forman series muy potentes en altura, y que son permeables por karstificación. En esta unidad se encuentran los términos municipales de Millares y Dos Aguas, así como el de Tous, por donde entra el río en la comarca. La unidad es muy importante ya que tiene una gran capacidad de carga por agua de lluvia, estimada en 150 Hm³/año.

El Caroig sur es un gran embalse subterráneo de agua, ya que está rodeado por todos sus lados, excepto por el sureste (Canals y L'Alcúdia), por materiales impermeables, los

materiales del acuífero son los mismos que los del Caroig Norte. La carga es también por lluvia y está en torno a los 155 Hm³/año. La descarga no afecta directamente a La Ribera, ya que alimenta los manantiales de Navarrés, la Albufera de Anna y el río Los Santos, pero indirectamente nos llega ya que el río Cànyoles recibe sus aguas a partir de Canals y, de alguna manera, nos llega al Júcar.

La Serra de les Agulles se encuentra al sur de La Ribera y la unidad hidrogeológica se reduce a la propia sierra, por lo tanto es de reducidas dimensiones, los materiales de los acuíferos principales son del Cretáceo superior, el agua se acumula entre las fisuras de las rocas, producto de la disolución y karstificación de las mismas.

La carga se produce por infiltración del agua de lluvia, con un volumen estimado en 50 Hm³/año, la infiltración por regadíos es escasa (5 Hm³/año) ya que los riegos se dan mayoritariamente fuera de la zona.

La unidad hidrológica de la Serra de les Agulles, es la que afecta más directamente al abastecimiento de aguas potables y parte del regadío subterráneo del huertos del término de Carcaixent, por lo tanto vamos a conocerla un poco más. Abarca las montañas de Carcaixent y del Toro, el valle de Aigües Vives y la Serra de les Agulles, Cavall Bernat y las Cruces, con una superficie de 90 km² está ocupada completamente por formaciones del Jurásico - Cretácico, que son formaciones de acuíferos de alta permeabilidad y que tienen capacidad de almacenar 55 Hm³ de agua cada año por el régimen de lluvias mediterráneo (*recordemos que la dotación de la Real Acequia de Carcaixent para toda la huerta es de 20 Hm³/año, al menos así es teóricamente ya que los últimos años se ha dispuesto de mucha menos*), de esta cantidad más de la mitad va a la unidad hidrológica de La Plana de Valencia, y unos 25 hm³ anuales se destinan a regadíos (La mayor parte) y al suministro de Carcaixent, La Barraca de Aigües Vives y pequeños manantiales del término.

El río Júcar bordea la unidad por la parte superior, el río Barxeta (no confundir con el barranco de Barxeta) por la inferior y el Albaida por la izquierda. La pluviometría anual oscila entre el 600 y los 750 mm de precipitación, siendo mayor en el centro de la unidad y disminuyendo hacia los bordes. La evapotranspiración es de 900 mm anuales.

Geológicamente la unidad se caracteriza por la edad de sus materiales que van desde el Triásico, (Materiales más viejos situados en el fondo e impermeables) al cuaternario (materiales jóvenes y muy permeables). La disposición normal de los estratos y su

comportamiento hidrogeológico nos permiten distinguir dos tramos con capacidad para guardar agua separados por un conjunto de estratos de baja permeabilidad.

1. El primero tramo es el acuífero del Jurásico, sobre estos materiales impermeables hay estratos de calizas y dolomías de alta permeabilidad para guardar agua, es un acuífero muy profundo y al estar en contacto con los materiales del Jurásico que son suficientemente salinos dan un agua no demasiado adecuada.

2. En el segundo tramo del acuífero son materiales calcáreos del cretácico presenta un importante grosor, aproximadamente 750 m, es un acuífero libre ampliamente representado en toda la unidad, que en la zona de la Barraca de Aigües Vives y el Estrecho se encuentra karsterizado, es decir fisurado y con gran capacidad de circulación de agua.

La unidad está sometida a una intensa fracturación por la presencia de fallas y cabalgamientos de materiales impermeables, esto hace que puedan distinguirse cuatro zonas o acuíferos en la unidad:

- Acuífero de Corbera de Alzira, situado al norte de la unidad, es pequeño y está desconectado del resto de los sectores por materiales de baja conductividad.
- Acuífero de Favara ocupa el noroeste de la unidad también separado del resto por materiales del Jurásico poco permeables.
- Acuífero de Alzira - Tavernes. Corresponde a las sierras de la Murta, del Caballo y de les Agulles, se encuentra el acuífero del cretácico y el del Jurásico debajo, puede producirse conexión ya que el sector presenta numerosas fallas.
- Acuífero de Carcaixent - Benifairó. Ocupa el resto de la unidad, es el más grande, presenta también los dos acuíferos, en superficie el cretácico y en profundidad el Jurásico.

Funcionamiento hidrogeológico del acuífero de Carcaixent - Benifairó.

La mayor cota piezométrica se da en el término de Carcaixent, en la zona de la Galiana, con más de 60 metros sobre el nivel del mar, de ahí el Flujo de agua se dirige principalmente hacia el norte, en la llanura de Valencia, entre Carcaixent y Manuel, y hacia Benifairó, al sur, una parte menor acabará en la llanura de Gandia - Dénia.

La información disponible para confeccionar el balance es escasa, a partir de un inventario de puntos acuíferos realizado por el ITGE, en el año 1990, se contabilizaban 31 puntos que extraían 5,2 Hm³/año para regar 438 hectáreas de cítricos y abarcar a más de 62.000 habitantes, entre Alzira y Carcaixent. Han pasado 15 años y deben existir muchos más pozos, también hay que explicar las devoluciones de regadíos superiores a las extracciones por bombeos, esto indica la aportación de agua de otras unidades hidrológicas. Hay que actualizar estos datos con un buen inventario de puntos de extracción, superficie agrícola regada y usos industrial y urbano, por disponer de un modelo fiel para gestionar con garantías el acuífero del que dependemos.

La Plana de Valencia Sur.

Esta es la Unidad Hidrogeológica más grande y la que afecta de forma más directa a la Ribera Alta, limita la unidad por el oeste con la unidad del Macizo del Caroig, por el sur con la Sierra de les Agulles, por el este con el mar y por el norte con la Plana de Valencia Norte.

Esta unidad se caracteriza por la presencia de un acuífero multicapa, que tiene, al menos, dos tramos permeables bien diferenciados. El superior presenta alternancia de materiales de depósito cuaternario, constituidos por arenas, limos, arcillas, con manchas de grava, más o menos cementada y continuas, pero con una considerable permeabilidad. Ocasionalmente, cuando se encuentran materiales más duros como conglomerados o rocas calcáreas, la karstificación ha hecho muy permeables estos materiales. Separado del tramo anterior por una capa arcillosa y limosa o margosa, que actúa como acuitardo, se localiza otra formación permeable, más honda, formada por materiales arenosos, y limoso, de permeabilidad más reducida que el superior, la base de esta capa está formada por materiales marga - arcillosos que dan la impermeabilidad al acuífero.

Entre la recarga por lluvias, reinfiltraciones y alimentaciones laterales llega a un total de 160 Hm³/año.

La tendencia marcada en la piezometría en los últimos años es un descenso acumulado de los niveles freáticos que oscila entre 2 y 10 metros.

4.4. CLIMA

La situación física tiene una influencia directa en el tipo de clima existente en una zona determinada. El municipio de Carcaixent está situado en la Comarca de la Ribera Alta, está ubicado en las coordenadas geográficas: 39°07'20'' de latitud Norte y 0°26'56'' de latitud Oeste, su altitud media es de 21 metros, pero no se trata de un terreno homogéneo, la cota más elevada tiene una altitud de 405 metros sobre el nivel del mar, presenta unas zonas montañosas el Reialenc y la Serratella que aíslan al municipio de la influencia del mar, además, el termino es atravesado de norte a oeste por el río Júcar.

Los datos se han obtenido a partir de la Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transport de la Generalitat Valenciana.

La Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transport de la Generalitat Valenciana cuenta con una aplicación informática llamada CLIMADAT que recoge datos desde 1961 hasta 2012, la base de datos de la cual se recoge el Atlas Climàtic de la Comunitat Valenciana y que recoge datos de precipitación, temperatura, radiación solar, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, evapotranspiración e índices climáticos.

Existen una serie de estaciones de control meteorológico dentro del municipio de Carcaixent que pertenecen a diversas entidades públicas principalmente la Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació y que se encuentra en la Estación Experimental Agraria del municipio.

El clima viene descrito por un conjunto de condiciones meteorológicas de una determinada zona. Los parámetros meteorológicos que se miden habitualmente son la precipitación, la temperatura, el viento, la humedad relativa y la radiación solar.

En el municipio de Carcaixent se ha de considerar también la incidencia de las lluvias intensas localizadas.

El clima del municipio de Carcaixent, es un clima mediterráneo, de tipo subhúmedo seco que se caracteriza por las precipitaciones de unos 700 mm, unas temperaturas alrededor de 17°C de media anual y una oscilación térmica de unos 12°C. Los inviernos no son muy fríos (11°C) y cortos, y desde mayo hasta octubre la temperatura esta alrededor de los 20°C. El mes más caluroso durante el día es julio, con muy poca diferencia con el mes de agosto.

El mes más frío es enero. Por la noche las temperaturas más suaves se dan en primavera y verano.

La precipitación acumulada anual media de Carcaixent para el periodo 1981-2011 es de 456,2 mm. Hay una media de 84,6 días al año de lluvias. Las precipitaciones máximas suelen tener lugar en el otoño (de octubre a diciembre), meses de máximos octubre y noviembre, seguidos por los meses de primavera marzo, abril y mayo pero con cantidades inferiores a las del otoño. Los meses de mínima son los del verano destacando el mes de julio como el mes más seco. La distribución mensual acumulada se puede consultar en las figuras siguientes.

La media de las temperaturas medias es de 17,6°C. El intervalo de variación va de 10,4-25,9°C. En la tabla siguiente se pueden consultar las temperaturas por meses y la media anual acumulada correspondiente al periodo 1981-2011.

La media de las temperaturas máximas para el periodo 1981-2011 es de 22,8°C, con un intervalo de variación de 30,8-15,7°C. El mes que presenta una media más alta de temperaturas es el mes de agosto con 30,8°C. La máxima temperatura registrada en este periodo es de 43,4°C.

La media de las temperaturas mínimas para el periodo 1981-2011 es de 12,4°C, con un intervalo de variación de 5,1-20,9°C. El mes que presenta la media más baja de las temperaturas mínimas para este periodo es en enero con 5,1°C, asimismo la temperatura mínima del periodo se registró en enero con -5,4°C.

Hay una elevada amplitud térmica. La oscilación térmica entre medias es de 15,5°C con un intervalo de variación de 10,4 a 25,9°C.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
T	10,4	11,4	13,5	15,6	18,8	22,7	25,5	25,9	23,1	19	14,3	11,2
TM	15,7	16,8	19,2	21,1	24,1	27,8	30,5	30,8	28	24,1	19,3	16,3
Tm	5,1	5,9	7,8	10	13,4	17,5	20,5	20,9	18	13,9	9,2	6,1
Ma	25,6	26,5	32,6	34,8	35,4	37,8	43,4	42,8	37,2	32,6	28,6	23,5
ma	-5,4	-2,8	-1,8	2,2	5,4	9,8	14,6	14,7	10	4,1	0,8	-4,3

Temperatura (°C). Periodo 1981-2011.

T: temperatura media.

TM: temperatura máxima.

Tm: temperaturas mínimas.

Ma: temperaturas máximas absolutas.

ma: temperaturas mínimas absolutas.

A continuación hablaremos del viento, en este apartado se muestran tres tablas de resultados del proceso de las series diarias de los datos del viento.

Sólo los observatorios de la red de primer orden del Instituto Nacional de Meteorología realizan este tipo de observaciones. Los cálculos se han realizado a partir de las observaciones efectuadas a las 7, 13 y 18 horas de rumbo y velocidad del viento, corresponden a las series de datos del observatorio de Manises durante el periodo 1981-2011.

También se ha utilizado la observación de ráfaga máxima diaria. Las tablas muestran valores de velocidad del viento en kilómetros por hora o de frecuencias de dirección del viento en porcentajes, ambos parámetros para cada una de las 16 orientaciones básicas de una rosa de vientos.

Las tablas mostradas son las siguientes:

o **Tabla de velocidades medias de viento.**

Esta tabla muestra los valores de las velocidades medias mensuales y anuales de viento correspondientes a una rosa de 16 direcciones, también a partir de las observaciones de las 7, 13 y 18 horas de modo conjunto.

o **Tabla de velocidades de las ráfagas extremas.**

Esta tabla muestra las velocidades extremas alcanzadas en la serie de ráfagas máximas diarias. Los máximos se muestran mensualmente para cada una de las 16 direcciones del viento.

o **Tabla de velocidad media de las ráfagas máximas.**

Esta tabla muestra los valores de velocidad media mensual resultantes de la media de las velocidades registradas como ráfaga máxima diaria. El cálculo se ha realizado independientemente por en cada una de las 16 direcciones del viento.

o **Tabla de frecuencias de dirección de las ráfagas máximas.**

Esta tabla muestra los valores de la frecuencia mensual y anual de las 16 direcciones del viento y la serie de datos de ráfagas máximas diarias.

o **Tabla de frecuencias de dirección del viento.**

Esta tabla muestra los valores de la frecuencia mensual y anual de las 16 direcciones del viento y de las calmas. Las frecuencias se han calculado a partir de las observaciones de

las 7, 13 y 18 horas de una de forma conjunta.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
N	22,7	20,2	25	21,9	15,8	11	10,8	13,7	14,3	19,1	22,4	23,2	19,5
NNE	14,3	15	16,9	16	11,5	15	12,5	14,3	9,5	13,7	16	15,2	14,6
NE	15,1	15,3	17,7	18,3	16,3	17,7	17,4	17,5	15,4	15	16,1	19,4	16,8
ENE	12,7	12,4	15,2	17,9	17,4	17,8	18,3	17,2	14,9	13,1	15,3	13,6	16,3
E	12,2	12,5	15,8	17,4	17,5	18,2	18,5	17,7	16	14,6	13,4	14,3	16,9
ESE	11	13,8	16,3	17,8	18,4	18,9	19,4	17,5	16	12	11,4	10	16,9
SE	9,7	11,7	14,6	16,9	18,6	18,6	19,2	18,2	16,4	12,5	12,7	11,9	16,6
SSE	9,3	11,9	15,6	16,3	17,4	16,9	15,1	17,2	15,6	13,2	11,9	9,5	14,7
S	13,2	13	12,3	16,7	15,3	18,2	16,1	14,8	15,3	13,5	10,8	12,4	13,6
SSW	15,4	16	17,1	9,3	17,3	16,3	13,3	11	18	11,5	12,5	14,5	14,4
SW	19,3	20,1	20,5	30,3	28	23,7	28,4	21,5	17,9	22,3	21,9	23,9	24,1
WSW	24,3	25,2	22,6	30,3	28	23,7	28,4	21,5	17,9	22,3	21,9	23,9	24,1
W	26,9	29	26,7	28,7	29,4	28,7	26	22,8	20,7	23,2	22,4	25,5	26,2
WNW	23,5	21,3	26,1	23,6	22,2	19	11,4	11,9	15	19,3	20,8	26,6	21,4
NW	20,8	20,4	19,7	19,6	15,4	12,7	11,6	12	11,5	15,3	17,6	18,2	16,7
NNW	20,6	21,2	26,4	22,9	16,6	10,6	11,5	12,5	12,8	21,1	20,7	20,1	18,5
Med	21,6	21,1	20,2	20,4	19,9	18,9	18	17,1	16,1	16,7	18,6	22	19,2
Max	26,9	29	26,7	30,3	29,4	28,7	28,4	22,8	23,2	23,2	22,4	26,6	26,2

Velocidades medias del viento (km/h)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
N	97	86	105	79	79	76	76	86	110	76	83	112
NNE	79	68	93	90	47	55	58	65	59	70	61	79
NE	90	65	104	109	95	70	65	94	72	110	83	86
ENE	101	65	72	65	76	79	64	72	63	71	90	65
E	36	42	53	68	80	70	72	67	54	81	48	68
ESE	32	40	56	67	79	61	52	45	54	43	80	79
SE	54	43	47	76	63	61	70	86	87	43	35	36
SSE	32	36	75	43	54	59	47	47	45	40	32	50
S	47	31	38	59	58	65	61	43	47	72	104	32
SSW	40	34	74	54	83	45	59	0	36	50	36	29
SW	83	79	58	79	76	71	85	67	47	95	69	97
WSW	95	120	104	103	95	112	65	119	68	124	87	119
W	127	133	121	104	109	88	83	74	97	103	113	148
WNW	153	131	112	99	104	85	68	90	94	118	112	110
NW	115	104	117	100	75	58	68	108	97	97	94	104
NNW	94	97	97	104	61	68	64	101	85	108	108	115
Max	153	133	121	109	109	112	85	119	110	124	113	148

Velocidades ráfagas de extremas de viento (km/h)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
N	57,7	50	54,2	55,6	49,2	46,2	59,3	58,4	57	47,1	47,5	48
NNE	49,7	41,3	53,2	49	37,6	42,3	37,2	43,3	44	35,2	40,6	39,3
NE	36,2	39,3	41,6	48,4	41,8	40,2	37,8	40,9	35,8	37	35,7	39,3
ENE	31,6	33,8	39,8	38,9	38,4	39,2	38	39,6	35,5	32,4	32,8	34,8
E	22,4	28,6	30,6	34,1	36,5	36,4	35,6	34,6	32,4	26,3	23,9	23
ESE	24,9	29,9	33,6	35,9	36,3	36,4	37,6	34,8	35,6	28,3	26,6	25,6
SE	21,6	25,9	31,8	36	37	31,8	35,6	35,5	33,1	26,5	22,4	21,2
SSE	21,3	28,4	34,5	34,5	37,4	38,2	39,7	34,8	32,9	28,4	23,5	28
S	32,7	22,9	35	38,2	38,9	34	46,1	40,5	40,6	29,5	48,7	23,8
SSW	29,3	21,3	52,3	54	48	37	59	0	32,5	50	31	22,8
SW	40,5	48,5	45	55,4	60,2	54,2	48	46	39,4	41,8	36,2	27,4
WSW	55,5	63,7	63,3	62,8	66	67,4	55,8	64,3	59,6	59,5	36,1	55,8
W	53,9	69,2	64,1	70	64,9	60,1	59,6	56,4	57,4	56,8	56,2	58,4
WNW	55,6	72,7	66,2	65,8	64,7	65,2	57,6	61,8	59	62,5	52,4	51,8
NW	41,8	49,4	54,6	53,3	49,7	40,9	63,7	53,7	49,1	35,6	34,3	31,4
NNW	42,3	58,8	62,7	64,1	44,9	54	48,4	66,8	50,6	49	50,4	43,9
Max	57,7	72,7	66,2	70	66	67,4	63,7	66,8	59,6	62,5	56,2	58,4

Velocidades medias de las ráfagas extremas de viento (km/h)

La ausencia de viento es quizás una de las características más destacadas del municipio. Los vientos suelen tener velocidades inferiores a 40 km/h. Las tablas anteriores hacen referencia a la velocidad más usual del viento en Carcaixent ya las velocidades de las ráfagas más intensas respectivamente. De las tablas se desprende que en el periodo evaluado las velocidades máximas se encuentran aproximadamente el umbral de 150 km/h.

Al observar el número de días que tienen la misma intensidad de viento, podemos ver que en el invierno, el otoño y el verano predominan los vientos flojos (15-17 km/h) y en primavera hay más días de viento un poco más fuerte (20-30 km/h).

En cuanto a las direcciones en las que suele soplar el viento, globalmente se desprende que predominan los vientos de componente oeste y suroeste, seguidos de los de componente norte.

A continuación, el factor climático a mencionar son las heladas. Desde el punto de vista meteorológico una helada se da cuando la temperatura desciende por debajo de 0°C, desde el punto de vista agrícola, se produce cuando las especies cultivadas padecen la acción de las bajas temperaturas durante un período determinado de tiempo en el cual se producen daños importantes sobre la cosecha y el estado de salud del vegetal, así pues, una helada cambia el intervalo de temperaturas atendiendo primero a la especie y después al estado

fisiológico en el que se encuentra la especie.

Debido a que Carcaixent es un municipio principalmente cítrico, para los cítricos podríamos situar las heladas alrededor de los -2 , -3°C .

Para que una helada se produzca es necesario la entrada de aire helado, de origen polar marítimo o continental que provoque una helada de la atmósfera, del suelo y de las plantas.

Hay dos tipos de heladas: las heladas de advección o heladas negras y las de irradiación o heladas blancas. En las primeras la masa de aire frío que penetra es muy baja y los daños se producen cuando empieza a disminuir el efecto positivo de la irradiación solar, es decir, desde que el sol se pone hasta que vuelve a salir, pueden ir acompañadas de viento y la irradiación nocturna del suelo no realiza un efecto modificador notable de la acción del frío, por la cual cosa los daños suelen ser importantes. Las segundas se producen cuando la temperatura del aire que penetra no es tan fría pero este enfriamiento del aire junto con la pérdida de calor por la irradiación nocturna del suelo acumulado durante el día, hace que las heladas se produzcan a las horas más cercanas a la salida del sol sobre todo si hay ausencia de viento y baja humedad, suelen estar acompañadas por hielo. En este caso las heladas pueden verse amortiguadas por las condiciones locales y la topografía del terreno.

De esta manera podemos concluir que los mapas que se han calculado para el riesgo de heladas corresponden fundamentalmente a las heladas de irradiación debido a que las de advección son difíciles de predecir y sus efectos no se amortiguan tan claramente debido a la topografía y la orientación del terreno.

La zona de Carcaixent es una zona de riesgo medio de heladas, presenta un riesgo variable pero en general tolerable por las variedades cultivadas.

Seguidamente, hablaremos de la humedad. Una masa de aire no puede contener una cantidad una cantidad ilimitada de vapor de agua. Hay un límite a partir del cual el exceso de vapor se licua en gotas. Este límite depende de la temperatura ya que el aire caliente es capaz de contener mayor cantidad de vapor de agua que el aire frío. Así, por ejemplo, 1 m^3 de aire a 0°C puede llegar a contener como máximo 4,85 gramos de vapor de agua, mientras que 1 m^3 de aire a 25°C puede contener 23,05 gramos de vapor de agua. Si en 1 m^3 de aire a 0°C intentamos introducir más de 4,85 gramos de vapor de agua, por ejemplo 5 gramos, sólo 4,85 rondarán como vapor y los 0,15 gramos restantes se convertirán en agua. Con estas ideas se pueden entender los siguientes conceptos muy usados en las ciencias atmosféricas:

- *Humedad relativa*: es el cociente entre la humedad absoluta y la cantidad máxima de agua que admite el aire por unidad de volumen. Se mide en tanto por ciento y está normalizada de forma que la humedad relativa máxima posible es del 100%. Una humedad relativa del 100% significa un ambiente en el que no cabe más agua. El cuerpo humano no puede transpirar y la sensación de calor puede ser asfixiante. Corresponde a un ambiente húmedo. Una humedad del 0% corresponde a un ambiente seco. Se transpira con facilidad.

La sensación de calor, no sólo depende de la temperatura sino de la capacidad del ser humano para transpirar. Esencialmente el proceso de transpiración es la evaporación del agua a través de la piel. Al evaporarse el agua, el cuerpo humano necesita suministrarle cierta cantidad de calor (llamado calor latente). Esta pérdida de calor nos hace sentir un cierto frescor.

La humedad relativa es una medida del contenido de humedad en el aire y, de esta forma, es útil como indicador de la evaporación, transpiración y probabilidad de lluvia convectiva. No obstante, los valores de humedad relativa tienen la desventaja de que dependen de la temperatura del momento.

- *Humedad de saturación*: es la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener un metro cúbico de aire en unas condiciones determinadas de presión y temperatura.
- *Humedad absoluta*: es la cantidad de vapor de agua por metro cúbico que contiene el aire que estamos analizando.

El vapor que se encuentra en la atmósfera procede de la evaporación del agua de los océanos, de los ríos y lagos y de los suelos húmedos. Que se evapore más o menos depende de la temperatura y del nivel de saturación del aire, pues un aire la humedad relativa del mismo es baja puede admitir mucho vapor de agua procedente de la evaporación, mientras que un aire próximo a la saturación ya no admitirá vapor de agua por muy elevada que sea la temperatura.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
7 h	80,7	79,7	77,4	74,6	72,4	71,8	72,3	76,2	78,8	81,7	81,8	80,8	77,3
13 h	56	54,1	51,2	53	56,4	55	55,5	58,3	56,8	56,8	57,9	57,1	55,7
18 h	70,9	65,2	61,9	62,3	62,1	62,2	63,3	68,1	69	72	74,5	73	67
Media	69,2	65,2	61,9	62,3	62,1	62,2	63,3	68,1	69	72	74,5	73	67

Humedad Relativa (% del punto de rocío). Período 1981-2011

Podemos observar como las medias de la humedad relativa durante los meses de verano llegan a ser altas superando el 70% de humedad relativa, la cual cosa, nos indica que la sensación de calor tal y como explicábamos anteriormente hace que sea mayor.

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
7 h	5,9	6,2	6,5	7,9	9,9	12,7	15	15,5	13,3	10,2	7,7	6,2	9,7
13 h	6,9	7	7,5	8,4	10,5	13,3	16,3	17,2	14,9	11,6	8,9	7,3	10,8
18 h	7,3	7,4	7,8	8,8	10,7	13,6	16,7	17,8	15,7	12,5	9,5	7,6	11,3
Media	6,7	6,9	7,3	8,4	10,4	13,2	16	16,8	14,6	11,4	8,7	7	10,6

Humedad Absoluta (mm de Hg de tensión de vapor). Período 1981-2011

Para finalizar con los factores climáticos queda hablar de la Insolación directa, se ha medurado directamente y los resultados se pueden observar en la tabla siguiente:

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
168,1	162	206,1	214,2	255	283,2	312,6	276	236,5	199,5	159,5	161,2	2633,8

Horas de insolación directa en media mensual y anual. Período 1981-2011

Se puede observar que los valores medios mensuales de Carcaixent son de 219,5 horas/mes y que recibe una insolación anual de 2633,8 horas.

Sin embargo, los datos más negativos al respecto son las pocas horas de sol durante los meses de más frío (menor irradiación solar) alrededor de 160 horas.

4.5. VEGETACIÓN

Con la finalidad de entender mejor las peculiaridades florísticas de Carcaixent es conveniente hacer una breve introducción de algunos conceptos botánicos.

En primer lugar hay que hablar de la Corología, que es una rama de la Biogeografía que estudia los patrones de distribución de las especies y comunidades y tiene por objetivo definir unidades biogeográficas, áreas definidas por poseer una serie de comunidades y especies.

La Biogeografía establece cuatro niveles básicos: Reino, Región, Provincia y Sector.

Cada una de ellas son unidades territoriales continuas y normalmente se delimitan en base a los endemismos que contienen (ya se trate de endemismos a nivel de familias, géneros o especies).

En general se diferencian seis reinos de flora i vegetación:

- Holártico.
- Paleotropical.
- Neotropical.
- Capense.
- Australiano.
- Antártico.

Toda Europa pertenece al reino Holártico. En nuestro contexto, dentro de este reino se diferencian dos regiones, la Eurosiberiana y la Mediterránea, con una clara diferencia: la Mediterránea padece una sequía estival que no se da en la Eurosiberiana, marcando drásticamente las características de la vegetación.

El territorio valenciano se engloba por tanto en la Región Mediterránea, subregión Mediterránea occidental y se reparte entre tres provincias: Valenciano-Catalano-Provenzal, Castellano-Maestrat-Manchega, y la Murciano-Almeriense.

Pero con el fin de dotarnos con los instrumentos necesarios para la comprensión de la vegetación, es conveniente hablar también de la Bioclimatología, ciencia que estudia la relación existente entre los seres vivos y el clima. Se diferencia de la climatología en que utiliza parámetros y unidades que están relacionadas y definidas por las especies y la biocenosis, es decir, con significado biológico.

Los factores climáticos que más influyen sobre las comunidades vegetales son la precipitación y la temperatura. En función de la primera definimos los ombroclimas, y la segunda define los termoclimas.

La temperatura cambia con la altitud (también debido a situaciones microclimáticas propiciadas por la orografía i otros), por eso en cada lugar el relieve hace que aparezca una zonación altitudinal de la vegetación, debido principalmente al progresivo descenso de la temperatura con la altitud (termoclima).

De esa manera, a modo que vamos subiendo en altitud vamos pasando por diferentes intervalos térmicos nombrados “pisos” bioclimáticos que llevan una vegetación propia asociada. Para la Región Mediterránea, que es en la que se incluye la Comunidad Valenciana, se distinguen cinco pisos bioclimáticos.

ESTATGE	T (°C)	m (°C)	M (°C)	It
Inframediterráneo	>19	>10	>18	>470
Termomediterráneo	17 a 19	5 a 10	14 a 18	360 a 470
Mesomediterráneo	13 a 17	-1 a 5	8 a 14	200 a 360
Supramediterráneo	8 a 13	-4 a -1	3 a 8	70 a 200
Oromediterráneo	4 a 8	-7 a -4	0 a 3	-30 a 70
Crioromediterráneo	<4	<-7	<0	<-30

T: temperatura media anual.

m: media de las mínimas del mes más frío.

M: media de las máximas del mes más frío.

It: índice de termicidad ($It = (T+m+M) 10$).

Pero en el territorio valenciano no aparece ningún territorio con termoclina criomediterráneo u oromediterráneo, sólo se da en los puntos más elevados y fríos del Penyagolosa y Turó Calderón (Rincón de Ademúz).

Por otro lado, dentro de cada piso se pueden dar diferencias en la vegetación, según el ombroclima que aparezca. Es decir, que dentro de un mismo piso climático se pueden considerar distintos ombroclimas, la cual cosa determinará vegetaciones diferentes.

En la Región Mediterránea se consideran seis ombroclimas:

OMBROCLIMA	P (mm)
Árido	< 200
Semiárido	200 a 350
Seco	350 a 600
Subhúmedo	600 a 1000
Húmedo	1000 a 1600
Hiperhúmedo	>1600

Se puede ver como domina el ombroclima seco y subhúmedo. El semiárido aparece en las comarcas de más al sur, y localmente también en algunos puntos del interior, mientras

que el húmedo aparece en puntos de la Safor y el Maestrat.

Carcaixent posee un índice de temicidad de 367 y por tanto corresponde a un termoclina termomediterráneo inferior (muy cerca del mesomediterráneo), y ombroclima subhúmedo (679,9 mm anuales de precipitación).

Por todo esto, podemos decir que La Ribera pertenece a la provincia Valenciano-Catalano-Provenzal, y dentro de ésta al Sector Setabense. Con un termoclina termomediterráneo y ombraclima subhúmedo, su vegetación corresponde a la Clase *Quercetea ilicis*.

Dentro de ésta clase diferenciamos por un lado el Orden *Quercetalia ilicis*, que son las encinas, las carrascas y los alcornoques; y por otro lado el Orden *Pistacio-Rhamnetalia alaterni*, que agrupo a las coscojas y los lentiscos que forman la vegetación permanente de las crestas y espolones, o etapas de sustitución de los carrascales y encinares, incluso representando la vegetación potencial en los territorios más meridionales del territorio valenciano.

La vegetación corresponde a la serie termo-mesomediterránea setabense y valenciano-tarraconense seco-subhúmedo basófilo de la carrasca *Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae sigmetum*.

Esta serie pertenece a la clase *Quercetea ilicis*, orden *Quercetalia ilicis*, alianza *Quercu rotundifoliae-Oleion sylvestris*, la cual presenta como elementos diferenciadores frente a otras alianzas de *Quercetalia ilicis* taxones termomediterráneos termófilos como *Chamaerops humilis*, *Ceratonion siliqua*, *Olea europea* subsp. *Sylvestris*, *Osyris quadripartita*, etc.

Referente al orden *Oleo sylvestris-Ceratonion siliquae* dentro de este grupo aparecen en el área de estudio la serie de *Quercu cocciferae-Pistacietum lentisci*, serie termomediterránea setabense i valenciano-tarraconense semiárida-seca de *Pistacia lentiscus* (*Quercu cocciferae-Pistacio lentisci sigmetum*), que actúa como vegetación potencial en las solanas más secas y soleadas y como etapas de sustitución de los bosques mediterráneos de *Quercetalia ilicis*.

Finalmente aparecen los brotes de romero *Helianthemum cinerei-Thymetum piperellae*.

Contrariamente a esta descripción, está la escuela de autores catalanes (Bolòs, 1967; Folch, 1981) que consideran que las formaciones boscosas que pudieran aparecer o haber existido en la Ribera serian en realidad poblaciones finícolas de enzares localizados en los

suelos más profundos y húmedos, constituyendo una variante más termófila y seca de los encinares catalanes litorales.

Los encinares son las formaciones típicas de la encina *Quercus ilex subsp ilex* que se extiende por las tierras litorales desde Barcelona hasta los Pirineos, buscando climas no continentales y húmedos. Hacia el interior peninsular, con climas continentales y contrastados se forman los carrascales, típicos de las tierras interiores peninsulares.

De acuerdo con esta escuela, los carrascales del interior del territorio valenciano son penetraciones de los carrascales continentales manchegos de los pisos mediterráneos. Mientras que en las zonas termomediterráneas valencianas sólo aparecen, en los lugares más favorables como barrancos con suelos húmedos y frescos.

De acuerdo con ésta línea que algunos autores defienden hablar de la existencia de la serie mesomediterránea catalana de la encina *Viburno tini-Quercetum ilicis* dentro de la alianza *Quercion ilicis*. Estas formaciones son propias de las zonas meso-supramediterráneas de exigencias ombrófilas y oceánicas, y da lugar a la encina *Quercus ilex* y no a la carrasca *Quercus ilex subsp. Rotundifolia*. Eso quiere decir que junto con la carrasca también habríamos tenido la presencia de la encina.

La adscripción a una u otra escuela no es objeto de este trabajo ni considero que sea el lugar adecuado para debatir el tema. No obstante el estudio de las tierras de la Ribera y, por extensión, las de Carcaixent, podemos concluir que efectivamente nos encontraríamos delante de una vegetación potencial del carrascal termófilo, como así podría testificarlo la presencia de formas claramente pertenecientes a la carrasca *Quercus ilex subsp. Rotundifolia* que, de forma muy aislada y dispersa, aún aparecen. De la misma manera, la clara dominación de los coscojares podría ser debida a la antigua degradación de estas tierras (incendios, transformaciones agrárias, etc.)

Con todo esto podemos hacer una síntesis de la vegetación propia del área de estudio, enclavada corologicamente en la provincia Catalano-Valenciano-Provenzal, Sector Setabense, y dentro del piso termomediterráneo subhúmedo.

Serie de vegetación Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae sigmetum

CARRASCAL

Rubio longifoliae-Quercetum rotundifoliae

Quercus rotundifolia

Rubia peregrina

Osyris quadripartita

Rhamnus oleoides

Phillyrea angustifolia

Juniperus oxycedrus

Smilax aspera

Lonicera implexa

Clematis flammula

Chamerops humilis

En valles frescos y suelos profundos y frescos se enriquecen con *Fraxinus ornus*,
Hedera helix, *Pistacia terebinthus*.

COSCOJAR

Quercus cocciferae-Pistacietum lentisci

Quercus coccifera

Pistacia lentiscus

Chamaerops humilis

Ceratonia siliqua

Rhamnus alaternus

Daphne gnidium

Asparagus acutifolius

Smilax aspera

Rubia peregrina

Pinus halepensis

Olea sylvestris

Y en suelos frescos o sin sequía estival fuerte: *Myrtus communis*.

MATORRAL

Helianthemo cinerei-Thymetum piperellae (Rivas Goday 1958) Costa & Peris
1984.

Es la asociación propia del área de estudio y la más extendida en el sector
Setabense. Está caracterizada por:

Thymus piperella

Teucrium aureum subsp. *latifolium*

Helianthemum cinereum subsp. *rubellum*

Helianthemum marifolium

Otros elementos diferenciales de territorios como la Ribera:

Erica multiflora

Ulex parviflorus subsp. parviflorus

Thymelaea tinctoria

Anthyllis cytisoides

Globularia alypum

La Vegetación Climatófila

En nuestro recorrido hemos podido constatar la gran dominancia de los coscojares con lentisco (*Pistacia lentiscus*) y pino (*Pinus halepensis*), fenómeno que responde muy bien a la evolución de nuestros bosques después de reiterados incendios y distintas transformaciones y alteraciones del suelo. Así se puede ver en la Bossarta y el Realengo, y más recientemente también en la Serratella.

La Serratella presenta, sin embargo, características propias debido principalmente a la presencia de pies de carrasca (*Quercus ilex subsp. rotundifolia*), *Stipa tenacissima*, *Cistus albidus* y *Cistus salviifolius* como elementos dominantes, junto a una importante población de *Pinus halepensis* que, tras los últimos incendios aparece muy ampliamente representado a través de multitud de Pinetons. De forma menos abundante también aparecen ejemplares de pino rodeno (*Pinus pinaster*), y algún pie de pino piñonero (*Pinus pinea*), así como poblaciones dispersas de *Lavandula stoechas*.

También es evidente la cubierta de musgos en los suelos recién quemados de La Serratella. Este hecho, sin duda poco valorado, puede tener una gran importancia en la defensa del suelo frente a la erosión y por tanto en la recuperación de la masa forestal.

Esta vegetación contrasta claramente con la que prolifera allí donde barrancos y umbrías proporcionan condiciones para el desarrollo de otras especies, como el Barranco de la Culantrillo, donde aparecen *Fraxinus ornus*, *Arbutus unedo*, *Hedera helix*, *Myrtus communis*, *Nerium oleander*, *Rubus ulmifolius*, *Viburnum tinus*, etc, todas ellas especies de mayores requerimientos hídricos.

En resumen, de las 2.703 hectáreas de suelo forestal que tiene Carcaixent (el 45% de la superficie total del término), la distribución por tipo de vegetación es la siguiente:

- 83% Matorral y matorral arbolado. Realengo, Bossarta, etc.
- 16% Matorrales.

- 15% Cubiertas dominadas por pinos (*Pinus halepensis* mayoritariamente, con algunos rodales de *Pinus pinea*). Acceso al Realengo desde el casco urbano, Plan de Galiana, Barranco Ancho, Serratella, y también el Tossal.
- 2% Vegetación de ribera y barranco. Río Júcar, Barranco de Barxeta, Barranco de la Falzia, etc.

La Vegetación de Ribera

En cuanto a las tierras bajas, las riberas, allí debemos hablar del dominio de los bosques de galería. Se trata de bosques con una clara zonación, que desde el borde hacia el interior estructurarán así:

Saucedas

En contacto directo con la ribera y el agua. Son formaciones dominadas por *Salix eleagnos*, *Salix purpurea*.

Choperas

Aparece el *Populus alba*, acompañado por un estrato herbáceo donde destaca *Vinca difformis*, *Solanum dulcamara*, *Hedera helix*, *Rubus spp.*, Etc. También es posible encontrar especies como *Crataegus monogyna*.

Omedas

Forman la banda más externa, ya en contacto con la vegetación climácica, si bien todavía necesitan suelos profundos y húmedos. Están dominadas por *Ulmus minor*, árbol al que acompañan otras especies como *Rubus spp.*, *Crataegus monogyna*, *Hedera helix*, *Acanthus mollis*, en las zonas donde la vegetación arbolada ha desaparecido entran los juncos y el heno.

Pero, si la montaña presenta una vegetación claramente influenciada por las alteraciones antrópicas, en los ríos y riberas esta situación presenta su máxima expresión. Los fértiles suelos ribereños carcaixentins, al igual que los del resto de la comarca, han sido transformados en cultivos por todas partes.

Este hecho ha cambiado radicalmente su fisonomía original. Los barrancos y ríos apenas presentan comunidades vegetales originarias. Cultivos y formaciones nitrófilas sustituyen olmedas, choperas y saucedas.

Pese a esto, aún se pueden encontrar representaciones dignas de los bosques riparios. Así, en el Barranco de Barxeta y puntos del río Júcar observan choperas de *Populus alba* con algunos fresnos *Fraxinus angustifolia* y pies aislados de olmos *Ulmus minor*.

Acompañando el estrato arbóreo aparecen otras especies como la vinca (*Vinca difformis*), la zarza (*Rubus ulmifolius*), *Dorycnium rectum*, etc. En el resto de tramos dominan especies como *Arundo donax*, *Rubus ulmifolius*, etc. favorecidas por la acción antrópica.

4.6. FAUNA

En este apartado se pretende dar una visión general de la fauna que se puede encontrar en el término de Carcaixent. Las características del trabajo no permiten un tratamiento sistemático del tema, por lo cual se presta atención a aquellos aspectos más relevantes.

Un grupo faunístico a menudo infravalorado es el de invertebrados. Destaca por su interés económico el grupo de los artrópodos, y dentro de él aquellos que son plagas de los cultivos (insectos y ácaros); bien conocido es el impacto adverso sobre el sistema natural provocado por los tratamientos biocidas utilizados en el control de plagas y enfermedades de los cultivos.

Son suficientemente familiares las mariposas de diversos tipos, como la mariposa de la col (*Pieris brassicae*), y otros habitantes de la vegetación autóctona como la mariposa reina (*Vanessa atalanta*) o Vanessa del cardo (*Cyntia cardui*).

Hay cientos de especies de coleópteros, llamados escarabajos de forma genérica. También tenemos las sociales hormigas y las trabajadoras abejas, que junto a las avispas forman la Orden Himenópteros de gran interés ecológico. Durante la primavera y el verano son frecuentes las libélulas a las balsas y lugares con agua, siendo la especie más grande la libélula (*Anax imperator*), sin olvidarnos de otra libélula más pequeña, la *Sympetrum fonscolombei*.

Los anfibios y reptiles están representados por Sapo común (*Bufo bufo*) que cuando se molesta alza las patas de atrás, baja la cabeza y se hincha, simulando ser mayor de lo que es, el Sapo corredor (*Bufo calamita*), el Sapo moteado (*Pelodytes punctatus*), la Rana común (*Rana perezi*), que tiene el dorso de colores verdes y amarillos, es de costumbres totalmente acuáticos, y sus larvas llamadas "Cucharones" presentan una larga cola, y la rana más pequeña (*Alytes obstetricans*).

Entre reptiles destacan: la Víbora (*Vipera latastei*) de cabeza triangular y veneno peligroso, la Serpiente verde o carrasqueña (*Malpolon monspessulanus*), la Serpiente

Pardalero (*Elaphe scalaris*), la Serpiente de agua (*Natrix maura*) que se encuentra en las acequias donde a veces también se encuentra la Serpiente de collar (*Natrix natrix*), entre las lagartijas, antes muy abundantes y ahora más escasas, destacan la Lagartija común (*Podarcis hispanica*), la cola - larga (*Psammmodromus algirus*) y la cola - roja (*Acanthodactylus erythrurus*), las salamanquesas (*Tarentola mauritanica*) que comen insectos en las farolas en las noches de verano, y el Lagarto ocelado (*Lacerta lepida*) el representante más grande de este grupo.

Las aves representan el grupo más abundante de vertebrados de la comarca, y tenemos especies permanentes y otros que nos visitan una época al año o que están de paso hacia zonas de invernación o de cría.

Entre las aves de presa, se pueden ver buitres (*Gyps fulvus*), algún aguilucho lagunero (*Circus SSPP.*), Algún ratonero (*Buteo SSPP.*) y águilas (*Hieratus SSPP.*, *Aquila chrysaetos*), es más frecuente el vuelo sostenido de los cernícalos (*Falco tinunculus*), aunque el cernícalo primilla (*Falco naumanni*) está en la lista de especies en peligro de extinción, no es difícil ver algún halcón peregrino (*Falco peregrinus*).

Entre las aves de presa nocturnas se pueden descubrir lechuzas (*Tyto alba*) y búhos (*Asio SSPP.* Y *Athene noctua*).

En general las aves de presa, tanto nocturnas como diurnas, han reducido mucho su presencia, ya que al ser el escalón más alto de la cadena alimentaria notan rápidamente el descenso en el número de capturas cuando los roedores o las aves insectívoras disminuyen debido a la aplicación de biocidas en los campos. También hay que recordar la persecución sufrida a manos de los cazadores que las han considerado competidoras para su actividad.

Entre las gallináceas, en las montañas se encuentran con frecuencia perdices rojas (*Alectoris rufa*) tras los incendios.

Habitantes de los ambientes acuáticos de los barrancos son las pollas de agua (*Gallinula chloropus*) y las fochas comunes (*Fulica atra*).

Era frecuente el desconfiado paloma torcazo (*Columba palumbus*) de aleteo rápido y ruidoso, y la tórtola salvaje (*Streptopelia turtur*).

Entre las aves más vistosas destaca la abubilla (*Upupa epops*) de cresta grande, los abejarucos (*Merops apiaster*) de colores brillantes y el martín pescador (*Alcedo atthis*) que viven junto al agua pescando. Antes eran mucho más abundantes las golondrinas (*Hirundo SSPP.*) con sus nidos de arcilla y los vencejos (*Apus SSPP.*), todas ellas aves insectívoras muy beneficiosas.

Aves de campo y montaña son las lavanderas (*Motacilla SSPP.*), los ruiseñores (*Luscinia SSPP.*), los mirlos (*Turdus merula*), los tordos (*Turdus SSPP.*), y numerosas especies de mosquiteros. Para terminar nos queda el grupo de los fringílidos, aves con el pico robusto adaptado a romper semillas entre las que tenemos también las aves apreciadas por su canto, como el pinzón (*Fringilla coelebs*), el verderón (*Carduelis chloris*), el jilguero (*Carduelis carduelis*), el verdecillo (*Serinus serinus*), el lúgano (*Carduelis spinus*) y el pardillo (*Carduelis cannabina*). Entre las aves más adaptadas a convivir con el hombre tenemos el gorrión (*Passer domesticus*), así como numerosas especies domésticas o asilvestradas como tórtolas turcas, palomas, loros y cotorras.

El último grupo de fauna son los mamíferos. En primer lugar conoceremos los mamíferos omnívoros, los más pequeños son los ratones, topos y musarañas, así podemos encontrarnos con facilidad con la musaraña común (*Crocidura russula*) o la enana (*Suncus etruscus*), el ratón será seguramente el común (*Mus musculus*), en los árboles encontraríamos el lirón común (*Eliomys quercinus*), aunque los más abundantes son las ratas, la rata común (*Rattus norvegicus*) y la rata campestre (*Rattus rattus*), cada vez es más difícil encontrar la rata de agua (*Arvicola sapidus*) desplazada por las especies más cosmopolitas. El jabalí (*Sus scrofa*) es el mamífero más grande de la comarca, no es fácil de ver ya que tiene costumbres nocturnas y es muy arisco.

Entre herbívoros destaca el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) que es el mamífero típico del mediterráneo, vive en grupos familiares y tiene las orejas más cortas que la liebre (*Lepus granatensis*), ambas son especies cinegéticas apreciadas. Entre los depredadores que se alimentan de presas vivas tenemos en primer lugar al erizo (*Erinaceus europaeus*) insectívoro solitario y de hábitos nocturnos que tiene los pelos transformados en púas.

Un grupo de gran interés son los quirópteros, donde encontramos los murciélagos, de las cuales tenemos diversas especies, todas ellas de gran interés ya que son insectívoras muy efectivas como: la rata penada común (*Pipistrellus pipistrellus*), la montañosa (*P. Sabio*) y la de cola larga (*Tadarida taeniotis*). Está en peligro de extinción el murciélago de herradura (*Rhinolophus mehelyi*).

El depredador más polivalente es el zorro (*Vulpes vulpes*) perfectamente adaptado a convivir cerca del hombre donde encuentra el complemento alimenticio que necesita. El papel de predadores también lo hacen perros y gatos asilvestrados.

4.7. PROPIEDAD Y GESTIÓN DE LOS MONTES

La superficie forestal total en España cubre 22.755.067 has lo que representa el 45% del territorio. Su distribución es la siguiente:

- 10,6 millones de has de bosques, de las que 8.8 has son explotadas regularmente y 1.8 has de forma no regular.
- 0.6 millones de has de superficie complementaria del bosque, que comprende superficies no productivas pero necesarias como pistas forestales, cortafuegos, depósitos de madera, edificios auxiliares de la explotación así como viveros que sumados a los primeros conforman la superficie boscosa total de 11.2 millones de has, con el 22% de territorio nacional.
- 2.5 millones de has de otras superficies arboladas, que comprende formaciones arboladas inferiores a 0.5 has así como terrenos arbolados abiertos con una cobertura inferior al 10%.
- 9 millones de has de arbustos y matorrales.

Según el tipo de propiedad la superficie forestal se clasifica en montes del Estado y de las Comunidades Autónomas con un 6%, montes de Utilidad Pública en las Entidades Locales con un 24%, montes particulares de propiedad privada con un 66%.

La propiedad privada está muy dividida, estimándose en cinco millones de propietarios con un tamaño medio de 3 has por propiedad.

Esta distribución de la propiedad forestal hace imprescindible contar con los propietarios de nuestros montes estableciendo medidas de fomento, ayudas e incentivos a la conservación y mejora de los mismos así como desarrollar la participación de los vecinos mediante programas socioeconómicos.

El Estado puede establecer con carácter básico los aspectos relacionados con el régimen jurídico de la propiedad forestal, deslindes, ocupaciones y servidumbres con base en la competencia que tiene sobre la legislación civil en el artículo 149.1.8 de la Constitución.

La clasificación de los montes debe separar con nitidez los montes públicos de los montes privados atendiendo a su titularidad. Así, serán montes públicos los de personas jurídico públicas (Estado, Comunidades Autónomas, Ayuntamientos, Universidades) y serán

montes privados los de personas físicas o jurídicas privadas.

Dentro de esta clasificación inicial de la titularidad de su propietario, los montes públicos podrán ser de dominio público, patrimonial y comunal. Esta diferenciación afecta a su distinto régimen jurídico de protección y utilización.

Así, los montes de dominio público pueden estar afectados a un servicio público o a una utilidad pública y su régimen jurídico es de inalienabilidad, imprescriptibilidad e inembargabilidad. En este segundo caso, tendríamos los montes que se incluyen en el Catálogo de utilidad pública en atención a su diversa función protectora o de conservación.

Los montes patrimoniales son montes de las Entidades Locales, cuyo régimen jurídico aunque con limitaciones es similar al de un bien de propiedad privada, mientras que los montes comunales son montes de propiedad común germánica cuyo aprovechamiento corresponde al común de los vecinos.

Por otra parte, y en el otro extremo, se sitúan los montes de titularidad privada o montes privados, que constituyen el 66% del total, sobre los que es muy importante que la Ley establezca regulaciones, de una parte, en relación con la gestión sostenible y persistente de los aprovechamientos, como incentivos, ayudas y medidas de fomento.

Entre estos montes, existirán algunos de indudable valor ambiental que podrán ser declarados protectores con un régimen jurídico especial, que podrá llegar a la articulación de compensaciones económicas si se restringen de forma importante las facultades de uso y de aprovechamiento de los propietarios.

Insistimos en que es importante esta clasificación de los montes públicos y privados atendiendo a su titularidad porque, en ocasiones, el legislador puede tender a difuminar las diferencias de titularidad y de propiedad entre unos y otros provocando una grave confusión en su régimen jurídico y posibilitando una "expropiación encubierta" de las facultades de uso y disposición de los montes privados sin la adecuada compensación económica.

Esta situación produce siempre unos efectos contrarios no deseables además de una contravención a lo dispuesto por el Tribunal Constitucional en relación con el contenido esencial y respecto de la propiedad privada.

Es imprescindible que los propietarios y los vecinos de nuestros montes no vean el monte como un enemigo al que incendiar sino un amigo al que cuidar, donde se invierte dinero porque de él se pueden obtener, de forma complementaria generalmente, determinadas rentas que, excepcionalmente por sus valores ambientales, se pueden ver limitadas con las debidas compensaciones económicas. Aquí está la base de lo que debe ser

nuestra política forestal.

Las Leyes de las Comunidades Autónomas suelen iniciar el Título relativo al Régimen Jurídico de los montes con la clasificación de los mismos ésta clasificación se hace en todos los casos por razón de la titularidad, distinguiendo entre montes públicos y privados.

Son públicos los que pertenecen al Estado, a la Comunidad Autónoma respectiva y a las Entidades Locales u otros Entes de Derecho Público. Se consideran montes privados, los pertenecientes a personas físicas o jurídicas de Derecho Privado.

Los montes públicos podrán ser o no de utilidad pública. Son de utilidad pública los que hubieran sido objeto de declaración, o se declaren en lo sucesivo, por reunir características especiales que generalmente se precisan en la Ley. Los montes privados podrán tener o no el carácter de protectores.

Pero esta clasificación, que es general, no es la única que se hace en las distintas leyes. Algunas clasifican también los montes públicos en montes de dominio público, patrimonial y comunal, considerando que los primeros pueden estar afectados a un uso público o a un servicio público.

En el desarrollo de la Ley no suele tener demasiada trascendencia normativa esta clasificación, e incluso en alguna de ellas, se aprecia un cierto confusionismo entre dominio público, utilidad pública y montes catalogados.

Especial relevancia se da en estas leyes a los llamados montes protectores, considerando como tales los montes privados que por reunir determinadas características que se precisan, pueden obtener tal calificación.

Generalmente se atiende para otorgarle esta categoría a la prevalencia de las funciones protectoras o socioambientales que desempeñan, aunque alguna Comunidad atiende también a su superficie o incluso a sus características topográficas.

Estos montes están sujetos a un particular régimen jurídico, con importantes limitaciones que suelen compensarse con algún tipo de ayudas. Para estos montes suele crearse un registro o catálogo, con similares requisitos en su contenido al Catálogo de los de Utilidad Pública. Como para ellos, también los protectores están sujetos a derechos de tanteo y retracto a favor de la administración.

Por ejemplo, en la Ley de la Comunidad de Madrid se introducen otras dos categorías de montes: "montes protegidos" y "montes preservados". Se consideran montes protegidos los que forman parte de espacios naturales y se rigen por su legislación específica

y se consideran "preservados", los incluidos en las zonas declaradas de especial protección para las aves (ZEPAS).

La declaración, tanto de utilidad pública como de cualquiera de las otras categorías reseñadas, es competencia de los Consejos de Gobierno de las respectivas Comunidades Autónomas.

Todas las leyes a las que nos estamos refiriendo, dan un tratamiento normativo importante a los montes de utilidad pública y al Catálogo, regulando el régimen jurídico de aquellos y el funcionamiento y contenido de éste, aunque con distinta meticulosidad.

Para los montes de utilidad pública incluidos en el Catálogo, se mantienen las características que tienen en la legislación estatal, considerándolos como bienes imprescriptibles, inalienables e inembargables, recogiendo también las potestades de investigación, recuperación de oficio y deslinde que sobre dichos montes corresponden a la administración.

Alguna de estas Leyes, regulan minuciosamente cómo han de realizarse los expedientes para su declaración y desafectación o los expedientes de prevalencia y concurrencia, cuando alguno de estos montes se encuentra afectado por otros expedientes de los cuales puedan derivarse otra declaración de utilidad pública.

Generalmente se hace constar también que, estos montes deben ser considerados, en el planeamiento urbanístico de los municipios en que se encuentren situados, como no urbanizables de protección especial.

Alguna de estas leyes hace constar expresamente, que la prescripción adquisitiva de la propiedad de los montes públicos particulares será posible por la posesión de treinta años en las condiciones que se determinan.

La existencia del Catálogo de Montes de Utilidad Pública es recogido por todas las Leyes, pero el tratamiento que se le da en las mismas a este registro varía considerablemente, pues algunas regulan con minuciosidad reglamentaria su inclusión, características, contenido, ubicación de efectos, etc., mientras que otras hacen simplemente una referencia general a su contenido y efectos.

Lo mismo podíamos decir del deslinde de montes públicos, pues mientras la Ley de Andalucía, por ejemplo, le dedica diez artículos o la Norma Foral Vizcaína quince, en los que se precisan cuestiones tales como el contenido de los anuncios que han de publicarse o la obligación que corresponde al particular que los solicite de depositar el 50% del presupuesto, cuando se inicie a petición de parte interesada, la Ley Valenciana solo nos dice

que el deslinde y amojonamiento de los montes de propiedad pública, se efectuará por la propia administración de oficio o a instancia de propietarios colindantes, quienes deberán comprometerse a abonar su coste.

El régimen de los montes de propiedad privada no suele ser objeto de una regulación general previa en estas leyes, limitándose a constatar, con excepciones como Andalucía y Valencia, que la gestión de estos montes corresponde a sus titulares propietarios sin perjuicio de las facultades que la Ley o las normas que la desarrollen atribuyan a la Administración competente, o como hace la Norma Foral Vizcaína, precisando que " no estarán sujetos al régimen administrativo prescrito para los de utilidad pública y protectores", salvo en los casos en los que se declare su aplicación.

La ley Forestal de Cataluña crea un Centro de la Propiedad Forestal con la finalidad de ordenar la propiedad forestal y promover la conservación y mejora de los bosques y pastos de propiedad privada.

Es sin embargo importante destacar en este apartado el hecho de que la Ley de Andalucía dedique su art. 44 bajo el epígrafe "de los montes de los particulares", a regular las actuaciones de carácter obligatorio para los titulares de terrenos forestales particulares, considerando como tales:

- La ejecución de obras o cualquier otra actuación destinada a la prevención, detección o extinción de incendios, así como para la recuperación de las zonas incendiadas, que deberá iniciarse en todo caso en un plazo inferior a tres años.
- El sometimiento al régimen de autorización administrativa de cualquier tipo de aprovechamiento y comercialización de productos precedentes de áreas quemadas.
- El cumplimiento de instrucciones relativas al laboreo y conservación de suelos.
- El sometimiento al régimen de autorización administrativa para los cambios de cultivos, usos y aprovechamientos forestales.
- La obligación de notificar la transmisión de fincas forestales de más de 250 hectáreas y en los demás casos señalados en la legislación forestal.
- La de efectuar los tratamientos fitosanitarios que ordene la Administración forestal y notificar la existencia de plagas y enfermedades.
- La información y colaboración con la Administración forestal.

Dicho artículo dispone igualmente que en los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales, podrán contenerse además otras acciones obligatorias tales como:

- La repoblación forestal.
- La regulación o limitación de los trabajos o aprovechamientos forestales del pastoreo o de la caza.
- La agrupación de predios forestales.
- El establecimiento de convenios o consorcios de carácter forzoso.

La Ley de la Comunidad Valenciana, bajo la notación "Del Estatuto del Dominio Forestal" dedica todo su Título V, a regular el contenido de la propiedad forestal y los deberes específicos de los titulares de estos terrenos.

Características de la propiedad foresta en Carcaixent

La propiedad forestal en Carcaixent está caracterizada por el predominio de la particular frente a la pública. Se han diferenciado dos grandes unidades, la de la Serratella, aislada del resto, y la mayor de las dos, conocida como la Sierra de Carcaixent.

La Sierra de Carcaixent implica a 123 (se han excluido las parcelas de propiedad municipal y las de propietario desconocido) propietarios se reparten más de 2.400 hectáreas del total de las montañas de Carcaixent. Para el presente trabajo se ha realizado una caracterización catastral de todas las zonas forestales. Estos 123 propietarios se reparten un total de 240 parcelas, algunas de las cuales no son completas, sino que son parciales. Los 123 propietarios, 103 son propietarios de una sola parcela, mientras que los 20 propietarios restantes tienen más de una parcela, acumulando un total de 158 parcelas de catastro. A continuación se definen la tipología de las parcelas y sub parcelas inventariadas.

TIPOS DE VEGETACIÓ	Parcelas	PORCENTAGE (%)
Parcelas Completas	152	57
Parcelas parciales	4	2
Sub parcelas completas	103	39
Sub parcelas parciales	2	2
TOTAL	261	100

Tipología de las parcelas forestales

PROPIETARIO	Parcelas	PORCENTAGE (%)
Propietario unitario (una sola parcela)	103	39
Propietario múltiple (más de una parcela)	137	53
Municipal	8	3
Desconocido	13	5
TOTAL	261	100

Tipología de la propiedad forestal

Hay que destacar que en la principal zona forestal de Carcaixent, la distribución de la propiedad es escasa, dado el hecho de que la mayor parte del término está en manos de unos pocos propietarios. La siguiente tabla muestra la distribución forestal del número de parcelas de catastro por propietario, y solo se han destacado dos sociedades mercantiles que aglutinan buena parte del territorio. Aunque hay 155 parcelas en manos de propietarios particulares (personas físicas), la superficie que acumulan es muy inferior a la de estas dos sociedades. El grupo denominado otros incluye otras sociedades mercantiles, con un máximo de 4 parcelas a su nombre, una fundación y un club deportivo de tiro olímpico.

De las 261 parcelas del catastro, completas e incompletas que contienen terrenos forestales, 152 son completas, por lo que se puede utilizar la superficie catastral para hacer una estimación de la superficie que posee cada propietario.

En total, las parcelas completas del catastro representan una superficie de 1.738,76 hectáreas, por lo que, y como representa el 64% de la superficie forestal total, se considera una muestra suficientemente representativa.

Cabe destacar que entre tres propietarios (las dos sociedades mercantiles y un propietario particular acumulan aproximadamente el 82% de la superficie forestal. La situación es en la práctica de oligarquía, lo que queda evidenciada con estos datos. Cualquier planteamiento estratégico encaminado a la adquisición de terrenos, o de sus derechos de uso, así como futuras políticas municipales de gestión forestal estará relacionada indefectiblemente con esta caracterización de la propiedad.

PROPIETARIO	SUPERFÍCIE (Has.)	PORCENTAGE (%)
Realengo y Mas de l'Oli	703,13	40
Explot. For. Agric. Pec. Ala	380,61	22
Sancho Merle, Rafael	349,63	20
Desconocido	45,05	3

Municipal	44,37	3
Otros propietarios	215,97	12
TOTAL	1738,76	100

Superficie catastral por propietario

La Serratella representa una elevación muy pequeña del terreno ubicada en el extremo sur del término, y que solo representa unas 125 Has. del total, por lo que se ha evaluado como una unidad independiente. Sólo se ha obtenido documentación cartográfica del catastro de la zona por lo que ha sido imposible realizar el análisis exhaustivo que se ha hecho por el resto del término.

Además de la Cañada Real de las Montañas de Granada, o la Vía Augusta que transcurren por el término de Carcaixent, en los terrenos estrictamente forestales, cabe destacar otras cuatro vías pecuarias el dominio de las cuales es público, que en la Orden de 28 de noviembre de 1989, de la Consejería de Agricultura y Pesca, por la que se aprobaba la Clasificación de las Vías Pecuarias del término municipal de Carcaixent. El Cordel del Estrecho, con una longitud de 3.800 metros, tiene su origen en la Cañada Real de los Montes de Granada, que transcurre por el camino la Fuente, naciendo concretamente en el cruce con el Barranco de Paz, por el que transcurre atravesando toda la parte alta del término hasta llegar al Barranco de la civil por el cual conecta con el Barranco del Estrecho. A pesar de no estar hecha la partición preceptiva para determinar los límites exactos, la legislación determina una anchura de 37,5 metros desde el eje. Del total, 3.155 metros están dentro de terrenos forestales.

La Vereda de las Casas de Alberola, con una longitud de 4.400 metros, nace en el cruce entre la carretera de subida al Plan y la urbanización "Los Amigos", de hecho, todo el camino de subida hasta el Huerto de Soriano, pertenece a la vereda. Una vez llega a este punto transcurre por el Barranco de Carcaixent, o Barranco de la Fuente de la Parra, hasta llegar a las Casas de Alberola, lugar donde nace la Vereda de Pla de Corral. La legislación establece una anchura desde el eje de 20 metros. La vereda del Pla de Corral tiene una longitud dentro del término de Carcaixent de 1.187 metros, y según su clasificación también se determina una anchura de 20 metros para la misma. Del total de la vereda de las casas de Alberola 2.510 metros, o de la del Pla de Corral su totalidad están dentro de montaña.

En la parte de la Sierra de las Agujas se localiza la Vereda de los Frailes que transcurre desde la Barraca de Aguas Vivas hasta la zona conocida como los Corvaxons y la Loma del Caracol a través del Barranco de la falsa. Tiene una longitud de 1.800 metros y su

anchura según la clasificación es de 20 metros. Del total, 1.700 metros están dentro de montaña. Así pues, y con los datos obtenidos se pueden determinar las siguientes consideraciones, siempre teniendo en cuenta que hasta que no se realiza el expediente de participación estos datos tienen carácter indicativo, siendo importante considerar que estos terrenos son de dominio público, aunque no están definidos con precisión.

Vía pecuaria (anchura)	Longitud (m)	Superficie pública (Has)
Cordell de l'Estret (37,5)	3.155	11,83
Vereda de les Cases d'Alberola (20)	2.510	5,02
Vereda dels Frares (20)	1.700	3,40
Vereda del Pla de Corral (20)	1.187	2,37
TOTAL	8.552	22,62

Es decir, el término municipal de Carcaixent cuenta con aproximadamente 23 hectáreas de terrenos de dominio público enmarcados dentro de las vías pecuarias. La situación real, como se ha podido comprobar en los trabajos de campo es que los trazados descritos originalmente por las vías se han visto reducidos sustancialmente en los terrenos agrícolas, no conservando en ningún caso la anchura reglamentaria, y han sido incorporadas a la red municipal de caminos. En la zona forestal senderos de diversas anchuras permiten todavía determinar de forma suficientemente exacta su recorrido. Aparte de ser de dominio público (propiedad pública), las vías pecuarias en los tramos de montaña conservan un elevado interés paisajístico.

Si se excluyen las vías pecuarias antes mencionadas, que no aparecen en el catastro como propiedad de la Generalitat Valenciana, pertenecientes al territorio de dominio público, cuya titularidad municipal de terrenos forestales se limita a la finca de la Bossarta y L'Hort de Soriano. Debe tenerse en cuenta que en el caso de la finca de Soriano, el total de la superficie mencionada no es forestal. Ambas parcelas forestales suman un total de 919.240 m² (91,92 Has.) Lo que supone un 3,40% del terreno forestal del término.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE RECURSOS

A continuación se describe la metodología seguida para la evaluación de recursos y la determinación de los costos de recolección de las diferentes biomásas (forestales y agrícolas), existentes en las comarcas.

En todos los casos, como herramienta de gestión, análisis y representación de datos se ha usado el software ArcGis, para la integración de las distintas bases de datos y capas de información gráfica en una ubicación geográfica conocida (datos georreferenciados).

5.1.1. BIOMASA FORESTAL

El estudio de la biomasa forestal se basa en la aplicación de bases de datos nacionales actualizados, como el Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3, 1996-2005), concretamente el de la provincia de Valencia, y el Mapa Forestal Español (MFE) de 2007. La información utilizada es la cantidad de pies mayores y menores por especie y estrato y área basimétrica, tal y como se describe más adelante.

El Mapa Forestal Español (MFE) suministra información a escala 1:50.000 sobre el estado de la cubierta forestal y se ha utilizado como base cartográfica para la estimación de la biomasa procedente del matorral. Para ello se ha utilizado digital del mapa suministrada por el Banco de Datos de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente.

La biomasa forestal (arbolada y de matorral) se cuantifica a partir de los trabajos de Montero et al., (2005) “Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles”

En cuanto a la terminología de la biomasa forestal es importante clasificarla en dos partes BFP y BFS:

Biomasa Forestal Primaria (BFP) es la fracción biodegradable de los productos

generados en los montes y que son procesados con fines energéticos.

Todo producto leñoso extraído directamente de los bosques y terrenos boscosos (cortas, claras, podas...). Sin que hayan sufrido ninguna transformación (salvo el troceado específico para su transporte). En el caso de los bosques del sur de Europa, la BFP está formada por materias vegetales procedentes de las operaciones selvícolas siguientes; podas, selección de brotes, aclareos, cortas fitosanitarias y control de la vegetación espontánea. También se incluyen los restos de los aprovechamientos madereros, sean procedentes de cortas finales o de cortas intermedias, leñas provenientes de podas y material vegetal proveniente de cultivos energéticos, leñosos o herbáceos, instalados en terrenos forestales.

Hablamos de Biomasa Forestal Secundaria (BFS) cuando la primaria ha sufrido una transformación en la industria de la madera; serrerías, fábricas de celulosa, fábricas de tableros y contrachapado, carpinterías e industrias del mueble. También se incluye en este tipo de biomasa los restos de madera procedentes de otras actividades industriales (palés y embalajes) y residuos urbanos. Este tipo de biomasa es el que más demanda el mercado puesto que se encuentra concentrada en el lugar que se origina lo que reduce mucho los costes de reunión de la biomasa.

5.1.1.1. BIOMASA PROCEDENTE DE MATORRAL

Como consecuencia directa de una mayor incidencia de incendios forestales, la superficie ocupada por matorral en el Término Municipal de Carcaixent es mayor que la de cualquier otro estrato forestal y también mayor que la fracción de superficie ocupada por este estrato en otras zonas de Valencia. En concreto, la fracción de suelo ocupada por matorral en Carcaixent asciende a más del 35% del territorio. El matorral es, así, una fuente potencial del recurso de biomasa en la zona estudiada de primer orden de importancia, por lo que se ha considerado de gran interés su evaluación en este trabajo.

Según el Inventario Forestal Nacional, se consideran zonas arboladas aquellas cuya fracción de cabida cubierta del arbolado es superior al 5%. Las superficies cuya cubierta arbolada es inferior a dicho valor no son estudiadas en el IFN3. La única publicación a nivel nacional con información sobre la vegetación de terreno no arbolado es el MFE en el cual se han identificado las zonas desarbolada, lo que ha servido para estimar la cantidad de

biomasa potencial que se obtendría de dichas áreas. Esto ha sido posible ya que, a pesar de que la mayor parte de los datos que se recogen en el MFE son descriptivos, algunos, como el porcentaje de recubrimiento de la vegetación, permiten cuantificar en alguna medida la densidad de la vegetación.

En el caso de los matorrales (terreno forestal desarbolado) como formaciones arbustivas potenciales para la producción de biomasa se han seleccionado en este estudio aquellas cuyas sobrecargas en el MFE se indican en la tabla siguiente.

Código MFE Sobrecarga	Descripción	Altura matorral según MFE (m)	Altura matorral corregida (m)
1	Arbustedo o matorral arbustivo.	3 – 7	2
2	Matorral alto o subarbustivo.	1,5 - 3	1,5
3	Matorral medio.	0,5 – 1,5	1
26	Matorral arbustivo con herbáceas vivaces.	3 – 7	2
27	Matorral alto con herbáceas vivaces.	1,5 - 3	1,5
28	Matorral medio con herbáceas vivaces.	0,5 – 1,5	1

Descripción de las sobrecargas seleccionadas.

La sobrecarga describe el tipo de estructura actual de la vegetación y da una medida semicuantitativa sobre el tipo de cubierta de matorral y su altura. A partir de este campo se ha seguido el trabajo de Esteban et al. (2004) para corregir la altura de matorral que aparece en el MFE, correspondiente muchas veces a las de los arbolillos presentes en la tesela del mapa. Estas alturas corregidas aparecen en la tabla anterior. Las correcciones fueron definidas mediante visitas de campo a las diferentes sobrecargas consideradas.

Finalmente, a partir de los datos de altura y densidad de la masa, se ha estimado la biomasa potencial del matorral, aplicando los índices de conservación propuestos por Esteban et al. (2004).

Para calcular la cantidad de biomasa de matorral disponible se han aplicado las mismas restricciones descritas para la biomasa forestal, si bien en este caso se ha diferenciado.

Dado el escaso conocimiento sobre los métodos para la explotación sostenible del matorral, no se ha considerado como utilizable este tipo de biomasa.

5.1.1.2. BIOMASA PROCEDENTE DE CLARAS

Siguiendo la misma metodología que para la biomasa forestal arbolada, se calcula la biomasa procedente de las claras a realizar en aquellos estratos de coníferas que estén en estado latizal-fustal (estratos X). Por sus características, la mayor parte de la biomasa obtenida en esta operación podría tener un interés para otras aplicaciones distintas a las energéticas, principalmente para la industria del tablero y aglomerado y de fabricación de embalajes. No obstante, esta biomasa se ha considerado dentro de la biomasa utilizable para fines energéticos.

Para ello se ha calculado el volumen de madera que podría llegar a obtenerse al aplicar claras sobre los pies mayores, es decir, suponiendo que se extrajesen el fuste entero de árboles con diámetro superior a 7 cm. Se han aplicado las ecuaciones de Montero et al. (2005) de producción biomasa para el total de la biomasa aérea, es decir, el conjunto del fuste, ramas y ramillas y acículas.

5.1.2. BIOMASA AGRÍCOLA

La evaluación de la producción de biomasa residual agrícola en una zona se realiza generalmente a partir de índices empíricos establecidos que correlacionan, para un cultivo dado, determinados parámetros de dicho cultivo con la producción de residuos. Estos parámetros pueden ser la producción agrícola principal, la densidad y edad de plantación, en el caso de especies leñosas, etc. A partir de estos datos, obtenidos para el conjunto de cultivos de la zona de estudio y conociendo la superficies existentes de cada uno de ellos, se calcula la producción total de residuos. Estos parámetros pueden ser la producción agrícola principal, la densidad y la edad de la plantación, en el caso de especies leñosas, etc. A partir

de estos datos obtenidos para el conjunto de los cultivos de la zona de estudio y conociendo las superficies existentes de cada uno de ellos, se calcula la producción total de residuos desglosada por tipos. Este ha sido el método empleado en el presente estudio.

Para la estimación de la biomasa agrícola se han utilizado, por una parte, datos de superficies de cultivo en el ámbito municipal contenidos en las tablas estadísticas agrarias anuales para el periodo 1996-2005 facilitadas por el Ministerio de Agricultura y, por otra, datos medios de la producción agrícola en la comarca para el periodo 2003-2005, proporcionados por la Generalitat Valenciana.

Los índices de producción de residuos en relación con las de las correspondientes materias primas agrarias fueron obtenidos de distintas fuentes bibliográficas. En la tabla se indican los índices de conversión utilizados para la estimación de la biomasa residual, para los principales cultivos agrícolas de la zona.

La zona de estudio tiene un cultivo agrícola homogéneo (naranjos), lo que favorece y facilita la recolección de los residuos agrícolas.

5.1.3. BIOMASA DE CULTIVOS ENERGÉTICOS

Los cultivos energéticos son especies que se desarrollan con el fin de obtener biomasa o materias primas para producir biocombustibles. Pueden ser herbáceos o leñosos y, en general, se trata de especies de rápido crecimiento, pocas necesidades de cultivo y de alta producción. Los cultivos energéticos pueden introducirse en suelo agrícola o forestal y vienen a ofrecer una posibilidad de diversificación muy importante en ambos sectores.

Los cultivos energéticos son cultivos de:

- Plantas de crecimiento rápido destinadas únicamente a la obtención de energía o como materia prima para la obtención de otras sustancias combustibles.
- Alternativa energética muy reciente, centrada principalmente en el estudio e investigación del aumento de su rentabilidad energética y económica.
- Desarrollo paralelo de la correspondiente industria de transformación de la biomasa

en combustible con respecto al desarrollo de los cultivos energéticos.

- Discutida conveniencia de los cultivos o plantaciones con fines energéticos, no sólo por su rentabilidad en sí mismos, sino también por la competencia que ejercerían con la producción de alimentos y otros productos necesarios, (madera, etc.).
- El problema de la competencia entre los cultivos clásicos y los cultivos energéticos no se plantearía en el caso de otro tipo de cultivo energético: los cultivos acuáticos. Una planta acuática particularmente interesante desde el punto de vista energético sería el Jacinto de agua, que posee una de las productividades de biomasa más elevadas del reino vegetal (un centenar de toneladas de materia seca por hectárea y por año).
- Podría recurrirse también a ciertas algas microscópicas, que tendrían la ventaja de permitir un cultivo continuo.
- Se pretende con este tipo de cultivo el que mejor se acomode a las características del suelo y a las condiciones del lugar, intentando obtener la mayor rentabilidad económica y energética. Así, interesa conseguir un alto rendimiento en la transformación energética y una alta producción anual.
- Entre los cultivos energéticos destinados a la producción de biomasa distinguimos los cultivos productores de biomasa lignocelulósica, apropiados para producir calor mediante combustión directa en calderas. Son muy apropiados los cultivos de especies herbáceas, entre los que destaca el cardo. De estos cultivos, el cardo es el mejor adaptado a la climatología continental española. Tiene una alta productividad y sólo requiere la maquinaria agrícola de uso común. Evita la degradación de los suelos y reduce la contaminación por sus menores necesidades de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas.

Posibilidades de los cultivos energéticos

- Las previsiones del Plan de Fomento elevan a 3.350 ktep la contribución, en energía primaria renovable, de los cultivos energéticos, situando entre 800.000 y 1 millón de ha, la superficie necesaria para el cultivo de especies con fines energéticos, al margen de la superficie agrícola para usos tradicionales.

- Entre las especies herbáceas lignocelulósicas, el cardo (*Cynara cardunculus* L.) parece ser la más prometedora para la producción de biomasa, por ser una especie de la región mediterránea bien adaptada a la climatología de la Península Ibérica. En los últimos años la caña de Provenza (*Arundo donax*), ya utilizada por la industria papelera, y la *Brassica carinata*, han mostrado resultados prometedores para la producción de biomasa.

Potencial del cultivo en España.

La Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid elaboró un estudio para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) en el que se estima el potencial de distintos cultivos, el cardo entre ellos, en las distintas comunidades autónomas. El estudio se basa en las llamadas "Unidades de Producción de Biomasa" (UPB), es decir, superficies geográficas de un radio máximo de 30 km, donde se pueda destinar a la producción de cardos un 10% de la superficie agrícola dedicada a cultivos de secano, y donde esa producción tenga un contenido energético mínimo de 20.000 toneladas equivalentes de petróleo (tep). Este sería el combustible que necesita una central de 8 MW durante un año. La misma energía que acumulan 74.627 toneladas de cardo. Además del cardo, en cada UPB se aprovecharían para la producción de electricidad los residuos agrícolas generados en el 50% de la superficie agrícola.

A partir de aquí habría que tener en cuenta que el rendimiento medio calculado en España sería de 16,93 toneladas de biomasa de cardo por hectárea, con máximos en Navarra, donde se llegaría a las 22,02 toneladas, y mínimos en Castilla-La Mancha, con 14,78. Atendiendo al concepto de UPB, la superficie que podría dedicarse a la producción de cultivos energéticos sería de 942.353 hectáreas y la biomasa de cardo producida alcanzaría algo más de 4 millones de tep. A lo que habría que unir 4,8 millones de tep procedentes de residuos agrícolas potencialmente utilizables. Por tanto, las tierras de secano en España podrían generar, entre cultivo de cardos y residuos agrícolas, cerca de 9 millones de tep.

En este estudio se ha realizado una evaluación del potencial de los cultivos energéticos en tierras agrícolas en el municipio de Carcaixent, en base principalmente a los datos sobre la superficie agrícola que está siendo abonada.

No obstante y debido a que la introducción de los cultivos energéticos en la zona

requeriría de estudios previos de viabilidad asociados a un programa de demostración, el potencial estimado no se ha tenido en cuenta en el cómputo de biomasa utilizable para su uso a corto plazo.

5.1.4. USOS ACTUALES DE LA BIOMASA EN ESPAÑA

La Biomasa es una de las alternativas más empleadas en el uso de energías renovables, encontrándose la materia prima presente en todo el mundo, siendo más útil de lo que la humanidad se imagina, este tipo de energía supone un aprovechamiento de recursos que son propios, y que podemos obtener de los residuos forestales generados durante la limpieza de los bosques, dado que los bosques son la fuente más importante de bioenergía renovable.

Entre las aplicaciones más comunes o empleadas con la biomasa, destacan las aplicaciones térmicas con producción de calor y agua caliente sanitaria, encontrándose en un nivel menor la producción de electricidad y cogeneración. Según la Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM), en la producción térmica destaca por potencia las instalaciones industriales, donde se encuentran más kW instalados debido al uso de calderas de mayor potencia (potencia media de 350kW por unidad), siguiendo un mayor uso el número cada vez mayor de instalaciones en el ámbito doméstico en el usos calderas o estufas individuales (potencia media 55kW por unidad) y en menor medida se encuentra el sector público (ayuntamientos, polideportivos, colegios, etc) cuya calderas tienen unos 300 kW de potencia media.

Los recursos potenciales de biomasa calculados en España, según el Plan de Energías Renovables (PER) se sitúan en torno a los 19.000 ktep, de los cuales, más de 13.000 ktep corresponden a biomasa residual y casi 6.000 ktep a cultivos energéticos. En la actualidad, la biomasa alcanza el 45% de la producción con energías renovables en España, lo que equivale al 2,9% respecto del total de consumo de energía primaria incluidas las convencionales.

Por otra parte, según datos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), en España existen unos 18,57 millones de hectáreas de superficie forestal, lo que convierte a nuestro país en el cuarto de Europa con mayores

recursos forestales después de Suecia, Finlandia y Francia.

Donde aproximadamente dos tercios de los bosques españoles son propiedad de dos millones de propietarios, otro 30% pertenece a los municipios y un 4% a las comunidades autónomas. Además, el 25% de esos bosques son espacios protegidos.

Y donde el 88% de la superficie forestal de España tiene como función principal la protección contra la erosión del suelo y la desertificación, así como la regulación del ciclo hidrológico. Siendo el 12% restante, bosques productivos que suministran gran parte de la madera en rollo que consume España.

Por lo que desde Ingenieros y Energía nos planteamos dada la cantidad de superficie forestal existente en España, el aprovechamiento de los residuos forestales generados durante la limpieza de los bosques, así como la reutilización de las maderas recicladas en procesos industriales existentes. La necesidad de potenciar y desarrollar actividades que a la vez que respetan el medio ambiente, contribuyan a una mayor sostenibilidad, como puede ser la implantación de plantas de biomasa a nivel de aplicaciones térmicas o en aplicaciones eléctricas o de cogeneración, a nivel nacional como sudamericano e intentando concienciar al consumidor final (técnico de la administración, industrias, instituciones de investigación, arquitectos, administradores de fincas, etc.) y en particular a la ciudadanía en general, para promover el uso de la biomasa como fuente de energía doméstica e industrial. Y os recomendamos que cualquier duda y consulta sobre la generación de energía a través de la biomasa os pongáis en contacto con Ingenieros y Energía, que cuenta con expertos y asesores en el tema.

5.2. DEFINICION DE LOS PROYECTOS

5.2.1. CRITERIOS GENERALES

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los objetivos principales de este estudio es la definición de proyectos industriales viables para la movilización de los recursos de biomasa en el municipio considerado. Según se ha indicado en apartados anteriores, la biomasa disponible a corto plazo es la forestal, excluido el matorral, y la

agrícola, por lo que los proyectos evaluados están basados exclusivamente en este tipo de biomasa.

En la definición de un proyecto de biomasa en una determinada zona es esencial optimizar los costes a los que la biomasa llega al sitio o sitios de demanda. Para ello, en primer lugar, un aspecto que suele ser de gran importancia es la identificación de los puntos o áreas alrededor de los cuales exista una mayor cantidad de biomasa considerada, la distribución de los costos de extracción en la zona de estudio. Mediante la superposición de las distribuciones de ambos parámetros se pueden obtener aquellos puntos o áreas en los que el aprovisionamiento de biomasa puede hacerse a menor coste.

Los principios descritos han sido los seguidos en este estudio para determinar la localización de los posibles proyectos.

Para la ubicación definitiva de las posibles instalaciones de biomasa también se ha tenido en cuenta la cercanía a centros de población, acceso a la red eléctrica y agua, existencia de posibles infraestructuras a las que se les va a suministrar la energía, vías de comunicación, etc.

5.2.2. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MÁXIMA CONCENTRACIÓN DE BIOMASA

Para determinar estas áreas, una vez cuantificado el recurso disponible y obtenida la distribución del mismo (mapa de biomasa disponible) en el municipio se ha procedido a la selección de alternativas de determinación de los puntos alrededor de los cuales hay mayor concentración de biomasa.

Para ello se ha realizado un análisis de vecindad con el programa ArcGis con el que se ha efectuado la suma de producciones que hay alrededor de cada punto o píxel entorno a un radio fijo alrededor del mismo.

Este análisis de vecindad se ha realizado utilizando una malla de 100 metros de lado, equivalente a la superficie de una hectárea, evaluándose la vecindad en t ms/año alrededor de los puntos de malla.

5.3. FUENTES Y EXTRACCIÓN DE LA BIOMASA

En este apartado vamos a caracterizar la biomasa presente y a determinar unas unidades de extracción de biomasa más o menos homogéneas que nos servirán para hacer comparaciones cualitativas entre municipios y para localizar mejores zonas de extracción.

La zona que nos ocupa presenta una alta cantidad de biomasa natural debido al potencial de regeneración de la misma, al abandono de numerosas fincas y gran cantidad a su vez de biomasa procedente de restos o residuos de las actividades ganaderas, agrícolas y forestales.

De la clasificación de la biomasa apuntada más adelante, es la biomasa seca sobre la que se centrará el informe sin olvidar que existe también en la zona una producción de biomasa húmeda que requiere de otros trabajos específicos.

Esta biomasa seca una vez extraída de su ambiente necesita unos tratamientos previos a su utilización en forma de astilla o pelets, en caso de que su destino sea el de la producción de calor.

Como paso intermedio por ejemplo está el secado, que puede ser forzado lo cual implica consumo de energía, o natural. Para el secado forzado sería interesante estudiar la combustión de la propia biomasa recogida de menor calidad.

Sin embargo, es la recogida de la biomasa el punto débil de su proceso de explotación ya que si bien hay numerosas actividades que la generan residualmente, hay maquinaria que permite una rápida obtención (desbrozadoras, etc.), el transporte para su astillado o almacenaje supone unos tiempos y consumos que determinarán la viabilidad de la actuación. De ahí, que sea muy importante determinar radios de distancias entre la extracción, transporte y almacenaje para el secado o transformación y que la planificación sea muy concienzuda al respecto.

Tras una breve aproximación a los tipos de biomas presentes en el territorio se exponen las diferentes situaciones susceptibles de generar biomasa aprovechable, las características sobre el territorio, sus ventajas e inconvenientes y finalmente las unidades de biomasa que nos servirán para calcular el potencial de biomasa del municipio.

5.3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA BIOMASA

El concepto de biomasa ha sido definido de diferentes formas. A continuación se exponen algunas:

El Consejo Mundial de la Energía define biomasa como la masa de materia orgánica, no fósil, de origen biológico. La Unión Europea en sus diversas directivas de fomento de las energías renovables define biomasa como la fracción biodegradable de los productos, residuos de la agricultura y ganadería, residuos forestales incluidos sus industrias, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales. La definición propuesta por la Especificación Técnica Europea CEN TS 14588 es la de todo material de origen biológico excluyendo la materia incluida en las formaciones geológicas y transformadas fósiles.

El potencial energético de la biomasa, como el de cualquier otro combustible, se mide en función del poder calorífico del recurso, o bien, en función del poder calorífico del producto energético resultante de su tratamiento. A modo de ejemplo, la tabla siguiente recoge el poder calorífico inferior, para distintos contenidos de humedad, de algunos de los recursos de biomasa más habituales.

Hablando en términos medios, el poder calorífico inferior (PCI) de la biomasa permite obtener aproximadamente 15000 kJ/kg (equivalente a poco más de 3500 kcal/kg y a 4 kWh/kg), el PCI del gasóleo es de 42000 kJ/kg y el de la gasolina es de aproximadamente 44.000 kJ/kg. Es decir, por cada tres kilogramos que no se aprovechan de biomasa, se desperdicia el equivalente a un kilogramo de gasolina. En la actualidad esto ocurre muy a menudo, la biomasa se elimina sin aprovechamiento por las molestias que produce y los obstáculos que ocasiona en las labores en las que se genera.

Producto	P.C.I (Kj/kg) con humedad h%					
	H%	P.C.I	H%	P.C.I	H%	P.C.I
Leñas y ramas forestales	0	19.353	20	15.006	40	10.659
Serrines y virutas	0	19.069	15	15.842	35	11.537

Orujillo de la oliva	0	18.839	15	15.800	35	11.746
Cáscara de almendra	0	18.559	20	16.469	15	15.424
Cortezas coníferas	0	19.437	20	15.257	40	11.077
Cortezas frondosa	0	18.225	20	14.087	40	9.948
Poda de frutales	0	17.890	20	13.836	40	9.781
Paja de cereales	0	17.138	10	15.173	20	13.209
Vid (sarmientos)	0	17.765	20	13.710	40	9.656
Vid (ramilla de uva)	0	17.263	25	12.331	50	7.399
Vid (orujo de uva)	0	18.894	25	13.543	50	8.193

Poder calorífico inferior de diversos productos

Existen numerosas fuentes de biomasa en función de su procedencia, de los usos a los que se destine, etc. Vamos a referirnos en todo momento a la biomasa presente en la zona de estudio para ir concretando su caracterización.

Según sus orígenes se pueden englobar en:

- ❖ **Biomasa Natural:** la producida directamente por la naturaleza sin intervención del hombre. Es abundante pero presenta inconvenientes.
 - Gestión complicada que puede entrar en conflicto con intereses ecológicos.
 - Baja rentabilidad teniendo en cuenta que suele ocupar lugares de difícil acceso.
 - Es difícil cuantificar su volumen salvo situaciones más favorables como asociada a vías de comunicación.
- ❖ **Biomasa residual seca:** restos secos fruto de las actividades agrícolas, ganaderas, forestales o de la industria de transformación de la madera. La generación de residuos aprovechables es consecuencia inherente a la principal de ahí que lo interesante sea plantear la recogida de forma paralela y coordinada.
- ❖ **Biomasa residual húmeda:** restos húmedos de actividades ganaderas, industria agroalimentaria. Necesita de procesos que como mínimo aborden el secado y el control de las concentraciones de distintas sustancias, lo cual implica mayores costes de procesado, sin embargo la recogida es mucho más

fácil y el volumen de residuo más predecible.

- ❖ **Cultivos energéticos:** lignocelulósicos forestales, lignocelulósicos herbáceos, cultivos tradicionales, cultivos oleaginosos. Supone la principal fuente de biomasa para actividades que consuman gran cantidad de ella en forma constante.

Según el tipo de actividades generadoras de residuo aprovechable en la reserva encontramos un catálogo amplio de situaciones de las cuales obtener biomasa:

- Biomasa procedente de labores forestales: ramas y ramillas sobrantes, cortezas, hojas, tocones, raíces, etc.
- Biomasa procedente de labores agrícolas: restos de poda de viñedos y frutales, paja, restos de tallos de cultivos textiles u oleaginosas, etc.
- Biomasa procedente de labores ganaderas: camas, purines, etc.
- Biomasa procedente del procesado de la madera: serrín, viruta, despojos, etc.
- Residuos urbanos: sólidos y aguas residuales, etc.
- Cultivos energéticos

Para terminar esta caracterización general, según los usos para los que se destine la biomasa se puede obtener:

- Bioalcoholes por fermentación de biomasa azucarada como la caña.
- Bioaceites por transformación de sustancias oleaginosas como la soja.
- Electricidad a través de distintos procesos como la gasificación.
- Calor a través de la combustión directa o indirecta.

Como ya se ha expuesto anteriormente se descarta la utilización de residuos húmedos originados en explotaciones agropecuarias, los residuos sólidos urbanos o aguas residuales por ser procesos que exceden el ámbito de aplicación de este trabajo por la complicación de los procesos posteriores a su recogida para su valorización.

Respecto a los cultivos energéticos tampoco se plantea su uso directamente ya que al fin y al cabo lo que se plantea es el aprovechamiento de los restos o residuos que redunden en una correcta gestión territorial en el ámbito agrario o forestal fundamentalmente de cara a la conservación y recuperación de paisaje, de la propia explotación de los recursos madereros, de devolver funcionalidad a determinados espacios, de protección frente a

incendios forestales, etc., y no acciones exclusivamente dedicadas a la generación de biomasa como conlleva la gestión de los cultivos energéticos.

Sin embargo se apunta en qué manera y situaciones sería apropiado el uso de determinados cultivos de recuperación o protectores con aprovechamiento paralelo de parte de la biomasa.

En lo relativo a la capacidad de extracción del recurso de biomasa, como ya se ha apuntado en diversas ocasiones, hay factores limitantes que pueden llevar a hacer totalmente inviable el aprovechamiento. La mayor o menor capacidad de generación de biomasa de un ambiente o actividad primeramente dependerá de:

- La especie.
- La edad o estado de la masa.
- El diámetro en caso de especies arbóreas.
- La altura en caso de especies herbáceas o arbustivas.
- Densidad de vegetación.

Y de cara a la viabilidad de la recogida y extracción, además:

- La pendiente del territorio.
- Los accesos.

Vamos a incluir en este grupo toda biomasa que no ha sido transformada por el hombre, aquella sobre la que se actúa directamente y no secundariamente a modo de gestión como un determinado residuo.

No se contemplan las intervenciones directas sobre el territorio para la extracción de biomasa con la única finalidad de la propia extracción ya que toda retirada de restos vegetales debe estar sujeta a estrictos criterios técnicos que aseguren la minimización de riesgos ecológicos derivados de su retirada. En este sentido, las actividades que impliquen actuaciones sobre la vegetación que lleven a su eliminación y retirada deben estar justificadas por el beneficio ambiental que generen.

Se propone por tanto la retirada de biomasa natural en los siguientes casos generales:

- **Biomasa asociada a vías de comunicación:** vegetación de cuneta y la

inmediatamente asociada a las bandas paralelas a la vía para favorecer el tránsito, recuperar las vías de comunicación o para reducir el peligro de incendios asociado a los lugares transitados.

- **Acondicionamiento y protección de espacios:** cuando se hace necesaria la retirada de vegetación colonizadora de lugares en abandono que quieran ser recuperados, vegetación competidora del arbolado o por acumulación de combustible peligroso por incendios, actuaciones de mejora de hábitats, etc.

Por tanto, los criterios más en detalle que se deben cumplir para abordar estas acciones pasan por proporcionar beneficios de índole ecológica o socioeconómica que justifiquen las actuaciones. Estos criterios pueden ser:

- Necesidad de retirada de biomasa para abrir espacios dedicados al pasto allí donde tradicionalmente se destinaba.
- Necesidad de abrir pastos para favorecer el pasto natural que favorezcan a determinadas especies de fauna autóctonas y la diversificación de hábitats con fines conservacionistas.
- Necesidad de desahogar la zona para evitar la pérdida de ejemplares arbóreos concretos.
- Necesidad de conducir el desarrollo vegetal y pasar del monte bajo al alto.
- Eliminar la continuidad vertical y la cantidad de combustible de zonas con peligro de incendios.
- En caso de las vías de comunicación se hace aconsejable actuar en fajas eliminando la vegetación con el fin de disminuir la conductividad horizontal y la cantidad de combustible en caso de incendios.
- En caso de la vegetación de cuneta, se recomienda su retirada para disminuir igualmente el peligro de incendios, favorecer el tránsito y la capacidad de evacuar agua.

A continuación se analizan aspectos relacionados con la biomasa procedente del manejo que el hombre hace de los recursos, en este caso fruto de la actividad agrícola.

Toda actividad agrícola genera residuos en mayor o menor medida valorizables. Algunos de ellos ya se vienen usando como alimento para el ganado por ejemplo, pero otros son directamente abandonados o eliminados en la finca a través del fuego.

Los restos de cultivos de cierta entidad y con posibilidades de valorización presentes en la zona son:

- Restos de poda de naranjos.
- Restos de podas de frutales.

Las situaciones más viables son las que tienen que ver con los cuidados habituales de la zona. Se trata de un residuo muy atractivo en cuanto a cantidad ya que sometido su manejo a un adecuado calendario de intervenciones puede asegurar un suministro constante, sin dejar a un lado que la calidad de la biomasa es máxima.

Por tanto, esta es la situación ideal y para ello es necesario:

- Establecer acuerdos de gestión con los propietarios de este tipo de fincas.
- Elaborar un calendario de actuaciones a varios años con intervenciones cíclicas de mantenimiento de las masas y aprovechamiento del residuo.

Como resultado de esta gestión integral, se obtendrán recursos valorizables en cantidad y calidad previsible. Más adelante, en este mismo informe en los resultados se presentarán aquellos acuerdos obtenidos y las apreciaciones pertinentes.

Las labores forestales y de transformación de la madera generan mucha cantidad de residuo, el cual no está claramente gestionado, raramente con fines energéticos ya que suele abandonarse o, ya que el pliego de condiciones acerca de los trabajos lo exige, es eliminado a través del astillado in situ.

Las intervenciones de explotación en nuestros bosques, tanto en pinares, como en bosques de frondosas implican la movilización de maquinaria y mano de obra especializada con un volumen alto de actividad centrada en los productos tradicionalmente maderables. Tanto ramas, ramillas, trancos finales, etc., no tienen un aprovechamiento claro para esta industria pero constituyen un volumen muy alto y que ya está producido sobre el cual se hace necesario un manejo que evite su pérdida. Se plantea por tanto:

- Actuar paralela y coordinadamente a estas intervenciones por parte de empresas especializadas que recojan y astillen el residuo tras las intervenciones clásicas de tala, desrame y desembosque que dejan los residuos y buena infraestructura para acceder a ellos.

- Conseguir los acuerdos estratégicos que garanticen esta asociación como por ejemplo lo acordado con empresas como “Tragsa” que recogen el residuo generado tras sus intervenciones evitando que este sea desperdiciado.
- Esta simbiosis es muy atractiva con empresas encargadas de los trabajos de apertura bajo arbolado de fajas anti incendios ya que el residuo suele quedar agrupado y muy cerca de las vías principales de comunicación.
- En pinares, al no dedicarse estas masas a la producción de leña sino de madera, la asociación se formaliza con las empresas que realizan las labores selvícolas relacionadas con la explotación de la madera. Al ser masas considerables y con buenos accesos en general es una opción muy a tener en cuenta por su elevado volumen potencial.

Las mayores dificultades de explotación del residuo de biomasa en estos ambientes se derivan de la orografía y las fuertes inversiones en maquinaria si se quiere hacer un aprovechamiento integral.

Incluimos la biomasa proveniente de los propios procesos de transformación de la madera, ya no in situ, como en las serrerías, carpinterías, etc. Hay que tener en cuenta que el residuo generado en serrerías es de muy alta calidad ya que es homogéneo en tamaño y humedad, limpio de impurezas y suciedades y previsible en cantidad, por tanto muy codiciado de cara a su aprovechamiento.

5.3.2. CATALOGACIÓN DE LAS DISTINTAS FUENTES DE BIOMASA PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL

Este apartado tiene por objeto el hacer grupos homogéneos en cuanto a características de extracción o productividad de los distintos tipos de biomasa. Por ejemplo, el matorral se tratará como una unidad de biomasa independiente de los tipos de matorral u origen ya que salvo detalles en general la facilidad o dificultad de su aprovechamiento será similar.

Estas unidades de biomasa ocuparán una superficie determinada a nivel de municipio y globalmente y se les dará una valoración de mayor o menor importancia en cuanto a la capacidad de aprovechamiento de su biomasa. Esta importancia vendrá matizada por la

facilidad de acceso a ella en cuanto a la orografía que ocupa y las vías de comunicación que la recorren siendo los indicadores en este caso la pendiente y el número de kilómetros de vías transitables respectivamente.

Recordamos los ecosistemas y situaciones especiales generadores de biomasa vistos anteriormente:

1. Pastizales de alta montaña.
2. Matorrales de alta montaña.
3. Bosque de frondosas.
4. Matorral de sustitución del bosque de frondosas.
5. Bosque esclerófilo-dehesas.
6. Matorral de sustitución bosque esclerófilo.
7. Pastizales.
8. Bosques riparios.
9. Fresnedas.
10. Bosque alóctono: pinares y eucaliptares.
11. Vías de comunicación.
12. Cultivos.

Para la determinación de las unidades de biomasa hemos de añadir las zonas que consideramos sin producción de biomasa útil al estudio como son los núcleos de población. Todo ello se integrará en las unidades que presentemos a continuación:

1. Superficies artificiales como zonas urbanas, industriales, etc., junto con tierras de labor de secano y regadíos, prados y praderas, matorral y pastizal de alta montaña, láminas de agua computarán como superficie no generadora de biomasa aprovechable.
2. Vías de comunicación donde se establecerán dos metros a cada lado para calcular un área susceptible de ser valorizado para la extracción de su biomasa. Su valoración será baja ya que es la biomasa de peor calidad.
3. Cultivos asociados a un paisaje en mosaico, computará como superficie generadora de residuo agrícola más o menos interesante en función de su superficie total, accesos, pendiente, etc., estableciéndose su valor en cada caso.

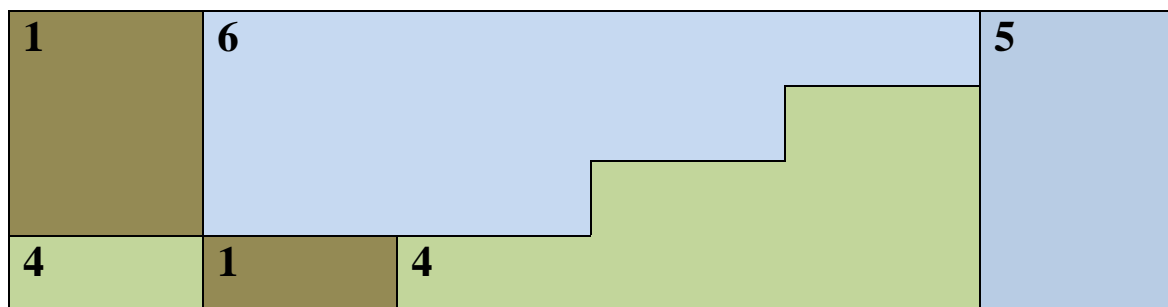
4. Matorral, tanto de sustitución de frondosas, de esclerófilas y marcescentes computará como superficie interesante por su abundancia. Su valoración será intermedia.
5. Zonas boscosas, tanto naturales como alóctonas (pinares) computará como superficie muy interesante de cara al aprovechamiento de una valoración intermedia alta.
6. Áreas agro-forestales en general, por su necesidad de manejo regular computará como la superficie más interesante de cara al aprovechamiento de biomasa.

En resumen:

UNIDAD	DENOMINACION	VALORACION
1	Sin biomasa	No considerado
2	Vías comunicación	Baja
3	Mosaico de cultivos	Intermedia alta
4	Matorral	Intermedia alta
5	Bosque	Alta
6	Sistemas agro-forestales	Muy alta

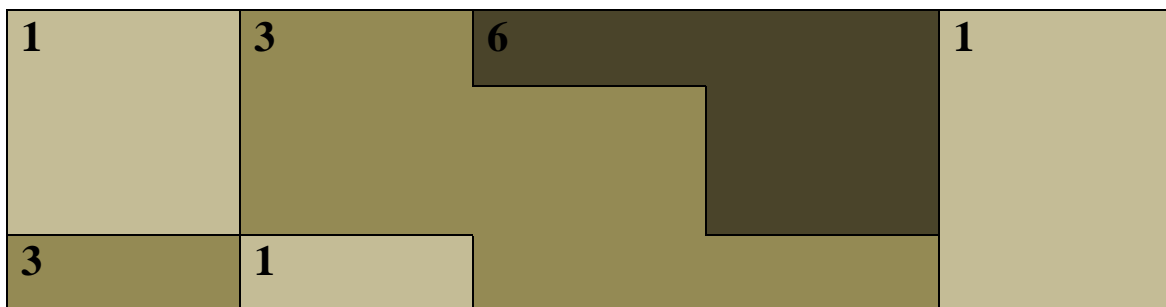
A modo de ejemplo:

Se representa un área sobre la que se determinan vía SIG la unidad de biomasa correspondiente a partir de los distintos usos del territorio. En función de la superficie que ocupe cada unidad y su valoración respecto al aprovechamiento de biomasa obtenemos un valor global para ese territorio. En este caso la valoración global sería alta por la abundancia de sistemas agroforestales y bosques.



- 1 – Sin Biomasa útil 15% no valorado
- 4 – Matorral 35% con valoración intermedia alta
- 5 – Bosque 20% con valoración alta
- 6 – Sist. agro-forestales 30% con valoración muy alta

Otro ejemplo:



- 1 – Sin Biomasa útil 40% no valorado
- 3 – Mosaico Cultivos 40% con valoración intermedia baja
- 6 – Bosque 20% con valoración muy alta

En este caso la valoración global es más bien baja, lo que no quiere decir que haya una zona con una valoración muy alta dentro de un territorio poco valorado.

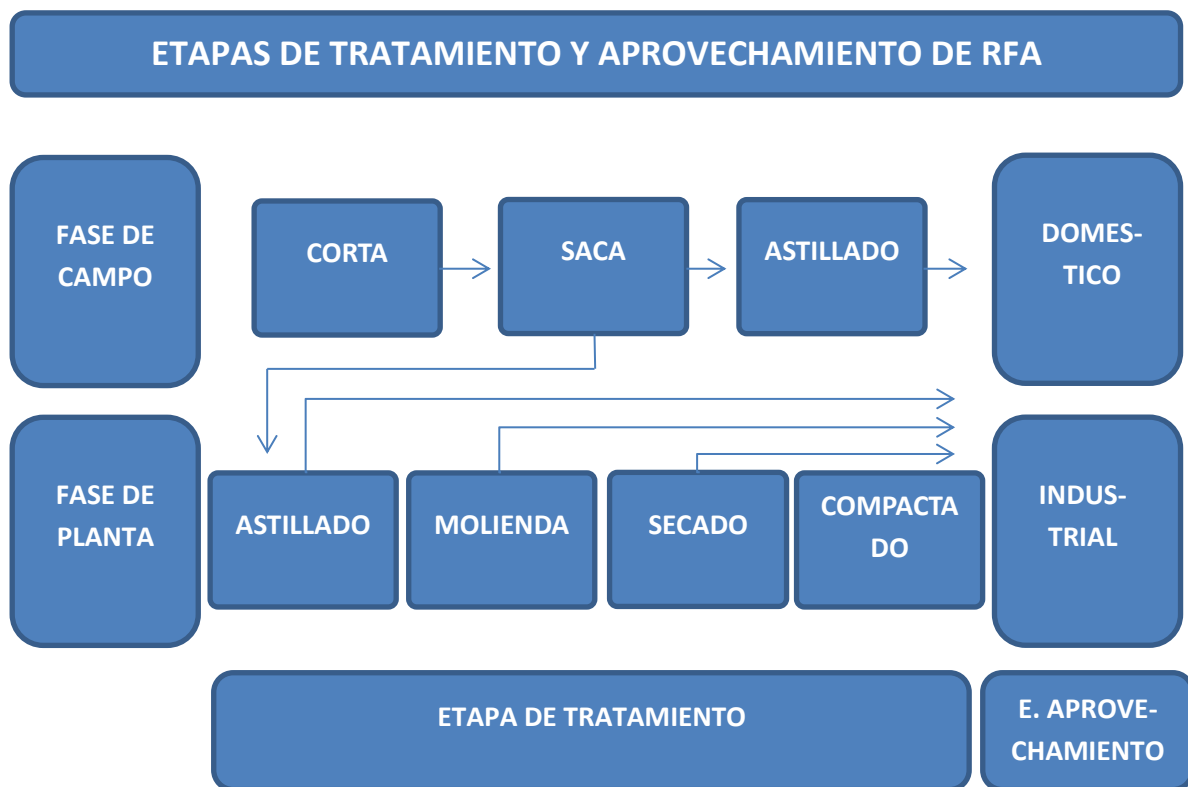
Es decir, obtenemos una idea general a nivel de municipio pero lo más interesante es que situamos y aportamos la superficie de las zonas mejores independientemente de esta valoración global del municipio.

5.4. ETAPAS DE LA BIOMASA

Tecnológicamente los procesos de tratamiento y utilización de los residuos forestales y agrícolas son procesos sencillos. Deben distinguirse dos etapas. La primera de ellas

consiste en la recogida y preparación, que suele denominarse de tratamiento y la segunda en la aplicación energética del combustible obtenido.

Respecto a la etapa de tratamiento, puesto que los residuos pueden tener diferentes procedencias y los productos obtenidos diferentes grados de elaboración, no en todos los casos el proceso que se describe a continuación debe realizarse completo. De manera general las actividades de tratamiento de los residuos se pueden dividir en dos fases.



La primera fase se desarrolla en el campo y comprende la corta, la extracción y el astillado.

Por corta se entiende la operación forestal o agrícola, que genera el residuo. Su justificación, por lo tanto, vendrá dada por criterios del cultivo y no por criterios energéticos. Esta operación no está mecanizada y para su realización se utilizan herramientas manuales tales como tijeras de podar, desbrozadoras, hachas, etcétera

Tras la corta se procederá a la extracción o retirada del material a lugares accesibles a los equipos que realizarán el triturado o astillado posterior. Para la extracción se utiliza maquinaria móvil que debe estar adaptada a las condiciones específicas de cada tipo de

cultivo o aprovechamiento concreto y suelen ser tractores con el implemento correspondiente, sarmentador hidráulico de una o dos cajas, autocargadores, etcétera. El astillado tiene como objetivo reducir el volumen de transporte y es la primera transformación para convertir el material en un elemento apto para su utilización posterior. Se puede realizar en el campo mediante equipos móviles o bien llevarlo a cabo en planta fija.

Respecto al triturado en campo existen tres tipos básicos de astilladoras móviles: arrastradas por tractor, sobre camión y autoalimentadas. Los rendimientos dependen, entre otros factores, de la forma de alimentación; ésta puede ser manual, con grúa o autoalimentada. Los rendimientos suelen oscilar entre 1Tn/h y 4Tn/h dependiendo de la maquinaria, el material y la forma de alimentación. La astilladora móvil es el equipo más específico en la fase de campo ya que en otro tipo de actividades suelen utilizarse trituradoras fijas.

La segunda fase se desarrolla en planta fija y su objetivo es transformar el material hasta conseguir un producto de las características físicas finales demandadas por el usuario. Además la planta de tratamiento tiene por finalidad regular el suministro, adaptando la producción y la demanda en el tiempo.

En líneas generales, las operaciones que se llevan a cabo son:

- Almacén de materias primas.
- Triturado.
- Molienda.
- Secado natural o forzado.

-Compactado, generalmente en forma cilíndrica en dos tipos de productos: granulado o pelletizado, con diámetro inferior a 2 cm. Briquetas, con diámetro superior a 2 cm.

En algunas ocasiones esta fase se reduce a un simple punto de almacenamiento intermedio.

Concluyendo podemos citar que el ciclo energético de la biomasa consta de una serie de fases entre las que se incluyen su recolección, transporte y almacenaje, previos a su

utilización en las instalaciones de conversión energética.

Por otra parte, a lo largo de la secuencia descrita, se hace necesario someter la biomasa a una serie de operaciones básicas (astillado, picado, secado, molienda, etc.) cuya finalidad es, por una parte, reducir los costes de transporte y almacenaje y, por otra, dotar al sustrato biomásico de las características exigidas, en cuanto a tamaño, humedad y homogeneidad de partículas, por las tecnologías de conversión empleadas en este caso. A continuación analizamos cada uno de estos procesos.

5.4.1. RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

En el aprovechamiento de la biomasa forestal residual se distinguen las siguientes fases, una vez realizados los trabajos silvícolas que dan lugar a los residuos:

- 1) Recogida y apilado del residuo forestal.
- 2) Acondicionamiento del residuo para su transporte.
- 3) Transporte y almacenamiento.

La situación de los residuos para su recolección o recogida depende básicamente del tipo o tipos de trabajos silvícolas que se han realizado (podas, claras, clareos, selección de rebrotes, limpieza, etc.) y de los medios y maquinaria que se han empleado. Asimismo, los medios de corta dependen no sólo de las labores realizadas sino también del tipo de vegetación existente, accesibilidad y pendiente del terreno. Las máquinas más utilizadas son procesadoras y motosierras manuales.

En la mayor parte de los casos los residuos quedarán extendidos de forma dispersa. Para optimizar la recogida de estos restos se hace necesaria la integración de las operaciones de recolección y concentración de los residuos.

Para la concentración de los residuos se pueden utilizar los siguientes métodos:

- *Con tractor autocargador.*

Utilizado en montes de buena accesibilidad, baja pendiente y superficie poco abrupta. El tractor autocargador se va desplazando por la parcela para la recogida y posterior

concentración de los residuos. Estos son apilados a los lados de la pista forestal en una zona de acopio o cargadero.



Autocargador recogiendo residuos forestales.

- *Con tractor de arrastre.*

Se utiliza en montes más abruptos con elevadas pendientes. La concentración de los materiales debe realizarse recurriendo a sistemas de extracción por cable. Los operarios, de forma generalmente manual, realizan la concentración de residuos atándolos al cable y arrastrándolos con el tractor hasta el lugar apropiado.



Tractor de arrastre.

- *Con caballería.*

En zonas de inaccesibilidad para las máquinas forestales, con pendientes superiores al 50 %.

- *Manuales.*

Por la acción exclusiva del hombre, en zonas especiales, como procedimiento auxiliar y complementario.

El uso de un método u otro depende fundamentalmente de las características del terreno, trabajo forestal realizado, el tipo de residuos generados y su situación posterior a las operaciones de corta.

Una vez el material está concentrado, el siguiente proceso es el del acondicionamiento del residuo para su transporte. La baja densidad aparente de la biomasa forestal residual dificulta y encarece su manipulación y transporte. Por esta razón, las tecnologías de recogida se basan en la formación de unidades de alta densidad mediante el astillado o la compresión de los residuos. Se distinguen básicamente tres opciones:

1) *Astillado con astilladoras transportables.*

Las astilladoras transportables son máquinas que van montadas sobre camiones, y realizan el astillado en una posición fija en la pista forestal. Con el empleo de una grúa de pinzas se colocan los residuos en la plataforma de alimentación. A medida que se va astillando, mediante un sistema de descarga continuo las astillas se depositan en contenedores de transporte independientes, que posteriormente, son transportados con camiones adecuados a la planta de aprovechamiento energético.



Astilladora transportable.

2) *Astillado con astilladoras móviles.*

Las astilladoras móviles son tractores capaces de desplazarse por el interior de las explotaciones hasta el lugar donde se encuentran los residuos, por tanto, no es necesario el

uso de tractor autocargador para una concentración previa. Se pueden distinguir una amplia gama de modelos en el mercado. Estas astilladoras poseen un depósito propio para el almacenamiento temporal de la astilla producida. Cuando este depósito se llena se procede a su vaciado en contenedores de acopio situados en las pistas forestales, por tanto la máquina debe interrumpir el astillado y desplazarse a distancias variables hasta los contenedores cada vez que termina un ciclo. Los contenedores se cargan en camiones para su transporte hasta planta.



Astilladora móvil.

3) *Empacado.*

Las empacadoras de residuos forestales son máquinas que permiten la compresión, enrollado y atado de los residuos formando balas o pacas cilíndricas de dimensiones establecidas.

El empacado resuelve problemas logísticos que el aprovechamiento de los residuos forestales plantea. El aumento de la densidad aparente de los residuos provoca la reducción de los costes de transporte, facilita la manipulación y optimiza el almacenamiento por tiempo indefinido.

Los residuos se concentran previamente mediante tractores autocargadores o de arrastre en los laterales de la pista forestal o en el cargadero, lugares accesibles para la empacadora. La alimentación de las mismas se realiza a través de una pinza adaptada propia de la máquina que deposita los materiales en el dispositivo de compresión, donde, tras el aumento de la densidad, los materiales quedan ligados mediante una cuerda plástica, formando las pacas con forma cilíndrica.

Las pacas son dispuestas, mediante la grúa de pinzas, en pilas, a la espera de un camión de transporte convencional a planta. Antes de su aprovechamiento energético, las pa-

cas son astilladas en astilladoras estáticas instaladas de forma permanente en la planta.



Empacadora forestal Valmet.

En cualquiera de los sistemas anteriormente mencionados, los residuos transportados a la planta de aprovechamiento se almacenan al aire libre en zona prevista para tal fin y antes de su utilización como combustible son sometidos a procesos de secado, astillado y molienda. Posteriormente, y dependiendo de la tecnología a emplear pueden ser sometidos a procesos de gasificación, combustión, etc.

Los sistemas de extracción expuestos anteriormente no son eficaces al 100 %, se producen pérdidas en la manipulación de los residuos por la variedad de formas y tamaños de éstos. Esto provoca que una gran cantidad de residuos se quede en el monte. No obstante, esto no es malo ya que los restos contribuyen con su descomposición al aporte de materia orgánica al suelo.

El tráfico y uso de maquinaria para extraer la biomasa forestal provoca la erosión y pérdida del suelo. Por ello, se han de utilizar técnicas apropiadas y minimizar los pasos de la maquinaria en pistas, calles, vías, etc.

5.4.2. ASTILLADO

El astillado de monte es un proceso mediante el que se consigue una primera etapa de reducción granulométrica, que permite obtener astillas (chips) con un tamaño máximo de partícula que posibilita el manejo, almacenaje, carga y transporte de los residuos de una forma técnicamente viable ya que, de otra forma, estos productos residuales serían

inmanejables utilizando métodos convencionales.

Los principales problemas durante esta etapa radican fundamentalmente en la dispersión de los 82 residuos, que hace difícil su concentración en puntos determinados, donde se realizan los trabajos forestales y que, en muchos casos, se generan en lugares de difícil accesibilidad, debido a las fuertes pendientes del terreno, características estructurales de éste y baja densidad de vías de saca, pistas, caminos forestales, cortafuegos y, en general, vías por las que se pueda acceder mediante maquinaria pesada hasta los puntos de concentración de esta biomasa residual forestal. Pero nosotros no tenemos dicho problema tan acusado al ser el terreno bastante accesible.

Por este motivo, los equipos de astillado existentes en el mercado mundial son de características muy variadas, de forma que para cada tipología de explotación se puede elegir entre equipos más o menos sofisticados, dotados de sistemas más o menos automáticos para realizar las diferentes fases de que consta el proceso de astillado (alimentación, trituración, recolección de astillas).

En este sentido, podemos distinguir 3 tipos de equipos de astillado de monte. En primer lugar, tenemos las Astilladoras Móviles, que son arrastradas mediante tractores forestales y accionadas desde la toma de fuerza de éstas. Estas astilladoras son capaces de llegar hasta lugares de difícil acceso, gracias a su elevado grado de maniobrabilidad, pero las producciones suelen ser muy bajas y, generalmente, requieren la intervención de varios operarios para realizar la alimentación de los residuos a la máquina; si bien, algunas están dotadas de plumas, pinzas o sistemas similares para la recolección de los residuos.

También existen astilladoras que van montadas sobre la parte frontal del tractor y actúan recorriendo las vías o calles donde, previamente, se han alineado los residuos, ideal para nuestro caso, puesto que a la hora de la poda el propio agricultor alinea los residuos.

Otra variante de este tipo de maquinaria son las astilladoras dotadas de autocontainer o tolva, donde se depositan las astillas para su posterior extracción del terreno.

El siguiente nivel en equipos de astillado corresponde a las astilladoras autopropulsadas, las cuales, al estar dotadas de su propio sistema de tracción, pueden desplazarse de forma más rápida y presentan algunas ventajas de tipo técnico sobre las

astilladoras arrastradas.

Finalmente, tenemos las astilladoras fijas o semifijas, que se utilizan tan sólo en lugares donde la envergadura de la explotación y los elevados volúmenes manejados, hacen amortizable este tipo de instalaciones. Actualmente, en países como Canadá, EEUU o Suecia existen ingenios que a partir del árbol entero proceden a su poda, descortezado, corta en piezas de escuadrías comerciales y astillado del residuo generado, pero se trata de equipos muy costosos y, por ese motivo, todavía no están muy difundidos.

Una vez mencionados los tipos más genéricos de equipos de astillado y continuando con la problemática específica del astillado, cabe señalar que mediante sistemas de tracción muy potentes, máquinas dotadas de ruedas especiales u orugas y equipos con tracción independiente en todas las ruedas (4, 6, 8) es posible llegar hasta lugares de difícil acceso. Pero existen zonas donde la pedregosidad, grado de encharcamiento y estructura del terreno hacen inviable técnicamente el empleo de equipos de astillado.

Otro de los problemas a tener en cuenta es la presencia de cuerpos extraños, como son los elementos metálicos (herraduras, balines, perdigones, clavos, postas, alambres, etc.) presentes en los residuos forestales y que pueden causar roturas, atascos y fuertes desgastes en los rodillos y cuchillas de los equipos de astillado.

Así mismo, la presencia de partículas minerales procedentes del polvo, arrastres del viento, etc., que se concentran en la corteza de los vegetales es otro factor de desgaste de las piezas y elementos mecánicos de la maquinaria forestal. Además, hay que tener en cuenta que los aportes de áridos producidos durante el arrastre y extracción de los residuos incrementa notablemente este efecto abrasivo, con el consiguiente aumento de los costes de mantenimiento y reparación de la maquinaria. En general de poca incidencia al ser residuos poco abrasivos.

En algunos casos, la presencia de elevados porcentajes de hojas, restos herbáceos de brozas y rozas y de cortezas de naturaleza fibrosa, produce el atasco y obstrucción de los elementos móviles de estas máquinas, lo cual dificulta los trabajos, al cegarse las salidas de astilla o interrumpirse el correcto funcionamiento de las mismas, lo cual conlleva las consiguientes paradas y tiempos muertos y el incremento de los costes unitarios y reducción de rendimientos. También poco significativo al ser porcentajes bajos.

Otro de los parámetros a tener en cuenta en cuanto a la problemática de la transformación de los residuos forestales es su baja densidad, lo cual hace que los rendimientos en peso obtenidos sean muy bajos y que haya que manejar importantes volúmenes de residuo para mantener una explotación dentro de los umbrales de rentabilidad ya que los costes de explotación por tonelada generada son muy elevados.

Finalmente, otro factor que incide sobre la problemática del aprovechamiento de los residuos es el elevado contenido de humedad que presentan, lo cual dificulta el manejo de los mismos ya que un residuo húmedo se astilla con mayor dificultad y las astillas obtenidas son más heterogéneas y tienen un importante porcentaje de piezas largas, que dificultan su manipulación posterior. Además, se incrementan los costes energéticos del astillado y del transporte. Por este motivo, es necesario realizar técnicas de Secado Natural que se describen seguidamente.

5.4.3. SECADO NATURAL

Es una técnica simple basada en el aprovechamiento de las condiciones ambientales favorables para facilitar la deshidratación de los residuos y obtener unos niveles de humedad que posibiliten un manejo económico y que faciliten las siguientes fases de transformación a realizar o bien, permitan obtener unos rendimientos aceptables en los procesos de conversión energética a que sean destinados los residuos.

En primer lugar, cabe distinguir entre el secado natural de los residuos según se generan y el secado de éstos una vez convertidos en astillas.

En el primer caso, puede ocurrir que, si existen en el residuo organismos patógenos, hongos o insectos, éstos puedan proliferar y desarrollarse, afectando al resto de la masa forestal; por lo que, si existe esta posibilidad, es necesario realizar la extracción de los residuos del terreno con la mayor premura posible.

Por otra parte, en lugares en los que existe un riesgo potencial de incendio, los residuos secos son un posible foco de generación y propagación del fuego, por lo que este factor debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar las labores de secado natural en el tiempo y en el espacio.

En cuanto a los factores limitantes de la eficacia de secado de los residuos destacan: la humedad ambiental, la distribución de temperaturas medias y extremas, el régimen de precipitaciones, tanto en valores absolutos como de frecuencia, y las precipitaciones en estado sólido, así como el tiempo de heladas. Además, tienen influencia parámetros como la intensidad de los vientos dominantes, grado de insolación y exposición (solana, umbría).

Estos factores son los que condicionan la eficacia y eficiencia de la desecación producida y dependen de las características climáticas de la estación, de la época del año en que se realicen los trabajos y del tiempo que permanezcan los residuos apilados, así como del tamaño y forma de las pilas de material y, lógicamente, del calibre de las piezas de residuo y de su propia naturaleza.

En cuanto al secado natural de los montones de residuo astillado, cabría hacer las mismas consideraciones que en el caso anterior, si se preparan los montones en el propio monte o si las astillas se almacenan extendidas en campas al aire libre, sin proceder a su amontonamiento. Sin embargo, en el caso de que se preparen grandes montones de astilla, entran en juego una serie de factores nuevos, debidos a las condiciones ambientales especiales que se producen en la parte interior de las pilas de residuo, al estar esta zona aislada de la influencia ambiental exterior, que sólo afecta a una capa superficial de astillas con un espesor medio máximo de unos 50 cm.

En la zona interior de los montones se producen fermentaciones parcialmente anaerobias y se desarrollan y esporulan bacterias y cepas de hongos, lo cual produce un importante incremento de temperatura que, por encima del límite de los 60°C, ocasiona degradación química de los compuestos lignocelulósicos y un aumento de temperatura hasta valores de 70-90°C.

Este fenómeno puede ser utilizado positivamente si se hace un seguimiento de las condiciones existentes en el interior de los montones y, mediante un manejo adecuado, se favorece el incremento térmico, pero sin llegar a límites excesivos ya que, de esta manera, se consigue extraer el agua desde el interior de las piezas de astilla hasta la superficie de las mismas, con lo que se facilita su posterior evacuación a la atmósfera y la consiguiente desecación del producto residual.

Sin embargo, si el manejo de los montones es inadecuado se puede llegar a producir

la carbonización de las astillas, con una importante pérdida de poder calorífico y degradación física estructural. En casos extremos se puede llegar a producir incluso la autoignición de los montones de astillas, con riesgo potencial de propagación a otras zonas.

Este fenómeno de autocombustión se fomenta cuando se hacen montones de astillas demasiado grandes, donde las condiciones de anaerobiosis en el interior de las pilas son importantes. Por este motivo, se recomienda hacer montones que no rebasen los 40-50 m³ de producto almacenado. Por otra parte, el grado de humedad inicial y la propia naturaleza de los residuos condicionan de forma importante este fenómeno térmico.

En cuanto a las condiciones específicas de manejo, conviene que los montones no sean compactados por el peso de maquinaria utilizada para hacer o remover los mismos, por lo que las pilas deben levantarse por gravedad, evitando, en lo posible, el apelmazamiento de las astillas.

Otro factor de riesgo es la presencia de abundantes cantidades de materiales finos o de corteza, que impiden la entrada de aire hasta el interior de los montones. Esto acelera el proceso de calentamiento interno, debido a la falta de una mínima aireación que garantice el "efecto chimenea", mediante el que el calor es evacuado hasta la cumbre de los montones de astilla y, de esta forma, el agua es arrastrada desde el interior a la superficie de los montones, y de aquí pasa a la atmósfera.

Esto mismo ocurre cuando la nieve tapona los poros superficiales, provocando un aislamiento de los montones de astilla de la atmósfera, con el consiguiente incremento térmico. El mismo fenómeno se produce cuando el agua existente en la superficie de las astillas superficiales se hiela. Para evitar estos problemas accesorios al secado natural es preciso hacer un seguimiento de las temperaturas generadas en el interior y remover y/o descabezar los montones de forma adecuada, evitando el aporte de piedras y tierra durante la manipulación, incluso a costa de perder una capa de astillas que se deja sobre el terreno para evitar el contacto de la maquinaria (palas, pinzas, etc.) con la tierra y el suelo.

5.4.4. SEGADO FORZADO

En muchos casos, la biomasa residual se presenta con elevados contenidos de

humedad (>50%), lo cual plantea serios problemas para su utilización con fines energéticos como: Incremento de los costes de extracción y manejo, encarecimiento del transporte, dificultad o imposibilidad de transformación en combustibles de calidad, reducción de rendimientos en las fases de transformación, baja eficacia en procesos de conversión termoquímica, incremento en la producción de sustancias contaminantes, formación de incrustaciones en las calderas, combustión inestable y poco eficaz.

Por estos motivos es necesario reducir el contenido de humedad hasta valores del orden del 20 al 30%. Cuando no es posible reducir la humedad del combustible residual mediante técnicas de secado natural se recurre al secado forzado (o a sistemas combinados de ambos) utilizando equipos que, mediante la aportación de un flujo térmico, permiten la deshidratación de los residuos hasta los valores deseados.

Nosotros no incluiremos por ahora estos tipos de secaderos debido al tener humedades menores al 50% pero en futuro no es de descartar dicha función que para ello se emplean secaderos neumáticos o rotatorios.

Los de tipo neumático están basados en el arrastre de los residuos mediante un flujo térmico que durante el recorrido extrae la humedad de los sólidos. Suelen utilizarse cuando el producto es de granulometría fina y/o se requiere una deshidratación ligera. Básicamente constan de un foco de calor (hogar donde se queman combustibles convencionales, o parte de la propia biomasa previamente secada, para generar el flujo térmico deshidratador), canal de secado (conducto de diámetro y longitud variable según diseño, donde el flujo térmico generado arrastra los sólidos en suspensión, al tiempo que provoca la evacuación del agua contenida en los mismos) y sistema de succión (aspirador ciclónico que produce una depresión que posibilita el movimiento del sistema).

Los secaderos rotatorios de tipo Trommel se suelen utilizar cuando se trabaja con materiales muy húmedos y/o de granulometría gruesa. Fundamentalmente constan de las mismas partes que en el caso anterior; si bien en estos equipos el canal de circulación es un cilindro de sección y longitud variable (en función de diseños), que gira con velocidad variable, facilitando un contacto íntimo entre los sólidos y el flujo secante. La pendiente interior junto con el giro produce el avance de los sólidos a una velocidad controlable. El tambor está dotado interiormente de aspas, paletas o tornillos sinfín, que permiten regular el flujo de sólidos y garantizar una adecuada exposición de la superficie de la biomasa al flujo

térmico.

Finalmente, en ambos casos se procede a la segregación de los sólidos mediante un ciclón decantador donde el flujo pierde velocidad y precipitan los sólidos secos por gravedad, separándose del aire cargado de humedad.

Para reducir la longitud de los secaderos rotatorios, éstos se construyen con doble o triple paso, de esta manera los sólidos recorren el trommel describiendo un movimiento de zigzag. De esta forma, se consigue reducir la longitud del secadero a 1/3 de la que tendría en el caso de paso simple.

Por otra parte, atendiendo a la dirección del flujo térmico respecto al flujo másico se distinguen secaderos de corrientes paralelas unidireccionales y secaderos a contracorriente. En los del primer tipo, el flujo de gas y de sólidos discurre en el mismo sentido. En este caso, el gas se va cargando de humedad durante todo el recorrido, por lo que al final del secadero el gas puede llegar a estar saturado de agua, con lo que la eficacia de secado disminuye. Sin embargo, se trata de un sistema más seguro en cuanto a riesgo de incendios.

En los secaderos a contracorriente, los flujos de gas y sólido viajan en sentidos distintos. De esta manera los sólidos según avanzan van encontrando un ambiente cada vez más seco y de mayor temperatura, con lo que la deshidratación es más eficaz y constante ya que cuanto menor es el contenido de agua en la biomasa más energía térmica se requiere para extraer la misma cantidad de agua. Se trata de un sistema que presenta un mayor riesgo de ignición de los sólidos y, por tanto, de incendios. Las temperaturas de entrada de gases son de unos 200 a 500°C y las de salida suelen oscilar entre los 80 y 1200°C (para evitar condensaciones y pérdidas de calor en chimenea).

Por otra parte, existen sistemas combinados que consisten en la inyección de gases recalentados en la cámara de molienda de un equipo de reducción granulométrica de biomasa. Simultáneamente a la trituración de los residuos se consigue el secado de los mismos, con lo que se reduce considerablemente el espacio ocupado por la maquinaria. Generalmente, se procede a la recirculación de las fracciones de residuo más húmedas, hasta que se alcanza el contenido de humedad deseada. Existen unidades con capacidades de procesado entre los 200 y 20.000 kg/h.

Por último, cabe señalar que existen en el mercado de deshidratadores de sólidos una

amplia gama de sistemas y equipos, pero éstos no se utilizan en la práctica para el secado de biomasa residual.

5.4.5. MOLLIENDA

La molienda de los residuos es una práctica recomendable cuando se trata de obtener combustibles de mayor calidad es imprescindible cuando se pretende utilizar estos productos en equipos de conversión energética específicamente diseñados para manejar productos más finos que las astillas (inyectores, hornos especiales, etc). También es necesario realizar este tipo de transformación física cuando se trata de fabricar combustibles densificados como las briquetas y los pellets.

La problemática accesoria a la molienda es muy compleja ya que entran en juego una serie de factores dependientes del propio material a manejar y otros que son función de las características de la instalación y maquinaria utilizada en cada caso.

En primer lugar, en lo referente a las características y presentación de los residuos astillados, destaca la presencia de materiales indeseables como elementos metálicos, piedras, arena, piezas de gran tamaño, etc. Estos materiales producen graves problemas en las instalaciones de molienda, por lo que es necesaria su eliminación, previa a la reducción granulométrica propiamente dicha.

En el caso de las piezas de gran calibre, su presencia origina atascos del flujo en los puntos de convergencia de material (tolvas, silos, transportadores, etc.), por lo que su eliminación debe realizarse al principio del diagrama de flujo de la planta de tratamiento. Generalmente, basta con disponer de cribas vibrantes o zarandas inclinadas para separar este tipo de piezas (ramas, troncos grandes, etc.) del resto de las astillas.

En cuanto a las piedras grandes el problema es el mismo; si bien, la solución no es tan simple ya que aunque las piedras muy grandes se pueden eliminar por el mismo procedimiento expuesto anteriormente, en el caso de piedrecillas más menudas la eliminación no es tan simple. Para ello se recurre a sistemas de separación neumáticos basados en la diferencia de densidad, pero estos sistemas tienen el inconveniente de ser muy costosos.

La arena y gravilla fina se pueden eliminar mediante tamizado, pero en este caso hay

que asumir la pérdida de finos y esta cantidad puede ser significativa.

En cualquier caso, las piedrecitas y la gravilla pueden ser digeridas por los molinos si éstos están dotados de martillos con la suficiente resistencia y flexibilidad como para no romperse, por lo que es recomendable usar martillos sin temprar, que son más flexibles aunque se desgastan con mayor facilidad pero, al ser éstos muy baratos, el coste añadido es asumible desde el punto de vista de la seguridad.

Sin embargo, el mayor problema lo plantean los elementos metálicos presentes en las astillas o introducidos durante el proceso industrial, pues éstos ocasionan roturas en las mallas y martillos de los equipos de molienda y, además, al producirse chispas por la fricción entre metales chocando a gran velocidad, existe el peligro de ignición del producto molido, si éste tiene una humedad por debajo de ciertos valores, así como la deflagración del polvo en suspensión presente en los sistemas neumáticos de extracción, ciclones, etc.

Para eliminar estos elementos metálicos se utilizan imanes permanentes y electroimanes, situados estratégicamente en los puntos de confluencia del flujo de material. Pero estos sistemas sólo son capaces de eliminar los materiales metálicos férricos, por lo que para garantizar la eliminación del resto de los posibles elementos metálicos, es preciso recurrir a detectores de metales que detienen el funcionamiento de la instalación cada vez que detectan la presencia de metales en el flujo de material. El inconveniente a asumir en este caso es que cada vez que se localiza una pieza metálica es preciso eliminada y volver a poner en marcha la instalación, con la consiguiente pérdida de rendimiento.

En cuanto a los problemas debidos a la humedad residual presente en las astillas, hay que tener en cuenta que, si ésta alcanza valores del orden del 50% B.H., se produce el cegado de las mallas del molino y de la cámara de compactación y, sin embargo, si la humedad es muy baja se generan importantes cantidades de polvo que es preciso eliminar mediante filtros adecuados.

En lo referente a las características propias de las instalaciones de manejo, cabe destacar que en función del calibre de mallas utilizadas, tipo y forma de martillos o cuchillas, espesores y separaciones de mallas y martillos, sistemas de extracción empleados (mecánicos, neumáticos, etc.), en cada situación concreta la problemática será básicamente diferente.

5.4.6. PROCESOS DE COMBUSTIÓN DE LA BIOMASA

Los procesos termoquímicos de conversión de la biomasa en energía o combustibles son aquellos en que se encuentran implicadas reacciones químicas irreversibles, a altas temperaturas y en condiciones variables de oxidación. Esta tecnología se utiliza en casos en los que la biomasa, por su estado básicamente sólido y seco, permite para su transformación en energía altas velocidades de reacción. En estos procesos se obtienen conversiones normalmente elevadas de la materia prima del 85 al 95% de su materia orgánica con alta eficacia y relativa poca sensibilidad al variar de un material a otro; y además se pueden dirigir hacia los productos más convenientes. Desgraciadamente, los métodos disponibles en la actualidad no generan un producto único, sino que dan mezclas de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, que también poseen un elevado valor energético.

Además, dichos procesos pueden producir un amplio espectro de productos energéticos como puede verse en la figura siguiente.

En este aspecto, si el calentamiento de la biomasa se lleva a cabo con un exceso de aire (**combustión**), se obtiene como producto final calor, pudiéndose utilizar éste, bien para la producción de vapor que mueva una turbina (generación de energía eléctrica), o bien directamente en otros procesos.

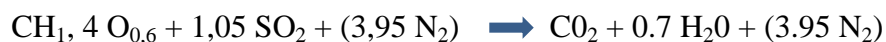
Si la combustión de la biomasa no es completa, el proceso se denomina **gasificación**. Este proceso se puede llevar a cabo con oxígeno, lo que permite obtener gas de síntesis, combustible de gran interés actual, por la posibilidad de su transformación en metanol, o bien con aire, produciendo el denominado "gas pobre", que puede aprovecharse en la línea calor > vapor > electricidad.

El tercer gran grupo de procesos termoquímicos se puede englobar dentro de la denominación de **pirólisis**, o calentamiento de la biomasa en ausencia total de aire. Por esta vía se obtienen combustibles gaseosos, líquidos o sólidos, en función de la composición de la biomasa y de las condiciones de operación. Los procesos de pirólisis actualmente más apreciados, porque permiten la producción de combustibles líquidos, son variantes del proceso general que operan con la adición de otros reactivos químicos.

5.4.6.1. COMBUSTIÓN

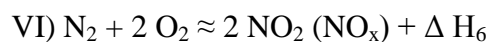
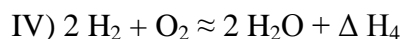
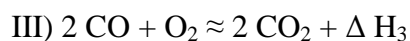
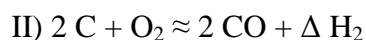
En este proceso la biomasa se combina con el O₂ del aire para producir calor. A combustión de la biomasa es más compleja que la pirólisis y gasificación puesto que en la combustión, primero la biomasa debe pirolizarse para después sufrir una combustión parcial (gasificación) antes de alcanzar la combustión completa.

La reacción global de la combustión de la biomasa puede ser representada por:



donde CH_{1,4} O_{0,6} es la fórmula promedio para la biomasa típica. El nitrógeno está entre paréntesis porque es una porción inerte de aire y no toma parte en la reacción.

En el proceso de combustión el oxígeno del aire se combina con los elementos combustibles, originándose las siguientes reacciones típicas:



El nitrógeno del aire y los restantes componentes suelen permanecer inalterados (excepto cuando las temperaturas son muy altas) saliendo acompañando a los gases originados en la combustión (humos).

Dependiendo del desplazamiento que experimenten los estados de equilibrio de los procesos de combustión, de los elementos pertenecientes al combustible, se diferencian varios tipos de combustión:

A) COMBUSTIÓN COMPLETA:

Se produce cuando los estados de equilibrio de los procesos anteriormente indicados

están totalmente desplazados hacia la derecha, independientemente de la cantidad de aire (oxígeno) empleado. Esta combustión se consigue cuando se ha suministrado aire suficiente para oxidar a todos los elementos del combustible utilizado.

B) COMBUSTIÓN NEUTRA O ESTEQUIOMÉTRICA.

Se produce cuando se aporta el oxígeno (o aire) estrictamente necesario para quemar el combustible y se obtiene que el porcentaje de CO₂ es máximo.

Es prácticamente imposible su realización por la imperfecta mezcla de aire - combustible. En los hornos actuales no es posible conseguir el 100% de eficacia, por lo que si solo se suministrase el aire estequiométrico no se podría lograr la combustión completa del combustible.

C) COMBUSTIÓN INCOMPLETA CON DEFECTO DE AIRE.

Se produce cuando se aporta aire en cantidad insuficiente y por lo tanto no se quema todo el hidrógeno y/o todo el carbono hasta su grado máximo de oxidación de CO₂.

D) COMBUSTIÓN CON EXCESO DE AIRE.

Se produce cuando se aporta mayor cantidad de aire que en la combustión neutra. El porcentaje de CO₂ disminuye al ser diluido en un mayor caudal de gases. El rendimiento es inferior al de la combustión neutra, por el calentamiento del exceso de aire hasta la temperatura de los gases.

FASES EN LA COMBUSTIÓN

El esquema de combustión implica que el material combustible (biomasa) alcance unas temperaturas lo suficientemente altas como para que, en presencia del comburente (aire en exceso u oxígeno), se pueda mantener la reacción. En el transcurso de la misma se pueden distinguir tres fenómenos :

- Una fase de evaporación del agua (secado).
- Una fase de volatilización a partir de los 200EC.
- Una fase de formación de gases y combustión de los mismos a partir de los 500EC.

No obstante, en una unidad de combustión, estas tres etapas están más o menos

solapadas y, a nivel global, tienen lugar simultáneamente.

Por otro lado, las variables que afectan principalmente al buen funcionamiento de este proceso son:

a) Proporción de oxígeno en el aire de entrada. Un defecto de oxígeno en la unidad de combustión impide que la reacción sea completa, con la producción de carbón, que perjudica al equipo, y de monóxido de carbono, gas altamente contaminante que obligaría a instalaciones adicionales de descontaminación. Si el oxígeno en exceso se suministra en forma de aire, es necesario el calentamiento de una masa gaseosa mayor por lo que, generalmente, se utiliza aire enriquecido con oxígeno en las grandes instalaciones industriales.

b) Temperatura de combustión. La temperatura de combustión es aquella que alcanzan los productos de combustión debido al calor generado en la reacción, que es fuertemente exotérmica, descontando las pérdidas debidas a la radiación, y al combustible no quemado o quemado de forma incompleta. Los valores normales se encuentran en el rango de 600 a 1.300EC; niveles térmicos inferiores producen un efecto similar en el proceso que el defecto de oxígeno.

c) Características del combustible. Dentro de las propiedades físicas de la biomasa a tratar destacan su densidad (determinante del tamaño de la unidad de combustión), su granulometría (que afecta a una mejor combustión) y, principalmente, su contenido en humedad.

En cuanto a las características químicas del combustible, éste debe tener bajos contenidos en azufre, cloro y flúor (aspecto que cumple satisfactoriamente la biomasa vegetal), ya que en caso contrario, se producirían problemas de corrosión en el equipo de gases altamente contaminantes.

LA COMBUSTIÓN Y LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

Un buen control del exceso de aire en la combustión, de tal forma que se reduzca el % de oxígeno en los gases, ayuda a resolver los dos problemas de contaminación química más importantes de la combustión:

- Formación de SO_3 y en consecuencia de ácido sulfúrico.
- Formación de óxidos de nitrógeno: NO_x

Con los humos de combustión se emiten SO_2 , y óxidos de nitrógeno, fundamentalmente NO_2 , los cuales se consideran gases contaminantes del medio ambiente, originando el primero la denominada lluvia ácida, que tantos problemas está creando actualmente en el mundo occidental por atacar los bosques y favorecer la desertización del Planeta.

En presencia de oxígeno y a altas temperaturas el SO_2 , reacciona con él, favorecido por la acción catalítica de algunos compuestos metálicos presentes en el proceso, dando lugar a SO_3 .

El SO_3 reacciona con parte del vapor de agua existente en los humos y cuando estos gases se enfrían por debajo del punto de rocío condensa ácido sulfúrico diluido sobre las superficies más frías de la caldera o del medio ambiente, dando lugar a un proceso de corrosión acelerado de éstas.

En cuanto a los óxidos NO_x no crean problemas en los equipos, pero sí crean problemas ambientales. El método para reducir la concentración de NO_x en los gases consiste en reducir el exceso de aire y utilizar quemadores de alta eficiencia.

5.4.6.2. COMBUSTIÓN LIMPIA: LECHO FLUIDIZADO

La Tecnología de Combustión en Lecho Fluidizado (CLF) consiste en desarrollar la combustión en el seno de una masa en suspensión de: partículas de combustible, cenizas del combustible y en algunos casos un inerte o adsorbente (caliza o dolomita); los cuales son fluidizados por una corriente de aire de combustión ascensional.

Supongamos un dispositivo que permite pasar aire en sentido ascendente a través de un lecho de partículas sólidas, contenidas en un recipiente cilíndrico con una base porosa.

Cuando la velocidad del aire es baja, este pasará a través de la masa de partículas sin dar lugar a ninguna distorsión en las mismas. Si se aumenta la velocidad del aire, llegara un momento en que la fuerza impulsora del aire sea próxima a la fuerza de la gravedad que

mantiene juntas a las partículas en el fondo del cilindro, momento en el que comienzan éstas a moverse y se observa un aumento de la porosidad en el lecho. Al aumentar aún más la velocidad del aire, llega un momento en el que las partículas individuales se ven forzadas a un movimiento hacia arriba, viéndose suspendidas en la corriente de aire y originando el denominado "lecho suspendido".

Un aumento posterior de la velocidad del aire originará una expansión tal del lecho, que permitirá el movimiento de las partículas en su interior, dando lugar al proceso de fluidización.

Por razones de protección del medio ambiente es deseable eliminar el dióxido de azufre formado del azufre del carbón antes de lanzar los gases a la atmósfera.

Los lechos fluidos ofrecen la posibilidad de eliminar el dióxido de azufre durante la combustión con un comparativamente pequeño coste extra, añadiendo caliza o dolomita al lecho. Estos retienen el azufre liberado formando sulfato cálcico que puede ser sacado del lecho con las cenizas.

A presión atmosférica es preferible utilizar caliza pues se necesita menos cantidad de material. A altas presiones la caliza no reacciona y se emplea dolomita. En este caso, la calcinación del magnesio abre la estructura porosa de forma que la reactividad de la piedra es alta y la sulfatación no se limita a la superficie exterior de la partícula.

En la mayor parte de los lechos fluidos que incorporan retención de azufre, la caliza o dolomita es usada en "un sólo paso" de forma que la piedra calcinada y parcialmente sulfatada es desechada después de sacarla del sistema de combustión. De acuerdo con reducir el impacto ambiental, de obtener y deshacerse de los materiales aceptores y también de ahorrar sus costes derivados se han propuesto varios sistemas para regenerar la piedra gastada, pero ninguno se ha llevado a cabo en gran escala.

En una primera aproximación la "materia mineral" presente en el carbón puede ser considerada como inerte en la combustión. Sin embargo, algunos cambios químicos tienen lugar y normalmente hay una pérdida de peso. Por ejemplo, el agua de la cristalización es eliminada y los carbonatos y sulfatos se descomponen para formar óxidos. Al residuo después de estos cambios se le denomina ceniza para distinguirlo de la "materia mineral" original. Los componentes del lecho son:

- a) carbón, sumando menos de 1% a un 5%.
- b) caliza o dolomita
- c) cenizas
- d) aditivo inerte (arena).

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA COMBUSTIÓN EN LECHO FLUIDO

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Desulfuración.	Abrasión.
Temperatura uniforme.	Necesidad de ciclones.
Alta difusividad del aire de combustión.	Complejidad del sistema de alimentación.
Diversidad de combustibles.	Adecuación previa del combustible.
Comportamiento similar a un fluido.	Mayor presión del aire de combustión.
Alta transferencia de calor.	Dificultades de extrapolación.
No formación de escorias.	
Menor temperatura de rocío.	
Menor exceso de aire de combustión.	
Mayores aplicaciones de los subproductos de combustión.	
Menor emisión de gases nitrosos.	
Fácil variación de la carga de combustible.	
Utilización de un inerte.	
Mayor rendimiento.	
Menores pérdidas por corrosión.	

5.4.6.3. GASIFICACIÓN

Bajo la denominación de "gasificación" se recogen todos aquellos procesos que llevan implícita una combustión en condiciones de defecto de oxígeno, con producción de monóxido y dióxido de carbono, hidrógeno y metano, en proporciones diversas según la composición de la materia prima y las condiciones del proceso.

La temperatura de operación es un factor importante en estos procesos. Para obtener un buen rendimiento de la mezcla gaseosa resultante (contenidos altos en hidrógeno y monóxido de carbono) es necesaria una temperatura mínima de 700 a 800EC. Con objeto de evitar problemas técnicos debidos a la fusión y la aglomeración de cenizas se impone una temperatura máxima, trabajándose generalmente entre 800 y 1500EC. Estas temperaturas permiten desarrollar las tres fases similares a las de la combustión, limitándose la cantidad de comburente a un 10 - 50% del teóricamente necesario para una combustión completa. La calefacción del reactor se realiza normalmente mediante la combustión del gas producido, aun cuando se están desarrollando otros métodos como la utilización del calor de un horno solar o el calentamiento mediante un arco voltaico.

La gasificación de la biomasa puede ser clasificada atendiendo a los siguientes criterios:

-Agente gasificante: Aire, oxígeno, vapor de agua, CO₂, H₂

-Forma de suministrar el calor: Método directo o indirecto

-Tipo de reactor: Lecho móvil en contracorriente o en corriente paralela. Lecho fluidizado. Transporte neumático, sistemas combinados o circulantes.

-Presión y temperatura del reactor.

-Forma de separar las cenizas.

Atendiendo al agente gasificante tenemos:

- *GASIFICACIÓN CON AIRE.*

El proceso de gasificación con aire, es el que, a nuestro juicio, presenta un mayor interés económico y social. En este proceso, el oxígeno del aire quema parcialmente el

residuo carbonoso procedente de la pirólisis (proceso simultáneo al de gasificación), y se genera el calor necesario para el proceso. Al no necesitar fuente de calor externa, este proceso permite con un bajo costo el aprovechamiento local en diversos pueblos, granjas, comarcas o cooperativas, de diversos residuos agrícolas y forestales mediante su conversión termoquímica en gases de bajo contenido energético.

Existen sistemas y procesos de gasificación con aire en desarrollo o ya disponibles comercialmente, que aprovechan los más variados tipos de biomasa en función del país donde se han implantado. Por otra parte, las tecnologías de gasificación y purificación de gases son muy diversas dependiendo fundamentalmente de la aplicación posterior del gas.

La evaluación y comparación de estos sistemas o procesos no es sencilla, debido a los numerosos factores a tener en cuenta y al hecho de que algunos de ellos están diseñados para una única aplicación, no pudiéndose comparar para otras aplicaciones.

El aire se introduce principalmente para aporte de calor mediante la combustión de parte del residuo carbonoso. El producto a obtener es un gas combustible de bajo contenido energético (inferior a 6 MJ/Nm^3). Los reactores más utilizados son los de lecho móvil en contracorriente (ó updraft) o en corriente paralela (ó downdraft) y los de lecho fluidizado. Este gas puede emplearse como combustible en quemadores de calderas o turbinas de gas, o en aparatos de combustión interna.

a) En la gasificación en lecho móvil en contracorriente el calor se genera en la parte inferior del lecho por donde se introduce el aire. Se forman perfiles de temperatura muy acusados, lo que hace que el material biomásico pase por regiones que están a muy distintas temperaturas y los procesos implicados (secado, pirólisis, oxidación) tengan lugar gradualmente.

Su simplicidad y posibilidad de procesar biomasa de hasta un 50% de humedad, hizo que este tipo de reactor fuese muy utilizado. Su capacidad para procesar biomasa oscila entre 500 y 2000 kg/h.

Este tipo de gasificador, produce del 5% al 20% de productos alquitranados, por lo que no es recomendable utilizarlo directamente para el funcionamiento de motores, siendo adecuado para su combustión en quemadores.

b) En gasificación en lecho móvil en corrientes paralelas el aire es introducido

dentro del lecho de biomasa de forma que los flujos de gas y del aire son básicamente descendentes.

Los productos líquidos y gaseosos formados en la pirólisis son obligados a pasar a través de una zona más caliente que craquea los alquitranes, obteniéndose gases con muy poco contenido en estos productos, menor del 1%.

Además de las tres regiones (secado, pirólisis y oxidación) mencionadas en el gasificador de L.móvil en contracorrientes, aquí presenta una cuarta región (reducción) en el que tienen lugar reacciones con vapor de H_2O y CO_2 que permiten obtener gases con mayor contenido energético que los del gasificador en contracorriente.

Estos reactores son adecuados para procesar pequeñas capacidades (100-800 Kg biomasa/h), admite un contenido en humedad del 30%.

c) Gasificación en lecho fluidizado. Debido al flujo de mezcla perfecta del sólido, no se forman gradientes de temperatura.

La pirólisis en un lecho fluidizado se efectúa a una velocidad de calentamiento alta lo que disminuye la producción de alquitrán. Asimismo, la isothermicidad del lecho fluidizado permite un mayor control de temperatura. Son más adecuados para capacidades importantes (superior a 600 Kg biomasa/h). Los sólidos a procesar deben ser de tamaño inferior a 1 cm y su contenido en humedad inferior también al 50%.

Otros tipos de gasificadores son: Reactor de flujo ascendente, reactor de flujo cruzado.

- GASIFICACIÓN CON OXÍGENO Y/O VAPOR DE AGUA.

Se utiliza para obtención de gas de medio contenido energético (10-20 MJ/Nm) o de gas de síntesis. Es un gas de mayor calidad al no estar diluido con nitrógeno.

El lecho fluidizado es el más apropiado para la gasificación de biomasa con aire o vapor de agua. Sin embargo, no se pueden utilizar con todos los tipos de residuos agrícolas y forestales ya que el tamaño y la forma de éstos pueden limitar su uso. El tamaño debe ser inferior a 1 cm, pudiendo ocasionar un aumento en el coste de trituración del residuo. Este factor puede solucionarse añadiendo un segundo sólido inerte (arena, alúmina) que ayude a fluidizar la biomasa.

- GASIFICACIÓN CON H₂

Se produce un gas con alto contenido energético (superior a 30 MJ/Nm³) que por tener altos porcentajes de metano y olefinas, puede utilizarse como sustituto el Gas Natural.

Sometiendo a la biomasa a un proceso termoquímico podemos producir:

- Gas de bajo contenido energético inferior a 5 MJ/Nm³, cuya aplicación más común es como combustible gaseoso. Los gases pueden quemarse directamente o en motores de combustión interna (turbinas de gas y motores de pistón). Para combustión directa permite el contenido de alquitranes.

- Obtención de gas de medio poder calorífico, principalmente Gas de síntesis para producción de metanol.

- GASIFICACIÓN UTILIZANDO CATALIZADORES

Las razones que hacen atractivos el empleo de catalizadores son:

- Alto incremento de las reacciones de conversión dadas.
- Temperaturas de reacción más bajas, mayores eficacias.
- Reduce el contenido de metano en el gas de síntesis.
- Permite obtener una composición de producto adecuada para una aplicación particular tales como CH₄, H₂, CH₃OH, NH₃.

5.4.6.4. PIRÓLISIS

El proceso de pirólisis consiste en la descomposición de la materia orgánica por la acción del calor y en ausencia de oxígeno. La descomposición térmica de estos materiales biomásicos se produce a través de una serie compleja de reacciones químicas, además de procesos de transferencia de masa y calor, lo que hace difícil predecir el transcurso de la pirólisis, puesto que influyen una serie de variables como son las condiciones de operación o el tipo de biomasa empleado.

La pirólisis es el proceso inicial al cual se encuentra sometido el residuo previamente

a su combustión o su gasificación.

Aunque la descomposición térmica de la materia orgánica es muy compleja, se pueden distinguir a lo largo del proceso varias etapas:

- Hasta los 200EC se produce una pérdida de agua y de otros productos volátiles.
- Entre los 200 y los 250EC los constituyentes menos estables de la biomasa se descomponen con desprendimiento de agua y óxidos de carbono, formándose hidrocarburos líquidos oxigenados (alcoholes y ácidos).
- Hacia los 275EC se genera la mayor parte de los hidrocarburos líquidos, reacción que, al ser exotérmica, recalienta la masa hasta 300-350EC.
- Por encima de los 300EC comienza la formación de productos carbonosos de alto peso molecular (alquitranes y coque).

En resumen, la pirólisis en sí comienza a los 275E C y es prácticamente completa a los 450EC, aunque pueda producirse la ruptura de algunas moléculas de los productos formados (craqueo) a temperaturas superiores.

La naturaleza y composición de los productos finales dependen de las propiedades de la biomasa tratada, de la temperatura y de la presión de operación, y de los tiempos de retención del material en el reactor.

Las materias primas que se investigan actualmente para desarrollar esta técnica son, esencialmente, los subproductos agrícolas y forestales y los residuos sólidos urbanos.

Hay que destacar que la pirólisis puede llevarse a cabo dentro de unos intervalos de temperatura y tiempo muy variables, cuya adecuada elección depende del objeto pretendido y de la naturaleza de la materia prima, en especial de su contenido en humedad y en carbono. A medida que aumenta la temperatura de pirólisis, se incrementa la proporción de gases producidos y disminuye las de combustibles líquidos y sólidos.

El poder calorífico del gas de pirólisis oscila entre 3,8 y 15,9 MJ/m³. Estos valores pueden aumentarse hasta 16,7-20,9 MJ/m³ mediante una variante del proceso denominada pirólisis flash.

En definitiva, la pirólisis parece ser un buen método para la obtención de energía a partir de biomasa seca. Y, quizá, el mejor para convertir los residuos sólidos urbanos en compuestos de interés económico.

TIPOS DE PRODUCTOS:

1. Gases.- Su composición es CO, H₂, CH₄, CO₂ y pequeñas cantidades de hidrocarburos ligeros: etileno, acetileno, etano, etc.

2. Líquidos.- El líquido formado en la pirólisis es un producto con una compleja composición química: acético, cetonas, vapores alquitranados que a la temperatura de pirólisis son gases pero que condensan para formar unas finas gotas alquitranadas, etc.

3. Sólidos.- El producto sólido es un residuo carbonoso llamado semicoque (char) que suele ser empleado como combustible o para obtener carbón activo.

La composición y cantidad de los productos obtenidos en el proceso de pirólisis están influenciados por el tipo de residuo, del reactor empleado, temperatura, tiempo de residencia del sólido y su velocidad de calentamiento.

Pirólisis a temperatura y velocidad de calentamiento bajas es utilizada para la producción de carbón vegetal. Estos procesos reciben el nombre de carbonización.

Los rendimientos generados de la carbonización de la biomasa suelen variar dentro de los siguientes márgenes.

Gas : 15 a 17%

L. piroleñosos: 43 a 51%

Carbón vegetal: 30 a 47%

El gas se utiliza para suministrar calor al horno o bien para secar la biomasa previamente a su carbonización.

Los líquidos piroleñosos son sucesivamente destilados para separar primero las fracciones ligeras y obtener, por ejemplo, metanol, acetona, etc. Mediante destilación extractiva de las fracciones pesadas pueden separarse los ácidos acético, fórmico, etc.

Otros productos enormemente interesantes en la actualidad con un gran mercado son los aromas alimenticios y productos para perfumería y farmacia. En la actualidad, debido al aumento en la demanda de carbón vegetal para barbacoas o en la industria química como carbón activo ha habido un incremento en la utilización de estos procesos.

Los factores influyentes en el rendimiento y calidad del carbón vegetal son: las propiedades físicas y composición del material, la temperatura de operación y el proceso utilizado: hornos industriales o procesos rudimentarios.

Entre las propiedades físicas está la humedad; el material biomásico debe estar completamente seco en el proceso de carbonización, un aumento de humedad significa un aumento en el consumo de calor para vaporizar dicha humedad con lo que disminuye la eficacia del proceso, además de una mayor fragilidad en el carbón vegetal, debido a las roturas producidas por el vapor que escapa de la madera. Es aconsejable que el material biomásico tenga un contenido en humedad próximo al 10%.

La densidad del sólido influye en la densidad del carbón vegetal, los materiales más apropiados para su conversión a carbón vegetal son los residuos forestales.

La temperatura influye enormemente en el rendimiento y calidad del carbón vegetal. Un aumento de la temperatura ocasiona una disminución del rendimiento pero una mayor calidad del producto, pero también proporciona una menor densidad del carbón y de su contenido en materia volátil y un aumento en cenizas.

De un modo general se puede considerar que las condiciones típicas de carbonización son 400EC y una velocidad de calentamiento baja para evitar que se produzcan reacciones de craqueo de los productos intermedios hacia gases.

En Europa existen pocas empresas dedicadas a la producción industrial de carbón vegetal, es decir, de una forma no artesanal cuyos hornos no producen un carbón vegetal que cumpla los requisitos de calidad que exigen ciertos países como Francia o Bélgica. En Francia tenemos, por ejemplo, Charbonnage, Pillard, en Alemania Degusa, Chemliron Carbón, Lurgi, en Bélgica, Lambiotte.

La pirólisis se ha estado practicando durante siglos para la producción de carbón vegetal. Más recientemente se han ido desarrollando cambios importantes para variar las

proporciones de gas, líquido y sólido.

La producción de combustibles líquidos ha adquirido un gran interés tanto en Europa como en Estados Unidos por su alta densidad energética y por su transformación en hidrocarburos de similares características a los de la gasolina. Los líquidos obtenidos en la pirólisis de la biomasa están compuestos de una mezcla compleja de hidrocarburos muy oxigenados (un 40%). Tiene un contenido en agua que depende de la humedad original y los productos de reacción. El agua es difícil de eliminar, mediante evaporación o destilación a una temperatura normal de 100EC puede causar auténticos cambios físicos y químicos en el líquido de pirólisis.

Tienen un pH muy bajo debido a su contenido en ácidos orgánicos que le dan un carácter corrosivo. Dicha característica debe tenerse en cuenta a la hora de manipularlo o almacenarlo, un acero normal no es aconsejable utilizar para conducciones o almacenaje, materiales como polipropileno resuelven estos posibles problemas de corrosión.

Varias experiencias han demostrado que mediante pirólisis fast se pueden obtener altas proporciones de biocrudo con una casi eliminación de producción de coque con lo que de una conversión del 20% de biomasa seca hemos pasado a conversiones del 55%-62% que representa más del 70% de la energía contenida en la biomasa.

Los mayores esfuerzos se están realizando en investigación acerca del potencial energético de la transformación termoquímica tanto de residuos agrícolas, forestales como los residuos sólidos urbanos a gasolina a través de dos etapas consecutivas: conversión de la biomasa a biocrudo líquido y su transformación a biocrudo (gasolina) a través de un proceso catalítico.

6. ESTIMACIÓN CANTIDAD BIOMASA

6.1. DESCRIPCIÓN DEL VUELO LIDAR

El vuelo se realizó en Octubre de 2008, con una altura media de 1.500 metros y una densidad de puntos de 4,05 puntos/m² cubriendo una superficie de 4.100 hectáreas. En la siguiente tabla se recogen los principales parámetros de vuelo.

Superficie cubierta	4100 ha
Número de pasadas	53 pasadas
Ancho de pasada	556 metros
Longitud lineal del vuelo	218 km de vuelo
Altura de vuelo	1500 metros
Recubrimiento	50% LIDAR
Densidad de puntos por pasada	4,05 ptos/m ² , sin embargo como el solape es del 50%, obtenemos una densidad real de 8,10 ptos/m ²
FOV	21°
Tipo de sensor	Múltiples retornos
Fabricante sensor LIDAR	Optech

6.2. DESCRIPCIÓN DEL INVENTARIO DE CAMPO

El número total de parcelas inventariadas es de 108, en cuanto a la geometría de las parcelas, ésta es circular, con radio de 25 m. Las parcelas circulares presentan una serie de ventajas, como la facilidad para localizarlas, debiendo hallar únicamente el centro, o que no presentan una orientación predominante.

Posteriormente, durante el desarrollo del presente estudio, se ha creído conveniente realizar una estratificación del área de trabajo para que, conociendo la variabilidad del monte, se pudieran ajustar modelos de regresión adaptados a cada estrato, obteniéndose un estrato principal en el que se han inventariado un total de 84 parcelas. En el inventario se tomaron datos referidos a cada árbol, tanto cualitativos (especie y condición fitosanitaria) como cuantitativos (altura, altura del primer verticilo vivo, diámetro normal, diámetro de copa normal y perpendicular, distancia de cada pie al centro de la parcela y rumbo). Asimismo, a escala parcela, los datos cualitativos recogidos son referentes a las condiciones de la parcela (grado de cobertura por pastos y matorrales, presencia de madera muerta, existencia de encharcamientos) y los cuantitativos son los relacionados a la densidad de pies por parcela así como otros procedentes de la agregación de mediciones a nivel de árbol (dendrométricas).

La superficie total inventariada asciende a 16,49 ha, mientras que la superficie de estudio es de 2.717 ha, esto supone una intensidad de muestreo de 0,61%, valor dentro del rango de intensidades habitualmente aplicadas, de 0,1 a 1%.

6.3. VARIABLES DASOMÉTRICAS A ESTIMAR

6.3.1. VOLUMEN

Se calculó con apoyo de las supertarifas de cubicación del Inventario Forestal Nacional, particularizadas para la provincia de Cuenca, siendo las variables de entrada el diámetro normal y la altura. Se calcula de forma individual, para cada pie, y sumándolo se obtiene el volumen en la parcela. Después se extrapola el volumen por parcela a volumen por hectárea.

$$V(m^3/ha) = \frac{p * d^q * h^r}{S_{parcela}} * 10$$

Donde:

d : diámetro normal en (mm).

h: altura total en (m).

Las constantes p, q y r que dependen de la especie.

6.3.2. ÁREA BASIMÉTRICA

El cálculo del área basimétrica se hace de forma directa con los diámetros normales medidos en el inventario de campo.

$$G (m^2/ha) = \frac{\pi}{4} \frac{\sum d n_i}{S_{parcela}} * 10.000$$

Donde:

S_{parcela}: Área de las parcelas inventariadas en (m²).

dn_i : diámetro normal de cada pie inventariado en (m).

6.3.3. BIOMASA TOTAL

Para el cálculo de la Biomasa Total aérea se recurrió a la monografía n° 13 de la serie forestal del INIA, Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles (Montero et al., 2005), siendo la variable de entrada el diámetro normal. De igual modo que en el caso del volumen, se calculan los kilogramos de biomasa total aérea de cada pie, se suman las biomásas de todos los árboles de la parcela para obtener los kg/parcela y se extrapola la medición a la hectárea.

$$B(kg/ha) = \frac{CF * e^a * d^b}{S \text{ parcela}} * 10.000$$

Donde:

CF: SEE^2 / e^2

SEE: Error estándar de la estimación.

e: Número e

a: Parámetro “a” de la función de regresión.

d: Diámetro normal.

b: Parámetro “b” de la función de regresión.

6.3.4. DENSIDAD

El cálculo de la densidad o número de pies por hectárea se realiza por conteo de pies dentro de la parcela, obteniendo el valor de pies por parcela y posteriormente transformándolo a pies por hectárea.

$$N (\text{pies/ha}) = \frac{\sum \text{pies}}{S \text{ parcela}} * 10.000$$

Donde:

pies: Número de pies en la parcela.

Una vez conocidos los valores reales de las variables a estimar en las parcelas de muestreo, se inicia el proceso de obtención de variables explicativas para la creación de los algoritmos predictores.

6.4. VARIABLES PREDICTORIAS OBTENIDAS A PARTIR DE DATOS LIDAR

La tecnología LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado y si además se conoce la posición del emisor y la dirección con que se lanzó el pulso, se pueden determinar las posiciones absolutas de los puntos donde rebotaron los pulsos lanzados. Obteniéndose una, representación de las superficies y objetos escaneados en forma de nube de puntos georreferenciados. La distancia al objeto se determina a través del conocimiento del tiempo de retardo entre la emisión del pulso y su detección a través de la señal reflejada, su ángulo es medido con alta precisión por el emisor. La posición del emisor se conoce a través de GPS, y el sistema inercial, si es que el sensor es aerotransportado.

Los sistemas LIDAR registran datos de posición (x, y y z) de los puntos en que se reflejan los pulsos emitidos por el sensor. Los datos resultantes dan lugar a una nube de puntos muy poblada, típicamente con una densidad de 0,5 a 4 pulsos/metro². Los pulsos emitidos por el sensor no son puntos perfectos. Éstos tienen un ancho determinado así, un pulso puede ser reflejado parcialmente por objetos que se interpongan en su camino sin interceptarlo completamente (Por ejemplo ramas). Los sistemas empleados actualmente permiten anotar las posiciones de los puntos del espacio donde se han producido estos rebotes parciales, así para un mismo pulso pueden obtenerse uno, dos, tres o más rebotes. Las coordenadas de los puntos donde se produjeron estos rebotes o retornos quedan anotadas. Igualmente para cada uno de los retornos se anota si ha sido el primero segundo etc... de los retornos procedentes de un mismo pulso así como el número total de retornos que se obtuvieron del pulso que los generó.

Los datos brutos que se obtienen del sensor contienen sólo las coordenadas de los puntos donde se produjeron reflexiones. No hay ninguna información explícita que diga cuando un punto pertenece o no al suelo y cuando un punto pertenece o no a la vegetación. Con el debido tratamiento se separó el conjunto de puntos que conforman el suelo dentro de la nube de puntos total. La separación de los puntos del suelo del resto de puntos está basada en el algoritmo de Krauss & Pfeifer (Kraus and Pfeifer, 1998) y está implementada en el programa FUSION (McGaughey, 2008). En base a estos puntos se obtienen los Modelos Digitales del Terreno. Éstos se emplean para transformar la altitud de cualquier punto en altura sobre el suelo.

Conociendo los datos de altura sobre el terreno, y sabiendo qué hay sobre él, conoceremos los datos de alturas de dichos objetos. En este caso los objetos sobre el terreno son árboles, por tanto obtenemos información relativa a la altura de la vegetación. La altura es una variable con muy buena relación con el diámetro y ya que las variables a predecir (excepto la densidad) están en relación directa con diámetro normal o diámetro y altura, es de esperar que se obtengan buenos modelos predictores.

Utilizando el programa informático FUSION, se obtienen las diferentes variables predictoras candidatas. Las variables que se decidió obtener son:

1- Mínima	14- Percentil 75
2- Máxima	15- Percentil 05
3- Media	16- Percentil 10
4- Mediana	17- Percentil 20
5- Moda	18- Percentil 30
6- Desviación típica	19- Percentil 40
7- Varianza	20- Percentil 50
8- Distancia intercuartilica	21- Percentil 60
9- Coeficiente de Skewness	22- Percentil 70
10- Coeficiente de Kurtosis	23- Percentil 80
11- AAD	24- Percentil 90
12- Percentil 25	25- Percentil 95
13-Percentil 50	26- Porcentaje de 1 ^{os} retornos por encima de 2 metros

6.5. AJUSTES DE MODELOS PREDICTORIOS

Para la estimación de las variables forestales objeto del estudio, se ha recurrido a estudiar la relación entre estas variables y una serie de variables que es posible obtener a

partir de los datos del sensor (LIDAR). Para estudiar estas relaciones se emplearon modelos de regresión lineal, los cuales se basan en las siguientes hipótesis:

La hipótesis estructural básica es la linealidad en la relación entre variable dependiente y variables predictoras:

Donde:

- Variable aleatoria dependiente
- Coeficiente independiente de la regresión lineal
- Coeficientes de las variables predictoras
- Valores conocidos de las variables predictoras
- Perturbación aleatoria

Además se establecen las siguientes hipótesis para la perturbación:

- Esperanza nula de la perturbación
- Varianza de la perturbación constante (homocedasticidad)
- Normalidad de la perturbación
- Independencia de las perturbaciones entre sí

Cuando estas hipótesis se verifican es posible obtener expresiones sencillas que permiten analizar la significación estadística del modelo (mediante estadística paramétrica).

Las relaciones obtenidas al ajustar los modelos de regresión, en general, deben considerarse como una aproximación simple, dentro de un rango limitado de valores, a la variación conjunta de una serie de variables. Por otro lado, la utilidad de estos modelos radica en que muchas relaciones no lineales pueden convertirse en lineales transformando las variables adecuadamente. En ciertos casos, la transformación de variables permite que se cumplan las hipótesis del modelo de regresión lineal.

En el presente estudio las hipótesis de homocedasticidad y normalidad de las perturbaciones no se cumplieron en ninguna de las pruebas que se realizaron cuando se consideraban variables sin transformar, por ello se realizó una transformación logarítmica de las variables dependientes, consiguiendo así verificar las hipótesis requeridas por el modelo de regresión lineal. Además este tipo de transformación permite homogeneizar la varianza en numerosas relaciones entre variables biométricas. Por ejemplo, en la relación volumen-

diámetro, cuanto mayor sea la magnitud de la variable diámetro mayor es la dispersión de la variable volumen, adoptando su representación una forma cónica. Por otro lado, el crecimiento acumulado de las variables forestales estudiadas sigue una distribución sigmoidea, pudiendo asimilar la primera parte de ésta a una función exponencial. Así, con la transformación logarítmica se consigue por un lado, homogeneizar la dispersión de la variable forestal asociada al aumento de edad y por otra parte obtener una relación lineal de las variables y una varianza homogénea de los residuos. (Andersen, H, et al., 2004) (Naesset, E., 2002). Una vez realizada la transformación se obtuvieron modelos que relacionaban variables dependientes transformadas con variables predictorias sin transformar:

Para el cálculo de los modelos es necesario tener una población muestreada de un tamaño suficientemente grande. Por este motivo los modelos desarrollados se ciñen al estrato correspondiente al *Pinus nigra*, que ocupa un 71,72 % de la superficie total de estudio y para el cual se tienen 84 parcelas de campo.

Dado que el conjunto de variables predictorias era muy elevado El primer paso en la selección de los modelos fue comprobar cómo se relacionaban las variables predictorias con las variables a predecir. Para ello, en STATGRAPHICS (Statistical graphics corp., 2000), se generó una matriz de correlación con todas las variables. Este es el primer filtro de variables explicativas, desechando las que peor correlación presentaron con las variables dependientes, atendiendo al valor del momento-producto de Pearson, que muestra la fuerza de la relación lineal tomando valores de -1 a +1, y al P-valor de los pares comparados, P-valores por debajo de 0,05 indican importancia estadística de correlaciones no-cero para un nivel de confianza del 95%. Con las restantes se hizo una selección de variables por regresión “paso a paso hacia atrás” o “backward-stepwise regression”, obteniendo así la estructura del modelo definitivo. Es decir este procedimiento sirvió para identificar las variables a introducir en el modelo definitivo.

Una vez conocidas las variables del modelo, los coeficientes multiplicativos, el coeficiente independiente y el error de predicción se obtuvieron mediante validación cruzada con ayuda del programa estadístico “R” (R Development CoreTeam, 2010), de modo que los coeficientes definitivos se obtuvieron haciendo la media de los ochenta y cuatro modelos obtenidos en el proceso de validación cruzada.

Una vez ajustados y validados los modelos, éstos se emplean para generar predicciones en puntos donde no se tiene información de campo. Para ello se genera una malla regular con celdas de superficie igual a la superficie de las parcelas empleadas en el ajuste de los modelos. En estas celdas se calculan las variables predictoras y posteriormente se aplica el modelo ajustado para producir estimaciones de la variable en cuestión.

6.6. INCERTIDUMBRE DE LAS PREDICCIONES

Al igual que las predicciones, cuyo cálculo se realiza en las celdas de una malla superpuesta al área de estudio y cuya superficie es igual a la de las parcelas del inventario, los intervalos de confianza se han calculado para cada una de estas celdas.

Dado que se han verificado las hipótesis del modelo general de regresión lineal se pueden calcular las incertidumbres mediante las expresiones que se indican a continuación. Una justificación detallada de estas expresiones se puede encontrar en (Peña, 2002).

Intervalo de confianza de las predicciones:

$$e^{\text{modelo predictivo}} \pm t_{\text{student}} * SEE * \sqrt{1 + C}$$

Sabiendo que SEE = error estándar de estimación y que $C = x_h' (X' X)^{-1} x_h$

Siendo X la matriz de observaciones, x_h el vector de las variables independientes en el punto donde se realiza la nueva predicción y X' , x_h' sus respectivas traspuestas.

6.7. DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo indican que los datos LIDAR pueden ser usados para hacer estimaciones con elevada precisión de las variables forestales volumen, biomasa total aérea y área basimétrica. Se comprueba la existencia de una buena correlación entre la distribución de alturas medida por el sensor y las variables forestales medidas en las parcelas de campo. Los resultados obtenidos, por los procedimientos de ajuste de modelos por regresión lineal y validación cruzada, muestran que los modelos poseen una elevada

precisión en las predicciones obtenidas en el total del área de estudio, obteniéndose unos valores en los coeficientes de determinación de 0,899 para el volumen, 0,885 para la biomasa total aérea, 0,880 para el área basimétrica y 0,527 para la densidad de pies.

En consecuencia, los modelos de regresión lineal calculados en el presente trabajo, son de aplicación al área de estudio, con unos valores de R^2 de 0,899, 0,880 y 0,527 para el volumen, área basimétrica y número de pies por hectárea respectivamente.

Estos valores son muy similares, excepto el relativo a densidad, a los resultados obtenidos por Naesset (2002) en un bosque de *Pinus sylvestris* L. noruego, en el que obtuvo unos coeficientes de determinación de 0,910, 0,860 y 0,840 para volumen, área basimétrica y densidad respectivamente. Para la biomasa el R^2 obtenido es de 0,873 siendo de 0,885 para la variable transformada, que resulta ser también muy similar al obtenido por Andersen (2005) cuyo coeficiente de determinación fue de 0,860 para la variable transformada. Estos últimos, siendo similares a los obtenidos en este estudio, han sido aceptados por el U.S. Forest Service como modelos de aplicación en la zona Pacífico-Noroeste (Estados de Oregón y Washington). Además han sido implementados en la extensión Canopy Fuel Estimator del programa informático FUSION.

Si se comparan entre sí los modelos obtenidos, se comprueba que la precisión con que se estiman las variables volumen, área basimétrica y biomasa es netamente mejor que la que se obtiene para la estimación de la densidad. Este hecho ya se ha observado en varias ocasiones en los estudios previos citados. Esto se puede deber a que los pies de menor tamaño, que pueden pasar desapercibidos en la nube de puntos, tienen una elevada influencia en el número de pies por hectárea y sin embargo, debido a su pequeño tamaño, apenas aportan área basimétrica, volumen o biomasa.

Existen diversas posibles vías de introducción de errores, que explicarían las diferencias entre las estimaciones y las observaciones. En primer lugar, y al contrario que la medición del área basimétrica, el volumen observado en las parcelas no ha sido evaluado de forma directa (apeo de pies y medición exhaustiva), sino que se han aplicado las supertarifas de cubicación del Inventario Forestal Nacional particularizadas para la provincia de Cuenca. En segundo lugar y de igual modo, la biomasa total aérea se ha calculado aplicando las ecuaciones desarrolladas por el equipo de Montero de Burgos, recogidas en la Monografía 13 (forestal) del INIA. En tercer lugar, la correspondencia geográfica de las parcelas reales

(campo) con las parcelas digitales (LIDAR) no es absolutamente segura. Pueden existir desplazamientos, que aún siendo de poca magnitud, provocan una diferencia de la distribución de alturas entre ambas ubicaciones y, ya que los modelos predictores están basados en dicha distribución de alturas, una ubicación inexacta provocará errores en la creación de los modelos y en futuras predicciones. La metodología empleada, en la que generalmente se hace necesaria una transformación logarítmica, posibilita la estimación de las cuatro variables mencionadas en áreas de superficie igual a la de las parcelas de inventario, así como el cálculo del intervalo de confianza de esas predicciones. Sin embargo, aunque se puede estimar cualquiera de las cuatro variables a nivel de monte, el cálculo directo del intervalo de confianza para esta estimación es complejo y plantea importantes cuestiones relacionadas con la correlación espacial de los errores o la falta de linealidad de los modelos empleados. Este mismo problema se presenta en los estudios consultados (Naesset, 2002) (Andersen et al., 2005) (Riaño et al., 2004) (Popescu, 2007) (Coops et al., 2007) (Kim et al., 2009) (García et al., 2010) estos estudios se limitan a presentar los modelos de regresión lineal acompañados del R^2 y no proporcionan una incertidumbre para la estimación de variables a nivel de monte.

Para solventar este problema se puede recurrir al método Boot-strap (McRoberts, 2010). Con la adquisición de nuevos datos LIDAR, año tras año, se podrá hacer una estimación de la evolución del monte en términos de crecimiento, pudiendo estimar los crecimientos corriente y continuo. En el futuro, la adquisición de datos LIDAR será fácil, ya que está prevista su distribución a través de los mismos servidores del PNOA.

Estos datos serán de menor densidad, por lo que habrá que ajustar modelos en base a esos datos, pero los mecanismos de elaboración de los algoritmos predictores podrían ser los expuestos en este trabajo. Con una cobertura completa del territorio Nacional, sería factible la estimación de las variables tratadas aquí, así como de otras que guarden buena relación con la altura de las masas, esto facilitaría los futuros inventarios de masas forestales, sin restricción de tamaño, como el IFN. Además el PNOA está pensado para ser periódicamente actualizado (cada dos años), de modo que podría ser una fuente de datos de fácil acceso para hacer estudios de crecimiento basados en datos LIDAR.

Por otra parte, la metodología desarrollada demuestra el potencial que posee la aplicación de estas modernas tecnologías en la gestión de espacios naturales, en concreto la de masas forestales.

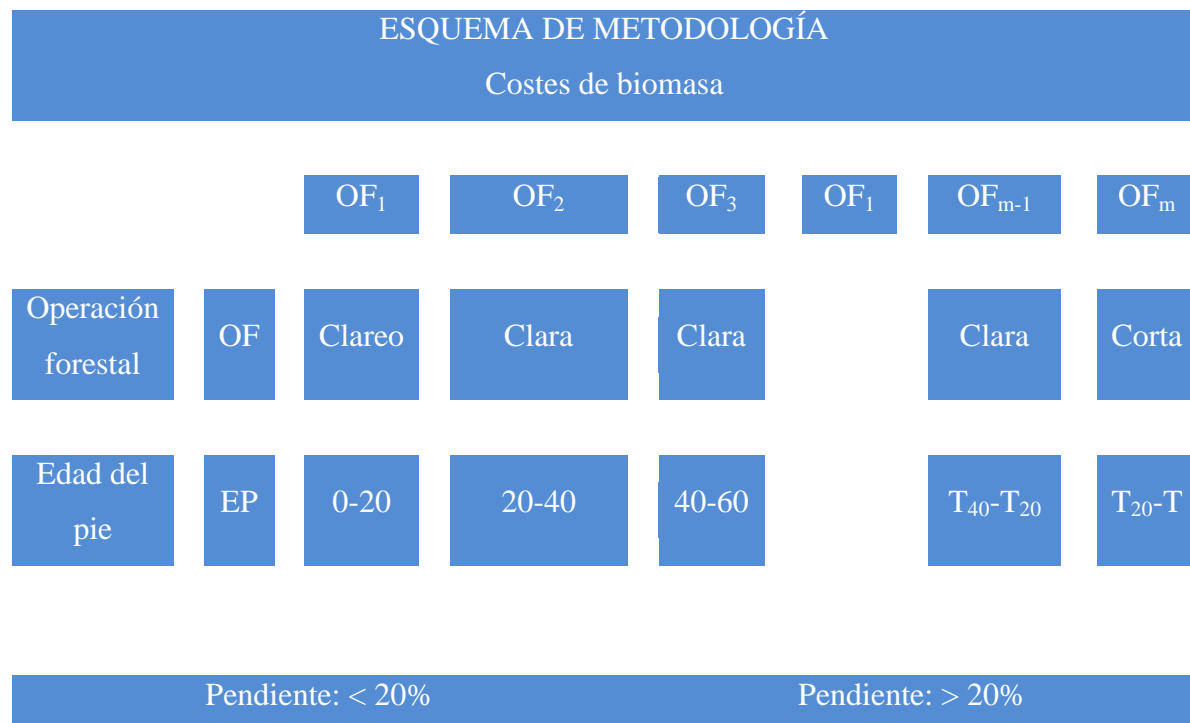
6.8. CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo muestran que es posible aplicar los modelos obtenidos, aportando estimaciones con alta precisión de las variables volumen, biomasa total aérea y área basimétrica. Aplicando además la metodología propuesta, se obtienen mapas que proporcionan la distribución espacial de estas variables, así como los intervalos de confianza de sus estimaciones. Igual que ha ocurrido en estudios anteriores, el número de pies por hectárea es la variable que peores resultados de estimación ha presentado. Por el contrario, para las variables volumen, biomasa y área basimétrica, en las cuales la influencia de los árboles de menor tamaño es escasa, los resultados obtenidos son mucho mejores.

7. EVALUACIÓN DE LOS COSTES DE LA BIOMASA

7.1. EVALUACIÓN DE COSTES DE RECOLECCIÓN

La metodología para la obtención de los costes de la biomasa forestal total se resume en el siguiente esquema:



Reunión (R_i)	Reunión (R_i)
Desembosque (D_i)	Desembosque (D_i)
Empacado (E_i)	Empacado (E_i)
Costes (OF) = $R + D + E$ (€/t ms)	Costes (OF) = $R + D + E$ (€/t ms)

Los costes medios de recolección de la biomasa (suma de los costes de reunión, desembosque y empacado), tanto de la fracción arbórea como de la arbustiva, se determinan en función de las cantidades de materia seca por hectárea de cada estrato. El coste de las operaciones silvícolas es diferente, dependiendo de la clase de operación realizada (claras, clareos o corta final), de la especie y su estado de masa y de la pendiente del terreno. Según la pendiente del terreno se establecen dos grupos dependiendo de si ésta es mayor o menos del 20%, dado que tanto la maquinaria y métodos de recogida como los rendimientos varían sustancialmente en ambos casos. En el caso del matorral los grupos que se establecen para pendientes menores y mayores del 30%.

Los costes de recolección básicos se han obtenido suponiendo una acumulación superficial media de biomasa residual de 7 t ms/ha, en masas arboladas y 22 t ms/ha en superficies de matorral. Para la biomasa de estratos arbolados los costes básicos han sido corregidos para acumulaciones diferentes utilizando un factor de corrección.

Los costes corregidos obtenidos para las diferentes operaciones selvícolas en cada estrato han sido ponderados por las cantidades superficiales (t ms/ha) de cada operación obteniendo así un valor único medio para cada estrato y para cada tipo de pendiente del terreno: >20% y <20% en estratos arbolados; >30% y <30% en matorral.

La estimación de los costes de recolección de la biomasa disponible se ha realizado sobre el mapa de recursos de biomasa disponible (t ms/ha) obtenido del mapa de recursos de biomasa disponible en t ms/ha año y multiplicado por el número de años que difieren los aprovechamientos. El factor de corrección ha sido aplicado utilizando la función de algebra de mapas, permitiendo así obtener un mapa final de costes de recolección para cada uno de los estratos y para cada una de las dos clases de pendientes consideradas.

7.2. EVALUACIÓN DE LOS COSTES DE TRANSPORTE DE LA BIOMASA

El coste de transporte de la biomasa tanto arbórea como arbustiva se diferencia según el tipo de vía utilizada: pistas o carreteras. Se ha considerado transporte directo a los cargaderos del monte a la central, sin pasar por parques intermedios, para reducir al máximo este coste.

El tipo de vehículo que se ha supuesto es un camión tráiler provisto de grúa forestal detrás del chasis para autocargarse. Puede transportar un máximo de 48 pacas cilíndricas de 2,5 m de largas por 0,6 de diámetro con un peso medio de 350 kg ms/paca. También transporta madera enrollada cortada a 2,5 m de largo hasta un máximo de 24 toneladas.

De esta manera, el camión irá hasta el cargadero del aprovechamiento o a pie de pista, lugar donde se ha reunido la biomasa, cargará las pacas o las trozas mediante su grúa y las transportará hasta el parque de la central. El empleo de estos camiones junto con el sistema de empacado evita la existencia de elementos auxiliares como palas cargadoras en el monte.

Para hallar la distancia mínima del lugar de reunión a la carretera, se utiliza la herramienta *Euclidean Distance* de la extensión Spatial Analysis de ArcGis, que genera un cálculo de la distancia en línea recta existente entre el píxel del aprovechamiento y la carretera más cercana. Dado que el transporte hasta la carretera se realizará sobre pista forestal, se aplica un factor de corrección (factor “zig-zag”) sobre la distancia euclídea. Este factor es diferente para las distintas pendientes del terreno.

La distancia por carretera hasta la central se ha determinado mediante la utilidad *Make Service Area Layer* de ArcGis que permite estimar la distancia entre el punto de la planta de biomasa y los distintos puntos de la red viaria.

Para calcular el coste total del transporte se ha construido una ecuación que relaciona ambas distancias (por pista y por carretera) con el coste por kilómetro rodado de camión cargado y por la carga del mismo.

7.3. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS PARA POSIBLES PROYECTOS

Una vez definidos los recursos de biomasa utilizables y calculados los costos de extracción, se comenzó la evaluación de distintas alternativas para la utilización energética de la biomasa. En primer lugar se ha estimado la creación de plantas de generación eléctrica puras. La aplicación de la biomasa en la planta de Carcaixent podría ser una oportunidad interesante. Asimismo, se ha considerado el empleo de la biomasa en aplicaciones térmicas del sector industrial y del sector doméstico, en este último caso para la calefacción y ACS mediante una central de calefacción de distrito a un conjunto de viviendas próximas.

De las aplicaciones descritas, las más viables han estado centradas en los usos térmicos en el sector doméstico y en este contexto se ha considerado como acción prioritaria la creación de una instalación de biocombustibles sólidos, como medida eficaz para asegurar su suministro en la zona y promover, así, el mercado local. A pesar de sus mayores costos de producción frente a otros biocombustibles sólidos, se ha considerado como posible alternativa de elección la producción en la zona de pellets de biomasa, por las siguientes razones:

- Es el único biocombustible sólido que permite una exportación a distancias relativamente grandes, incluso a otros países, dada su mayor densidad y escaso contenido en agua. En este sentido, es previsible que una parte considerable de los biocombustibles sólidos producidos en la zona deban exportarse.
- En la situación actual es competitivo en precio por unidad de energía con los combustibles fósiles y su aplicación en el sector doméstico es económicamente favorable, principalmente frente al gasóleo.
- Es el biocombustible sólido que tiene en el mercado mayor expansión en muchos países europeos como Alemania (450.000 t en 2005), Francia (30% de incremento anual en los últimos años), Italia y, fundamentalmente, los países nórdicos, como Suecia a la cabeza (1.600.000 t en 2005), lo que da unas mejores perspectivas a su venta. En España también se está produciendo un incremento considerable de la demanda, si bien la escasez de suministradores y de demandantes está dificultando su utilización.

- Es el biocombustible sólido de mayor calidad en cuanto a que produce una mayor eficiencia de combustión y menores emisiones en las calderas que otros combustibles análogos.

No obstante y teniendo en cuenta la posibilidad de demanda local de otros biocombustibles, se ha tenido en cuenta en algunas de las alternativas evaluadas la producción de astillas de calidad (15% de humedad), junto a los pelets.

Una vez definidos los biocombustibles a producir, hay que tener en cuenta que tanto en el caso de los pelets (humedad menor al 10%) como en el de astillas de calidad (humedad 15%) será preciso un secado de la biomasa recogida, lo que precisará de un consumo térmico importante. Por ello y teniendo en cuenta las condiciones del RD 661/2007 ya mencionado, se ha considerado el interés de evaluar la instalación de una planta de cogeneración anexa a la planta de biocombustibles con dos aplicaciones para la energía térmica: secado de biomasa y calefacción del sector doméstico mediante sistema de distrito. Como opción para generación eléctrica se ha considerado el innovador ciclo rankine orgánico, de menores costes de inversión que el ciclo de vapor clásico y que permite la producción de electricidad en plantas inferiores a 1 MW, para las que no existen en el mercado turbinas de vapor. Esta alternativa, todavía no implementada en España aunque con numerosas plantas en funcionamiento en Europa, podría favorecer la captación de ayudas al proyecto, por su carácter demostrativo para nuestro país de esta tecnología.

Alternativa	Biocombustibles producidos t.m.s./año	Capacidad eléctrica neta planta MW	Ciclo Rankine	Aplicación térmica
1	Astillas: 17.000 Pellets: 18.000	0,96	Vapor	-Secado de biomasa -Calefacción de distrito (DH)
2	Astillas: 17.000 Pellets: 18.000	0,94	Orgánico (OCR)	-Secado de biomasa
3 Opción A	Pellets: 14.850	0,218	Orgánico (OCR)	-Secado de biomasa
3 Opción B	Pellets: 14.850	0,218	Orgánico	-Secado de biomasa

(OCR) -Calefacción de distrito (1)

(1) Caldera térmica de biomasa específica

Los casos han sido definidos teniendo en cuenta la biomasa utilizable y la posibilidad de obtener el ingreso extra por generación de electricidad en plantas de cogeneración de biomasa de alta eficiencia, que se contempla en el RD 661/2007. La aplicación térmica considerada para el sector ha sido la iluminación pública del municipio y la calefacción de la piscina municipal. La planta de cogeneración se ha optimizado teniendo en cuenta los requerimientos térmicos de la planta de biocombustibles.

Las dos primeras alternativas mostradas en la tabla anterior corresponden a una supuesta situación de gran desarrollo del mercado de los biocombustibles, incluido el local, a corto plazo. En este contexto se emplea una cantidad de biomasa próxima a la considerada como utilizable en la actualidad.

Las alternativas 3A y 3B corresponden a los proyectos en los que se usa algo más del 25% de la biomasa que se ha estimado como utilizable y en los que la central de cogeneración ha sido dimensionada para producir la energía térmica necesaria para el proceso de secado de la biomasa (opción A) y para el proceso de secado y calefacción de distrito (opción B). en este último caso mediante una caldera térmica de biomasa específica para este uso.

En las instalaciones de menor tamaño (alternativas 3) no se ha considerado la posibilidad de producir astillas secas debido a que, al diversificar la producción, disminuiría significativamente la eficiencia de los equipos de producción en la planta de pellets.

7.4. EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA ALTERNATIVA CONSIDERADA

Mediante el uso de herramientas económicas se determinará la rentabilidad económica del proyecto, y por tanto, de ello dependerá su viabilidad desde el punto de vista económico.

Para obtener estos indicadores económicos se habrán de conocer diferentes aspectos

de nuestra planta, como son:

Coste del proyecto

El coste del proyecto, que viene desglosado en el documento correspondiente al presupuesto. Incluye los siguientes aspectos:

- Adquisición del terreno.
- Construcción de los edificios industriales
- Sistema de alimentación de combustible
- Compra e instalación de los equipos constituyentes del proceso

El coste del proyecto asciende a la cantidad de 2.531.966,44 €.

Costes de operación y mantenimiento

Se han estimado una serie de gastos de explotación y mantenimiento de las instalaciones, cuyos gastos son los siguientes.

- Mantenimiento motogenerador: 1 €/MWh: 10.734,9 €
- Mantenimiento preventivo instalaciones: 3.000 €
- Mantenimiento correctivo 1% del presupuesto: 25.319,66 €
- Seguros: 0,5% del presupuesto: 12.972,55 €
- Sueldos brutos: 149.436 €
 - Jefe de la planta: 28.792 €/año
 - Jefe de mantenimiento: 26.468 €/año
 - Operario: 23.544 €/año

Total costes de operación y mantenimiento: 201.462,31 €

Coste de la biomasa

Como se ha especificado tanto en la memoria como en el anexo 'Recogida de biomasa' (Anexo III), para la planta se podrá obtener biomasa residual procedente de tratamientos silvícolas o de industrias de primera transformación.

Como el precio de los residuos de industrias de primera transformación será en principio mayor que el de la biomasa procedente de aprovechamientos silvícolas, se supondrá en principio que la biomasa de la planta será procedente de estos últimos.

Según se detalla en el proyecto, el coste 1 Tm de biomasa es de 33 €.

$$33 \text{ €/Tn} * 12476 \text{ Tn} = 411.708 \text{ €}$$

Luego el coste anual de la biomasa es de 411.708 €.

Ingresos por la venta de energía

Se ha llevado a cabo en el apartado 6, donde se han diferenciado dos tipos de retribución según la legislación a aplicar para los precios de la energía eléctrica.

- Venta energía eléctrica

- Según RD 661/2007: *1.599.470,97 €/año*

- Según RD 1/2012: *554.281,65 €/año*

- Ingresos venta energía térmica: *268.312,01 €/año*

Por lo tanto, con la normativa del RD 661/2007 se ingresarían *1.867.782,981 €* y con el RD 1/2012 la cantidad ingresada baja hasta los *822.593,01 €*

INDICADORES DE LA RENTABILIDAD

En las Tablas I.10 y I.11 se muestra el cálculo de los indicadores de la rentabilidad para el RD 661/2007.

VAN (Valor Actual Neto)

Es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos

de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial, de tal forma que si es mayor, será recomendable que el proyecto sea aceptado.

Permite calcular el presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La fórmula que permite su cálculo es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + K)^t}$$

Donde:

V_t , representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 , es el valor del desembolso inicial de la inversión

n , es el número de periodos considerado

k , es la tasa de actualización económico, que en este caso se toma del 5%.

Para el cálculo de la amortización, supondremos que tanto los edificios industriales como el terreno mantendrán su valor residual, por lo que deberemos amortizar los equipos, que se les ha supuesto una vida útil de 16 años (0,0625 % anual).

El impuesto sobre sociedades en España es del 30% sobre el beneficio bruto.

A continuación, en las tablas siguientes se muestra el cálculo de los beneficios para el primer año de funcionamiento de la planta según las dos:

INGRESOS	
Energía eléctrica	1.599.470,97 €
Energía térmica	268.312,01 €
Ingresos totales	1.867.782,98 €
GASTOS	

Biomasa	411.708 €
Operación y mantenimiento	201.462 €
Amortización	84.794,43 €
Gastos totales	697.964,43 €
Beneficio neto	1.169.818,55 €
Impuestos de sociedades (30%)	350.945,56 €
Beneficio neto después de impuestos	818.872,99 €
Flujo de caja año 1 según RD 661/2007	

INGRESOS

Energía eléctrica	554.281,65 €
Energía térmica	268.312,01 €
Ingresos totales	822.592,01 €

GASTOS

Biomasa	411.708 €
Operación y mantenimiento	201.462 €
Amortización	84.794,43 €
Gastos totales	697.964,43 €
Beneficio neto	124.627,58 €
Impuestos de sociedades (30%)	37.288,27 €
Beneficio neto después de impuestos	87.239,31 €
Flujo de caja año 1 según RD 1/2012	

- RD 661/2007 - VAN = 9.379.795 €
- RD 1/2012 - VAN = - 309.414,86 €

TIR (Tasa Interna de Retorno)

Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el coste de oportunidad de la inversión. Si la TIR supera la tasa de corte, se acepta la inversión.

La fórmula para esta expresión es la que hace el Valor Actual Neto de una inversión igual a cero.

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + K)^t}$$

- RD 661/2007 - *TIR* = 38%
- RD 1/2012 - *TIR* = 3%

PAY BACK (Periodo Medio de Maduración)

Es el plazo de recuperación de la inversión, es decir, el periodo de tiempo que necesita una inversión para que el valor actualizado de los flujos netos de caja iguale al capital invertido. Permite seleccionar aquellos proyectos cuyos beneficios permitan recuperar más rápidamente la inversión.

- RD 661/2007 - *PAY BACK* 2-3 años
- RD 1/2012 - *PAY BACK* 12-13 años

8. RESULTADOS

8.1. EVALUACIÓN DE RECURSOS Y COSTES DE LA BIOMASA

La biomasa forestal se genera en los procesos productivos vinculados a los aprovechamientos forestales. De ella una parte se utiliza como materia prima para su transformación (madera, corcho, etc.) y otra se puede utilizar como combustible en forma de biomasa. Dicha biomasa forestal se genera en diferentes puntos:

1) Recursos generados directamente en las explotaciones forestales. (Biomasa forestal primaria).

2) Restos generados en la primera transformación de la madera como son aserraderos e industrias de tableros. (Biomasa forestal secundaria).

3) Restos generados en industrias de segunda transformación como la industria del mueble, carpinterías, papelerías, etc. (Biomasa forestal secundaria).

Los restos generados en la industria de aserrado, tableros, pasta y segunda transformación, son materiales generalmente de buena calidad energética, con alto poder calorífico, alta densidad y baja humedad, y además están concentrados en los puntos de producción de las diferentes empresas. No se consideran recursos forestales aunque su procedencia inicial sea el monte.

Mediante un sistema de recogida y transporte bien organizado estos recursos son ampliamente utilizados, bien para la producción de energía calorífica o en plantas de generación de energía eléctrica.

Las actuaciones en las que se forman los recursos forestales se planifican previamente, siendo necesarias para la sostenibilidad del espacio forestal.

Estas actividades forestales son:

- Los tratamientos selvícolas para mejora de las masas forestales, tales como claras, clareos, podas, selección de rebrotes, etc.

- Cortas finales de pies maderables. En éstas se producen cantidad de recursos compuestos por copas, ramas, despuntes, hojas y acículas.

- Prevención de incendios. Para ellos se realiza limpieza de monte, cortafuegos, limpieza de matorrales, etc.

En la siguiente tabla vemos la biomasa aprovechable generada en cada uno de las actividades forestales:

TIPO DE ACTIVIDAD	TIPO DE MONTE	BIOMASA GENERADA
Tratamientos silvícolas - Clareos o primeras claras. - Desbroces de sotobosque. - Podas. - Cortas de policía.	Estos tratamientos se realizan en montes cuyo principal aprovechamiento es la madera.	- Árboles de pequeñas dimensiones $D < 7$ sin interés comercial. - Árboles secos y enfermos. - Ramas de poda. - Biomasa del estrato arbustivo y de especies arbóreas secundarias
Aprovechamientos madereros - Claras y cortas finales	Las claras se realizan en los montes madereros densos. Las cortas finales se realizan en todos los montes arbolados madereros	- Copas (ramas y rabeones). - Copas (ramas y rabeones) pies secos o sin interés. - Destoconado (choperas, etc)
Incendios, vendavales, nevadas y grandes plagas	Pinares, zonas de montaña.	- Árboles quemados o secos sin interés comercial.
Cosecha y desbroce de matorrales - Repoblaciones - Pastizales	Especies invasoras heliófilas de las familias leguminosas, ericáceas, cistáceas, etc.	Biomasa de la parte aérea de la planta.
Otros - Prevención de incendios. - Apertura de caminos, líneas eléctricas, cortafuegos, etc.	Varios	Varios

La intensidad con la que se generan los recursos depende fundamentalmente de:

- La especie forestal, intervalo de edad y tratamiento a realizar. Por ejemplo las claras se realizan en intervalos diferentes en una especie u otra, y además varía en función

de la edad de cada planta o conjunto.

- La planificación de las intervenciones impuesta por la Administración a través de los Planes de Ordenación Forestales.

Los tratamientos hasta ahora normales y más comunes de esta biomasa son la quema controlada y el acordonado del material en el monte. En raras ocasiones se trituran o astillan quedándose en la mayor parte de los casos el material disperso por la zona de corta, abandonándose y, en cierta medida, favoreciendo su incorporación al suelo.

La recogida de estos recursos para su aprovechamiento supone un coste adicional aunque elimina los costes que acarrea la quema controlada de éstos que es obligatoria en la mayoría de los países, incluida España.

El abandono de los restos forestales en el monte supone en muchos casos un impacto ambiental. El elevado volumen de biomasa sobrante tiene una lenta descomposición, permaneciendo largo tiempo en el lugar. En la época calurosa estos recursos sufren un secado aumentando la probabilidad de ser focos con alto riesgo de incendio. Además, dificulta la movilidad de la fauna existente y puede suponer la aparición de plagas.

Los recursos forestales han sido aprovechados como fuente energética por el hombre desde la invención del fuego, pero hasta el momento, no han sido aprovechados como fuente energética para la producción masiva de energía eléctrica. Razones técnicas, económicas y sociales han propiciado esta inutilización. Por ello, la explotación de estos recursos requiere de la optimización de los procesos de extracción, transporte y transformación. Sin embargo, en la actualidad, para proyectos que utilicen la biomasa forestal como combustible, se hace necesario e imprescindible el apoyo institucional mediante incentivos a la inversión y primas adicionales por la generación y venta de energía eléctrica.

El aprovechamiento energético de los recursos debe de tener viabilidad técnica y económica, y ser ecológicamente sostenible, es decir, debe quedar supeditado al correcto manejo de las masas y operaciones forestales. Esto obliga a realizar trabajos selvícolas, podas,clareos y claras, no siempre rentables económicamente. El aprovechamiento energético de los recursos forestales originados en estas labores puede rentabilizar estas tareas.

8.2. EVALUACIÓN DE LOS COSTES DE RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LA BIOMASA

La ecuación que se ha usado para evaluar el coste de un camión tráiler ha sido la siguiente:

$$\text{Coste}_{\text{total}} = \text{Coste}_{\text{rodando}} (\text{Cr}) + \text{Coste}_{\text{terminal}} (\text{Ct}) + \text{Coste}_{\text{combustible}} (\text{Cc})$$

El coste rodado está compuesto por el coste del camión derivado del tránsito por pista y por carretera, cargado y descargado. Este coste depende de la distancia que tenga que recorrer, la velocidad media a la cual transita y el tiempo que tarda en realizarla.

$$\text{Cr} = \text{Coste}_{\text{horario}_{\text{rodando}}} (\text{Chr}) * \text{Tiempo}_{\text{rodando}} (\text{Tr})$$

$$\text{Tr} = \text{Tiempo}_{\text{pista}} (\text{Tp}) + \text{Tiempo}_{\text{carretera}} (\text{Tc})$$

$$\text{Tp} = \text{Distancia}_{\text{pista}} (\text{x}) / \text{Velocidad}_{\text{de pista de cargado}} + \text{Distancia}_{\text{pista}} (\text{x}) / \text{Velocidad}_{\text{de pista descargado}}$$

$$\text{Velocidad}_{\text{de pista de cargado}} = 20 \text{ km/h}$$

$$\text{Velocidad}_{\text{de pista de descargado}} = 40 \text{ km/h}$$

$$\text{Tp} = \text{Distancia}_{\text{carretera}} (\text{y}) / \text{Velocidad}_{\text{de carretera cargado}} + \text{Distancia}_{\text{pista}} (\text{y}) / \text{Velocidad}_{\text{de carretera descargado}}$$

$$\text{Velocidad}_{\text{de carretera cargado}} = 60 \text{ km/h}$$

$$\text{Velocidad}_{\text{de carretera descargado}} = 80 \text{ km/h}$$

Ct (€/t ms) está relacionado con el tiempo que se tarda en cargar el camión en la pista y descargarlo en el parque de la planta.

$$\text{Ct} = \text{Coste}_{\text{horario}_{\text{terminal}}} (\text{Cht}) * \text{Tiempo}_{\text{terminal}} (\text{Tt})$$

$$\text{Tt} = 1,76 \text{ horas necesarias para carga o descarga (se ha tomado como constante)}$$

Cc (€/ km rodado) incluye el precio del gasoil y el del aceite consumido y depende de la distancia recorrida por pista y por carretera.

$$C_c = \text{Coste combustible por km } (C_{c_{km}}) * [\text{Distancia}_{\text{pista}} (x) + \text{Distancia}_{\text{carretera}} (y)] * 2$$

$$\text{Coste}_{\text{total}} = \text{coste}_{\text{total}} * \text{Peso total biomasa } (0,25 \text{ t ms/paca} * 48 \text{ pacas})$$

Se ha obtenido la siguiente ecuación:

$$\text{Coste}_{\text{total}} = 0,36 x + 0,23 y + 2,91 \text{ (euros/t ms)}$$

El coste total es dividido entre el peso que es capaz de transportar el camión (1 y 2).

$$(1) \text{ Peso total biomasa en camión} = 0,35 \text{ t ms/paca} * 48 \text{ pacas}$$

$$(2) \text{ Coste}_{\text{total}} \text{ (por unidad transportada)} = \text{Coste}_{\text{total}} / \text{peso total biomasa (t ms)}$$

Obteniéndose la siguiente expresión de cálculo de coste de transporte (3)

$$(3) \text{ Coste}_{\text{total}} = 0,258 * \text{distancia pista } (x) + 0,154 \text{ distancia carretera } (y) + 2,633$$

La aplicación de cada ecuación a la distancia de cada píxel hasta la central da como resultado el coste del transporte por unidad de t ms desde dicho píxel hasta la planta. En la siguiente tabla se muestran los costes básicos horarios y de combustibles utilizados.

Costes básicos de transporte	
Coste horario rodando (€/hora)	38,26
Coste horario terminal (€/t ms)	25,13
Coste combustible (€/km)	0,74

Existen algunas zonas donde la distancia calculada desde la zona de corta hasta el cargadero, realizada por un autocargador, superó los 400 metros debidos a la accidentada orografía del terreno y a una baja densidad de pistas. A estos píxeles les fue sumando un coste adicional al calculado en la expresión (3) obtenido a través de la siguiente expresión (4):

$$(4) \text{ Coste autocargador} = 0,073 * \text{distancia corta-cargadero} + 4,265$$

8.3. RESUMEN DE RECURSOS Y COSTES

Los tipos de biomasa incluidos en la cuantificación son los siguientes: Biomasa

forestal, biomasa agrícola y biomasa residual.

La biomasa forestal se ha estimado en dos grupos. Por un lado, la biomasa obtenida como consecuencia de la realización de tratamientos selvícolas y podas, es decir, biomasa que en la actualidad no tiene apenas salidas comerciales diferentes de la energética. En este grupo se incluyen además de las superficies arboladas, aquellas cubiertas por matorrales. Por otro lado, de forma separada, se ha cuantificado la biomasa que se obtendría en la realización de claras en pinares mediante la extracción del árbol completo, es decir, medra en rollo de pequeñas dimensiones que actualmente se utiliza en la industria de la madera para trituración o embalajes fundamentalmente y el residuo correspondiente a ramas y corteza.

La superficie forestal del municipio de estudio es aproximadamente 6.000 ha., dando como resultado aprovechable de 66.000 t ms/año en concepto de biomasa procedente de tratamientos selvícolas. Por otro lado se podrían conseguir también anualmente alrededor de 5.000 t ms en subastas de madera de industria (claras).

En la siguiente tabla se muestran las cantidades y costes medios de la biomasa disponible según pendiente.

La biomasa que se ha estimado como más abundante es la del matorral (49%) del total seguida de la que podría obtener en masas de quercineas (39 % del total). La limpieza de pinares y el aprovechamiento de residuos de corta en pinares supondrían un 4 y un 2 % respectivamente. Las claras podrían suponer un 4 % de la biomasa disponible.

Es importante destacar que aproximadamente el 70% de la biomasa considerada disponible se sitúa en pendientes superiores al 20 % e inferiores al 60% (considerado este último como límite del aprovechamiento).

Respecto a los costes de recogida y transporte de la biomasa se ha estimado que el coste medio se incrementa de forma notable según la categoría de la pendiente (desde 65,49 €/t ms hasta 92,46 €/t ms). El coste medio ponderado para la zona es de 83,61 €/t ms.

La biomasa disponible en los aprovechamientos de claras se ha estimado en 5.354 t ms/año con un coste medio de 72,42 €/t ms.

Respecto a la biomasa agrícola la cantidad media de biomasa residual agrícola

producida en el periodo 2003-2005 se ha estimado en 8.445 t/año.

Los cultivos energéticos pueden tener interés a medio plazo pero se ha observado una gran fragmentación de las tierras que pudieran ser aptas para la instalación de plantaciones de turno corto u otro tipo de cultivos y por tanto la mecanización de las labores sería difícil o antieconómica en las condiciones actuales.

8.4. ALTERNATIVAS DE UTILIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA BIOMASA

La estimación de los recursos reutilizables ha dado como resultado una posibilidad de biomasa utilizable, excluyendo el matorral, de unas 66.000 t ms/año. Se trata de biomasa de origen forestal y agrícola con humedades medias en el momento de la recolección de entre el 40 y el 50%. Con esta cantidad y tipo de biomasa pueden plantear opiniones de utilización para la biomasa sólida que se han centrado en 4 opciones:

1. Producción de electricidad mediante uso directo de centrales de biomasa puras o en co-combustión en la planta de Carcaixent.
2. Producción térmica en el sector industrial.
3. Producción térmica en el sector doméstico (calefacción y ACS).

A continuación se describen brevemente las conclusiones obtenidas de las opciones consideradas.

La opción 1, supone la utilización de la biomasa de forma directa en la producción de electricidad en una central de tamaño relativamente pequeño. Con las 66.000 t ms utilizables se podría instalar una central de alrededor de 5 MWe con ciclo Rankine de vapor, cuya eficiencia eléctrica neta no sería superior al 22-24%. Los ingresos en este proyecto, que sería de mayor rentabilidad en este campo, procederían únicamente de la venta de la electricidad en régimen especial regulada por el RD 661/2007

Las aplicaciones de calor industrial, opción 2, entran en competencia con combustibles como el gas natural que, a los precios de la biomasa en el zona, resulta un combustible más barato y menos complejo de usar, además de ser mucho más económica la inversión en los equipos energéticos. En este apartado no se ha considerado la utilización de

residuos agroindustriales por las propias industrias que los generan, fundamentalmente la vinícola.

La alternativa 3 se ha revelado como la más competitiva, dados los mayores costos del gasóleo e incluso del gas natural en comparación con los combustibles derivados de la biomasa utilizable en la zona. El mercado térmico de la biomasa en el sector doméstico es, por otra parte, un mercado en auge en muchos países de nuestro entorno, como Italia, donde el incremento de la demanda interna de combustibles como pellets de biomasa no puede ser satisfecha por la producción nacional y se están llevando a cabo importaciones de estos productos de biomasa. En el mercado doméstico nacional se prevé una tendencia similar en los próximos años como consecuencia, entre otros factores, del marco favorable establecido en el nuevo Código Técnico de la Edificación por la que se obliga (sección HE4) a la instalación de placas solares u otra fuente de energía renovable (sección HE4, 1.1, a) como la biomasa para la producción de agua caliente sanitaria en edificios nuevos o rehabilitados.

Es, por otra parte, de interés el considerar que el desarrollo comercial de los biocombustibles sólidos en el sector doméstico se presenta ligado a la utilización de productos con una calidad cada vez mayor, entendida como una mayor densidad y homogeneidad y menor contenido en humedad. Ello favorece la viabilidad del transporte, almacenaje y uso energético limpio y eficiente de los combustibles, factores clave a la hora de desarrollar este mercado. En este sentido, la utilización de combustibles como los pelets y las astillas secas, de buena calidad, se está imponiendo en los mercados más desarrollados de la biomasa, frente a otros combustibles, incluidas las astillas húmedas, cuya utilización se ve reducida, en todo caso, a mercados muy locales. En este sentido y teniendo en cuenta que la movilización de los recursos de biomasa en el municipio de estudio debe traer consigo un nivel importante de exportación de biocombustibles de calidad, se han considerado como productos de elección de pellets y las astillas secas de biomasa.

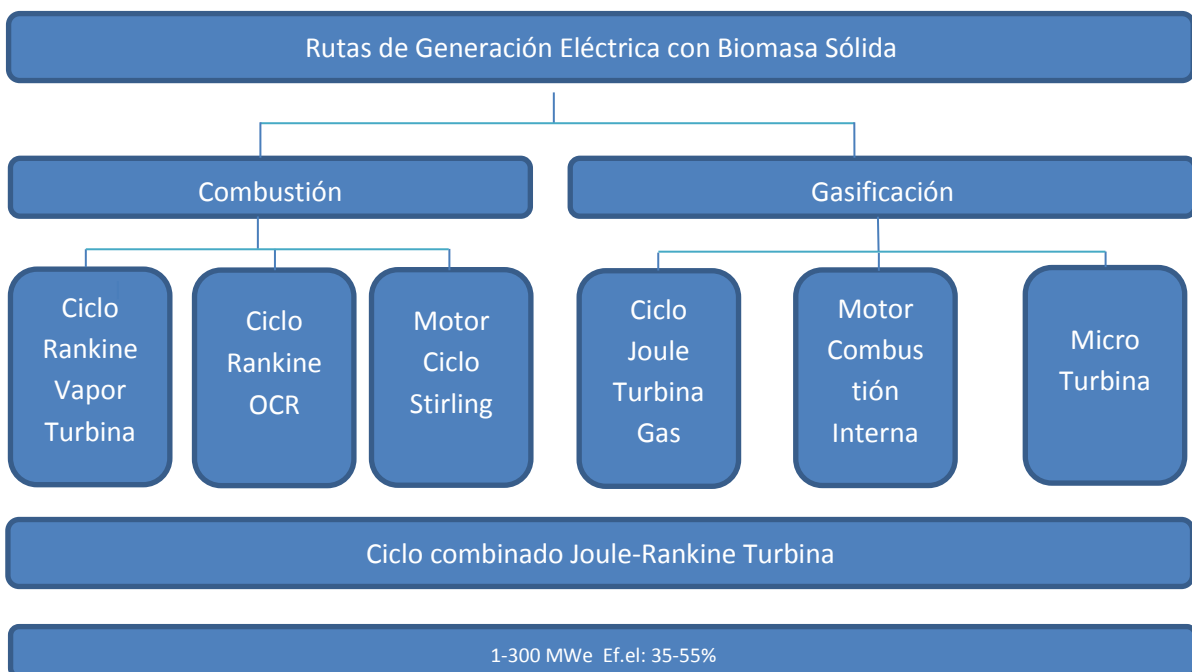
Teniendo en cuenta la necesidad de energía térmica en el proceso de fabricación de biocombustibles y las condiciones favorables establecidas en el Real Decreto 661/2007 para las instalaciones de cogeneración con energías renovables, se ha considerado que una opción combinada de producción de biocombustibles y cogeneración puede ser más interesante, por lo que se ha procedido a un estudio detallado de la misma.

Definida la aplicación y dada la necesidad de transformar la biomasa, tal y como se

recoge en el monte, en biocombustibles de características más adecuadas a los requerimientos de las tecnologías de transformación energética en el sector considerado y teniendo en cuenta, además, los altos costes del transporte de la biomasa forestal a grandes distancias que limitan grandemente las posibilidades de exportación de esta biomasa, se ha considerado que cualquier plan movilizador de los recursos de biomasa debería estar basado en la instalación de una planta de producción de biocombustibles en la zona de estudio que asegure el suministro en la zona y permitiera, en un futuro la exportación de biocombustibles de calidad. Esta alternativa, además, incrementará el valor que deje en la zona el uso energético de la biomasa.

El sector de la cogeneración se caracteriza por la variabilidad de tecnologías empleadas y las distintas eficiencias resultantes de cada uno de ellas. Se están realizando avances en procesos de cogeneración basados en la tecnología de gasificación pero los procesos comercialmente maduros en la actualidad son los basados en la combustión y producción de energía eléctrica en un ciclo rankine.

A continuación se muestra un esquema con las distintas posibilidades:



No obstante y teniendo en cuenta la posibilidad de demanda local de otros biocombustibles, se ha tenido en cuenta en algunas de las alternativas evaluadas la producción de astillas de calidad (15% de humedad), junto a los pelets.

En base a las consideraciones expuestas, se han analizado, tres alternativas:

- **Alternativa 1:** Planta de biocombustibles y planta de cogeneración con ciclo de vapor que suministra calor al secadero y aun complejo de 330 viviendas situado en una zona próxima a la localización de la central de biocombustible.
- **Alternativa 2:** Planta biocombustible y planta de cogeneración con ciclo rankine orgánico (OCR) con suministro de calor en las mismas condiciones que en la alternativa 1.
- **Alternativa 3:** Planta peletizado y planta de cogeneración.

9. RESULTADOS DE SOSTENIBILIDAD

9.1. SOSTENIBILIDAD A NIVEL SOCIAL

Los últimos estudios realizados sobre el impacto socioeconómico del desarrollo de la biomasa en España arrojan unos resultados positivos sorprendentes.

¿Sabías que el desarrollo de la energía con biomasa podría permitir generar 2.000 millones de euros de rentas del trabajo y más de 80.000 empleos?

El desarrollo de energía con biomasa permite crear empleo en el sector agrícola y beneficiar a la sociedad en general. El desarrollo de la biomasa permite generar nueve empleos inducidos por cada MW instalado. Más del 90% del empleo generado con la promoción de la biomasa para generación eléctrica es rural y forestal.

Esta contribución a la creación de empleo es especialmente valiosa en el contexto actual, dado que el sector agrícola es uno de los más afectados por el desempleo en España.

¿Sabías que el desarrollo de la biomasa favorece la cohesión y el desarrollo del medio rural en un contexto de reducción de subvenciones?

Las subvenciones del medio rural están reduciéndose muy rápidamente:

- Los fondos comunitarios de apoyo a la actividad agrícola en España se han

reducido hasta la actualidad.

- Existe incertidumbre a partir de 2013 en las ayudas europeas.
- Esta reducción está provocando un abandono de los cultivos.

El desarrollo de la generación con biomasa es una alternativa para mantener la actividad agrícola y forestal de España.

- Generación de rentas en un entorno donde las ayudas y subvenciones se reducen.
- Entrega de certidumbre al medio rural, instalando activos que aseguran la entrega de rentas durante más de 25 años.

Alcanzar los niveles de instalación previstos en el PER supondría 84 M€ de beneficio anual en el medio rural y su potencial se eleva hasta los 225 M€.

¿Sabías que el aprovechamiento de la biomasa puede ser un contribuyente clave en la inversión nacional?

El 70% de la inversión en biomasa se realiza con proveedores nacionales.

Además la biomasa genera un pago de IVA al contrario que la eólica o la solar.

¿Sabías que España invierte un 2-4% del PIB en importaciones energéticas en un contexto de balanza comercial deficitaria?

La biomasa podría contribuir a mejorar la balanza comercial en 1.350 M €/año si se aprovecha todo su potencial.

- El desarrollo de la biomasa podría eliminar 1.150 M €/año de importaciones de energía.
- El desarrollo de la biomasa podría eliminar 200 M €/año de importaciones de derechos de CO₂

¿Sabías que el potencial de aprovechamiento de la biomasa forestal en España permitiría generar cerca de 14.500 empleos?

España cuenta con unos 6,5 millones de toneladas de residuos forestales en sus

montes que no se aprovechan; adicionalmente se podrían poner en aprovechamiento 350.000 hectáreas de cultivos energéticos que proporcionarían 7 millones de toneladas por año de biomasa verde.

Con todo ello se podrían instalar 1.296 MW de potencia de generación eléctrica renovable, lo que supondría generar 14.256 empleos

¿Sabías que el desarrollo de la biomasa forestal podría permitir reducir hasta 104 M €/año los gastos asociados a incendios?

El Gobierno y las CC.AA gastan anualmente 650 M€ debido a incendios forestales. Los incendios generan 900M€ de pérdidas económicas anuales. El desarrollo de la biomasa forestal podría permitir reducir hasta 104 M €/año los gastos asociados a incendios, si se aprovechara todo el potencial.

¿Sabías que la regulación actual favorece que exportemos biomasa del exterior, lo que supone un elevado coste de oportunidad para España?

España exporta alrededor de 375.000 toneladas de leña, serrines, maderas y orujos a terceros países. Estas exportaciones se realizaron a países que están desarrollando la generación con biomasa.

Esta exportación representa un coste de oportunidad muy significativo:

1. Menor contribución al cumplimiento de objetivos de Kyoto y del Plan 20/20/20.

- No se generan 250-300 GWh de electricidad de fuentes renovables en España.
- No se evita la emisión de 105.000 Tn de CO₂ en España, al tener que generar la energía eléctrica equivalente con combustibles fósiles.

2. Menor contribución al desarrollo socioeconómico en España:

- La inversión en generación con biomasa necesaria para procesar un volumen equivalente a las exportaciones asciende a 98 M€.
- No se generan 370 empleos directos y 338 empleos inducidos con unas rentas del trabajo de 9,5 y 8,6 M €/año respectivamente.

- Además de las rentas del trabajo, el ámbito rural pierde unas rentas de 16,6 M€/año.

- La utilización de biomasa exportada para generación eléctrica en España habría mejorado la balanza comercial en 12,3 M €/año. 10,4 M€ por menores importaciones de energía y 1,9 M€ por menores importaciones de derechos de CO₂

3. Menor contribución a la mejora de la estabilidad de suministro energético:

- La utilización de la biomasa exportada en España hubiera permitido instalar 37,6 MW de biomasa adicionales, que contribuyen a la cobertura de punta y a la estabilidad de red.

9.2. SOSTENIBILIDAD A NIVEL AMBIENTAL

El aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía ofrece un amplio rango de Beneficios ambientales, como son:

Efecto invernadero

La producción de energía obtenida a partir de materiales de origen fósil en su mayor parte, está asociada a la liberación de una gran cantidad de emisiones cuya acción tiene múltiples e importantes efectos negativos sobre los ecosistemas y para los que, como ocurre con el CO₂ y los residuos de las centrales nucleares, no existen soluciones para su tratamiento y eliminación. Es por esto, que una mayor implantación de las energías renovables se presente como un elemento imprescindible para mejorar la independencia de los combustibles tradicionales y evitar así los tan indeseables efectos insostenibles que producen sobre el medioambiente.

La biomasa como medio para la generación de energía juega aquí un papel muy importante ya que puede intervenir directamente no sólo en el control sino también en la disminución de la cantidad de CO₂ liberado a la atmósfera por el sector energético, siendo el sumidero sobre el que el hombre puede actuar con mayor facilidad.

Las plantas verdes, mediante el proceso fotosintético utilizan el CO₂ atmosférico

para la producción de sus propios tejidos, por lo que dicho CO₂ queda temporalmente fijado (efecto sumidero). Posteriormente este CO₂ se devuelve a la atmósfera como producto de la respiración vegetal y la descomposición de las partes muertas de las plantas. Por ello, a diferencia de los combustibles fósiles la biomasa es un recurso renovable que presenta un balance de CO₂ nulo, lo que constituye uno de los puntos fuertes para su utilización.

Cambio climático

El proceso fundamental que explica el calentamiento de la superficie terrestre es el llamado efecto invernadero. el cual consiste en la acumulación de calor en las capas bajas de la atmósfera por la intervención de los denominados “gases de efecto invernadero”.

Estos gases tienen la capacidad de ser casi transparentes para la radiación de onda corta que llega del sol, pero opacos para la radiación de onda larga emitida desde la Tierra. Según el III Informe del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) cada vez existen pruebas más convincentes de que el calentamiento observado en los últimos años se relaciona con la acción humana.

Dicha actividad humana, principalmente el uso de combustibles fósiles y la deforestación (inhibe la acción de la vegetación como sumidero de carbono), emite millones de toneladas de “gases de efecto invernadero” a la atmósfera, lo que lógicamente incrementa su concentración. Este incremento da como resultado una mayor captación de radiación infrarroja, que vuelve a ser emitida a la tierra con el consiguiente aumento de las temperaturas sobre la superficie, lo que conlleva un calentamiento global.

Las previsiones futuras que los científicos establecen respecto del fenómeno del calentamiento global concluyen que causará importantes impactos en el sistema natural (sequías, inundaciones, incremento del nivel del mar, alteraciones del balance ecológico natural, y otros desastres climáticos) y trascenderá negativamente en muchos aspectos de las actividades humanas, por lo que constituye una de las principales preocupaciones del momento.

La lluvia ácida

La biomasa tiene un contenido en azufre prácticamente nulo, generalmente inferior al 0,1%. Por este motivo, las emisiones de dióxido de azufre, que junto con las de óxidos de

nitrógeno son las causantes de la lluvia ácida, son mínimas en los procesos de transformación de biomasa forestal en energía.

Los incendios forestales

En el sur de Europa, los incendios forestales amenazan gravemente su sostenibilidad. Durante el año 2005 sólo en Portugal ardieron cerca de 250.000 ha y en el conjunto de los países del sur de Europa 500.000 ha.

El progresivo abandono de las actividades agrosilvopastorales que se ha producido en la última mitad del siglo XX debido al éxodo rural ha provocado un incremento de la biomasa en los ecosistemas que los hace fácilmente combustibles. Parte de esta biomasa se puede utilizar para la generación de energía, reduciendo el riesgo de incendios forestales.

Control de plagas

El abandono de residuos forestales en el monte puede favorecer la aparición de plagas que verían limitada su actividad con el aprovechamiento energético de los mismos.

La erosión y la deforestación

El aprovechamiento de biomasa sin explotar y el establecimiento de plantaciones y cultivos energéticos pueden paliar el problema de la desertización que se está produciendo en el sur de Europa. En particular, los cultivos perennes, pueden ayudar a prevenir problemas de erosión al reducir el impacto de la lluvia y el transporte de sedimentos.

Por otro lado, las tierras deforestadas se pueden rehabilitar como plantaciones bioenergéticas.

Hábitat silvestre

Los cultivos energéticos pueden ser hábitat de todo tipo de vida silvestre, potenciando la capacidad de refugio para distintas especies y sirviendo de complemento como elemento diversificador del hábitat para otros tipos de ecosistemas.

10. BIBLIOGRAFIA

Páginas web consultadas

- www.coitiab.es

Página del colegio oficial de ingenieros técnicos de Albacete, donde se encuentran reglamentos técnicos, como son el RBT, RAT y el Reglamento de centrales y subestaciones eléctricas.

- www.idae.es

Página del Instituto para la Diversificación y ahorro de la energía

- www.mityc.es

Página del Ministerio de industria, turismo y comercio

- www.ciemat.es

Página del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

- www.selva.cat

Página del consejo comarcal de la Selva

- www.ieabioenergy.com

Sección de biomasa y biocombustibles de la Agencia Internacional de la Energía

- www.binder-gmbh.at

Página oficial del distribuidor de calderas de biomasa

- *Los Biocombustibles / Manuel de Camps Michelena / 2ª Edición.*

• Biocombustibles sólidos de origen Forestal / Francisco Marcos Martín / 1ª Edición.

- *Publicaciones de IDAE:*

- *Publicaciones de IDAE:*

- *Biomasa, Fundamentos, Tecnologías y aplicaciones.*

- *Biomasa, Producción Eléctrica y Cogeneración.*

- *Energía de la Biomasa.*

- *Biomasa, Industria.*

- *Biomasa, Maquinaria agrícola y forestal.*

- *Termodinámica lógica y Motores Térmicos / José Agüera Soriano / 5ª Edición*

ALAIN DAMIEN (2008). *La Biomasa: Fundamentos, tecnologías y aplicaciones*. Editorial: Antonio Madrid Vicente.

Biomasa: Experiencias con biomasa agrícola y forestal para uso energético (2008). Editorial: Instituto para la diversificación y ahorro de energía.

HERNANDEZ ADROVER, JUAN JOSÉ y LAPUERTA AMIGO, MAGIM (1998). *Tecnologías de combustión*. Editorial: Universidad de Castilla la Mancha.

TOLOSA ESTEBAN, EDUARDO (2009). *Manual técnico para el aprovechamiento y elaboración de masa forestal*. Editorial: Mundi – Prensa Libros, S.A

Energía de la biomasa (2007). Editorial: Instituto para la diversificación y ahorro de energía.

Biomasa: digestores anaeróbicos (2007). Instituto para la diversificación y ahorro de energía.

JARABO FRIEDRICH, FRANCISCO (1999). *La energía de la biomasa*. Editorial: SAPT. Sociedad Anónima de publicaciones técnicas.

FERNÁNDEZ SALGADO, JOSÉ MARIA (2011). *Guía completa de la biomasa y los biocombustibles*. Editorial: Antonio Madrid Vicente

Anexo I

1. DISEÑO INVENTARIO

1.1. MAGNITUD DE LA MUESTRA

El cálculo de la magnitud de la muestra lo realizaremos para una precisión fijada de un 10% de error de muestreo y un nivel de confianza de 5% (R.D. 104/1999, de 12 de Mayo).

1.2. ERROR DE LA MUESTRA

Una vez realizado el proceso de datos en los puntos de muestreo, se debe determinar el error de muestreo en área basimétrica (de igual modo se puede establecer para el número de árboles, volumen, crecimiento, etc.). En los inventarios por muestro sistemático lo haremos como se describe a continuación.

Empezaremos por el **cálculo de los estadísticos de las mediciones** tomadas en los puntos de muestreo (media, varianza, desviación típica, coeficiente de variación) en función de área basimétrica (AB) en m²/ha que, para simplificar el desarrollo de las ecuaciones, llamaremos G.

- La **media X** es la suma del AB obtenida por punto de muestreo dividida entre el número de puntos de muestreo totales (es una media aritmética clásica).

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n G}{n}$$

- La **varianza S²** es la suma de la diferencia al cuadrado de un valor *i* y el valor medio de G, dividido por el número de puntos de muestreo *n*.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (G_i - G_n)^2}{n}$$

- De la **desviación típica S** podemos decir de forma reducida que es la raíz cuadrada de la varianza.

$$S = \sqrt{S^2}$$

• El **coeficiente de variación CV** se suele dar en porcentaje y corresponde al cociente entre desviación típica y media, multiplicado por 100.

Con todos estos datos ya podemos empezar a **calcular el error de muestreo** cometido en las mediciones que hemos realizado:

• **Error típico ϵ_t** es el cociente entre la desviación típica y la raíz cuadrada del número de puntos de muestreo realizados. También es conocido por error estándar o desviación de la media.

• **Error absoluto ϵ_a** es el producto entre el valor leído en la tabla de distribución t-Student t y el error típico. Como norma general se coge un valor de $t=2$ para hacer estos cálculos.

TABLA DE LA DISTRIBUCION *t-Student*

La tabla da áreas $1-\alpha$ y valores $c = t_{1-\alpha,r}$, donde $P[T \leq c] = 1-\alpha$, y donde T tiene distribución *t-Student* con r grados de libertad.

• **Error relativo ϵ_r** se da en tanto por cien y es el cociente del error absoluto y la media, multiplicado por 100.

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon_a}{X} \cdot 100$$

• Para el cálculo de t-Student con un nivel de confianza α de 5% tenemos que:

- Calcular el número de grados de libertad r que es igual al número de puntos de muestreo menos 1.

- Calcular el intervalo de confianza de forma que si el nivel de confianza es $\alpha=0.05$ entonces $1-\alpha=0.95$. De esta manera leyendo la tabla de distribución t-Student para el valor correspondiente de la fila obtenido de r y para el valor obtenido para la columna $1-\alpha$ encontraremos el valor de t que buscamos.

Por ejemplo, para un número de grados de libertad de $r = 10$ y $1-\alpha = 0.95$ encontraríamos un valor de $t=1.812$.

• A continuación vamos a calcular los límites de confianza para el área basimétrica

de la muestra.

Calcularemos un límite superior y un límite inferior:

- El límite superior lo obtendremos de la suma de la media con el producto de t con el error típico.

$$L = X + t \cdot S$$

- El límite inferior lo calcularemos de forma análoga al anterior con la salvedad de que ésta vez haremos de la media una sustracción del producto de t con el error típico.

$$L = X - t \cdot S$$

• El número de parcelas n a inventariar lo calcularemos a partir del producto entre los cuadrados de t y el coeficiente de variación (CV) divididos por el cuadrado del error de muestreo indicado en las instrucciones de ordenación (10%).

$$n = \frac{t^2 \cdot CV^2}{\varepsilon_{muestral}^2}$$

• Al tratarse de un muestreo sistemático, el número final de parcelas N queda reducido a 2/3 del resultado que hemos obtenido en la operación anterior, de modo que para saber el número definitivo de parcela que debemos inventariar multiplicaremos ese resultado.

$$n = \frac{2n}{3}$$

Anexo II

En este apartado del proyecto, se intenta dar una visión global de los componentes que forman una central de Biomasa y el funcionamiento que requiere para la producción de energía eléctrica a partir de Biomasa Forestal.

De esta manera, se da una idea de los requisitos de diseño que se deben estudiar en este proyecto.

1. VISION GENERAL DE UNA PLANTA DE BIOMASA

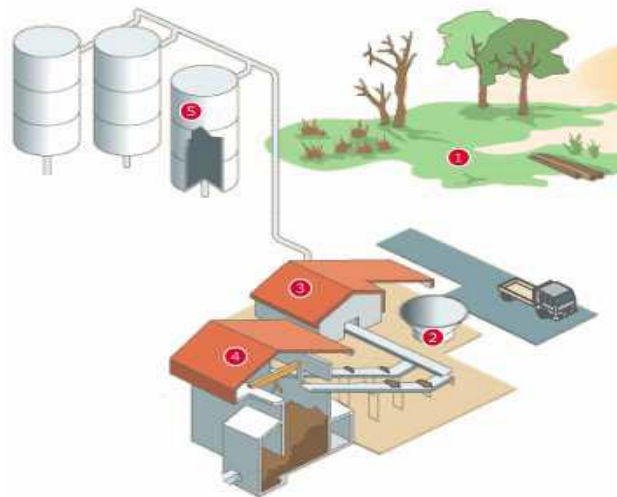


En la figura 1 se muestra el esquema de una central de Biomasa. Más adelante en este mismo apartado se dará una explicación más detallada de cada elemento.

2. REQUISITOS FUNCIONALES

En un primer lugar, el combustible principal de la instalación, residuos forestales o cultivos de plantaciones energéticas, (en nuestro caso), son transportados y almacenados en la central. En ella pueden ser sometidos a un tratamiento de astillado, si no lo han recibido en

campo, (2) para reducir su tamaño. A continuación, pasa a un edificio de separación del combustible (3), en donde generalmente se clasifica en función de su tamaño, fino y grueso, para después ser llevados a los correspondientes almacenes (4) y (5).

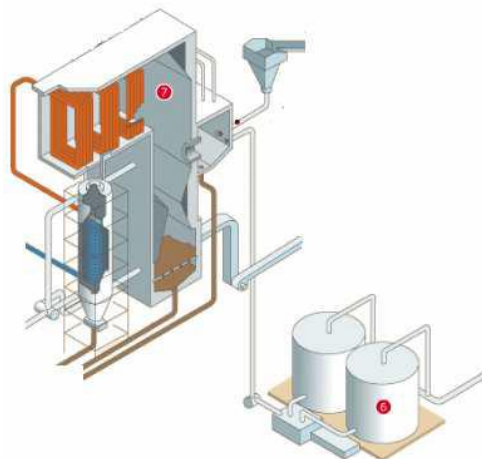


Recepción y tratado de la materia prima

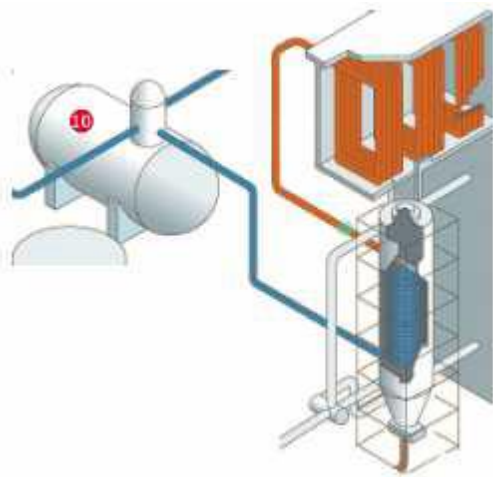
Figura 3. Combustión de la materia prima

A continuación los combustibles almacenados son conducidos a la caldera (7) para su combustión, y el calor producido hace que el agua que circula por las tuberías de la caldera se convierta en vapor de agua. Generalmente la caldera tiene una parrilla donde se quema el combustible grueso. El combustible fino se mezcla con el combustible de apoyo (generalmente se trata de un derivado del petróleo) procedente de su almacén (6), para ser quemado de la forma

El agua que circula por el interior de la caldera proviene del tanque de alimentación

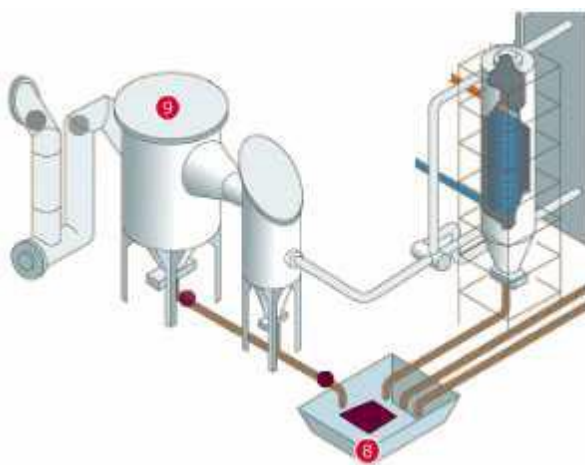


(10); esta agua, antes de entrar en la caldera, pasa generalmente por un economizador, donde es precalentada mediante el intercambio de calor con los gases de combustión aún calientes que salen de la propia caldera. Estos gases de combustión son sometidos a un proceso de recirculación por la caldera para reducir la cantidad de inquemados (partículas sólidas en suspensión) y, así, aprovechar al máximo el poder energético y reducir las emisiones atmosféricas.



Circuito de Agua para caldera

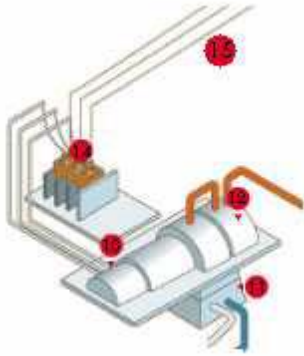
Asimismo, los gases de combustión son depurados en un electrofiltro (9) mediante la precipitación de las partículas que transporta dicho gas antes de ser vertido a la atmósfera a través de una chimenea. Las partículas retenidas, junto con las cenizas de la combustión, son conducidas al cenicero (8) para ser transportadas posteriormente a un vertedero o para posteriores usos como pueden ser fertilizantes para la industria agrícola.



Escape de humos y cenizas

El vapor generado en la caldera se expande en la turbina de vapor (12) que mueve

el generador eléctrico (13), en donde se produce la energía eléctrica que, una vez elevada su tensión en los transformadores (14), es vertida al sistema mediante las líneas de transporte (15) correspondientes.



Generación y vertido de Energía eléctrica

El vapor de agua proveniente de la turbina es transformado en líquido en el condensador (11), y de ahí es enviada nuevamente al tanque de alimentación, cerrándose así el circuito principal del agua de la central.

2.1 Requisitos constitutivos

De una manera general podemos subdividir el proceso de obtención de energía eléctrica en 4 sistemas, posteriormente en el apartado.

2.1.1 Sistema de Recepción de Biomasa

Está formado por un conjunto de descarga de camiones, generalmente, mediante plataformas basculantes, báscula y medidor de humedad, ya que la Biomasa se mide por cantidad de biomasa y humedad de la misma

2.1.2 Sistema de alimentación de la Biomasa

Está constituido por un patio o lugar de almacenamiento y un sistema de traslado de biomasa.

El tener un amplio recinto donde almacenar la Biomasa, Es muy importante pues la biomasa, por lo general, tiene una densidad energética (kcal/kg o Kj/kg) más baja que otros combustibles como podría ser el carbón; Por lo que ocupa más espacio.

Un aspecto importante a tener en cuenta a la hora de almacenar la biomasa, es que esta puede autoinflamarse por lo que debe ser removida sacando el aire de los gases que se

originan, por autodigestión, en el interior de los montones de astillas. Por esta razón, se recomienda recoger la biomasa en la parte inferior mediante tornillos sinfín.

Por lo referente al sistema de traslado de Biomasa, se entiende de este el traslado de la biomasa desde el patio de almacenamiento al sistema de alimentación autónomo de la caldera. Se pueden utilizar desde tornillos sinfín o cintas transportadoras hasta plumas con garfio tipo pulpo.

2.1.3 Sistema de Combustión de la Biomasa

En los procesos de combustión diferenciamos 5 subsistemas:

- Sistema de combustión en parrilla donde se quema la biomasa.
- Sistema de entrada de aire para la correcta combustión.
- Sistema de intercambio de calor con el ciclo agua-vapor.
- Sistema de depuración de gases.
- Sistema de retirada de cenizas.

2.1.4 Sistema de transformación de la energía mecánica en energía eléctrica.

Podemos decir que este sistema lo forman, en su mayor parte, el grupo turbina alternador.

La turbina es la encargada de mover el rotor del generador, accionada por la energía mecánica del vapor de agua a presión, y producir la corriente eléctrica.

El alternador lo forman:

El estator: Armadura metálica, que permanece en reposo, cubierta en su interior por los bobinados de cobre, que forman los circuitos del inducido, en este caso.

El rotor: Está en el interior del estator y gira accionado por la turbina. Está formado en su parte interior por un eje, y en su parte más externa por los bobinados inductores.

Cuando el rotor gira a gran velocidad, debido a la energía mecánica aplicada en las turbinas, se produce unas corrientes en los hilos de cobre del interior del estator. Estas

corrientes proporcionan al generador la denominada fuerza electromotriz, capaz de producir energía eléctrica a cualquier sistema conectado a él.

2.2 Requisitos del emplazamiento

Un requisito indispensable es que el emplazamiento de la central, este cerca de concentraciones forestales a fin de reducir los costes por transporte de la materia prima.

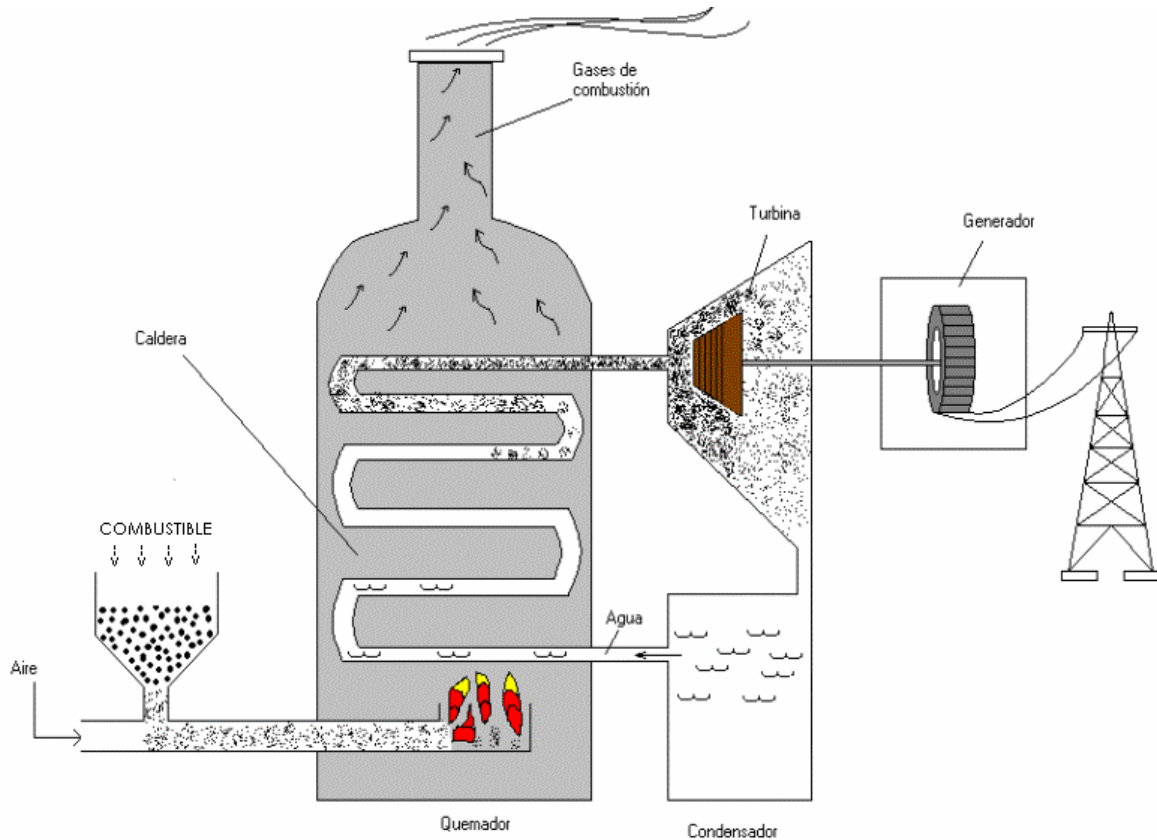
El emplazamiento debe tener buenos accesos y estar próximo a vías principales, ya que de esta forma se reducirán tiempos de entrega de materiales y estados defectuosos de los mismos.

3.ANALISIS DE SOLUCIONES

3.1 Tecnología empleada para la generación eléctrica: Generación con turbinas de vapor

En una central de Biomasa, la Electricidad es generada utilizando el vapor generado en las calderas a través de un Turbogruppo; Este consiste en una turbina que va unida por un rotor a un alternador que, al girar, produce energía eléctrica.

La Turbina gira accionada por la expansión del vapor procedente de la caldera, el cual, tras ceder parte de su energía a la turbina, se condensa y se vuelve a introducir en la caldera, funcionando prácticamente en ciclo cerrado.



Esquema de un sistema de producción de electricidad basado en la utilización de Biocombustibles sólidos.

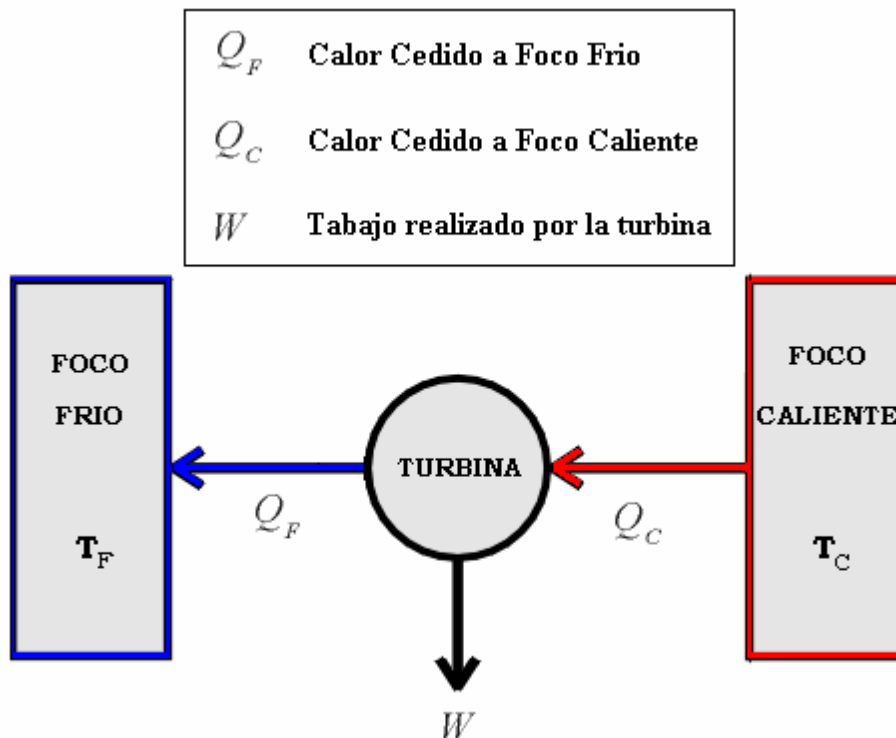
3.1.1 Características

- En la condensación del vapor se pierde una parte importante de la energía que llevaba el vapor inicial, lo que condiciona el rendimiento general del sistema.
- El rendimiento eléctrico de este tipo de generación varía entre el 25% y el 33%.
- Las Turbinas utilizadas son de condensación, en las que la entalpía del vapor se aprovecha al máximo en la turbina.
- Este tipo de turbinas funcionan mediante un ciclo de Rankine.

3.1.2 Fundamento Básico Termodinámico

Para obtener trabajo del calor, se necesitan al menos dos fuentes a distintas temperaturas, de manera que el sistema que evoluciona dentro de una máquina térmica tome calor de la fuente caliente y ceda parte a la fuente fría.

En el caso de una turbina, el foco caliente es el vapor procedente de la caldera y el foco frío es el vapor de salida que entra en el condensador.



Sistema generador de trabajo por absorción y cesión de Calor

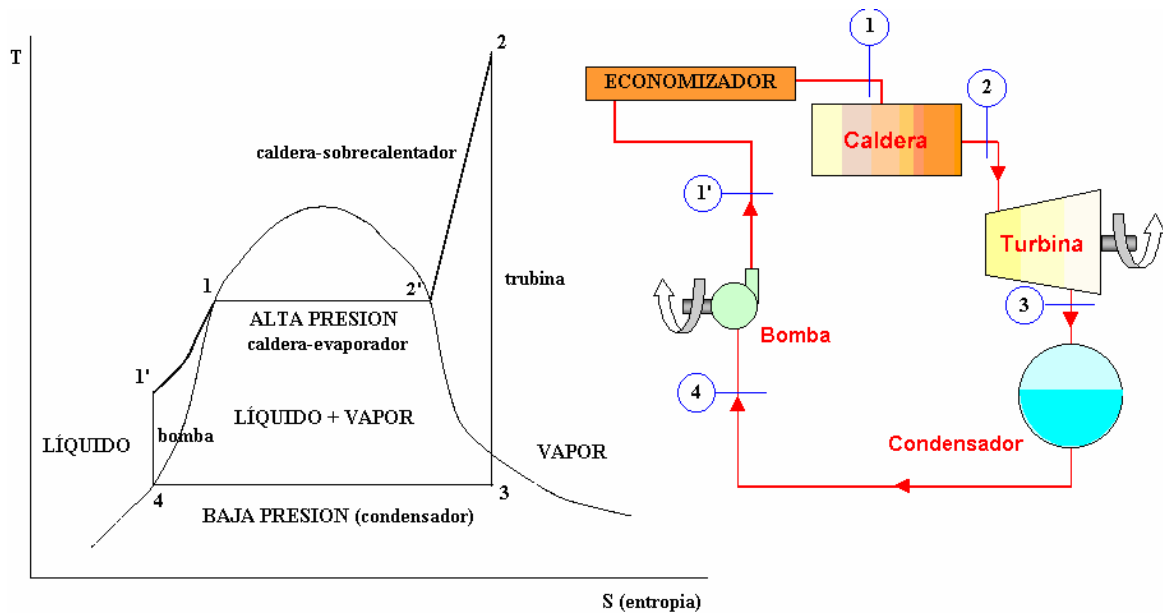
3.1.3 Ciclo de Rankine

El ciclo que sigue el agua/vapor en la generación de energía eléctrica en una central de Biomasa, se llama Ciclo de Rankine.

El ciclo Rankine es un ciclo de potencia que opera con vapor. Este es producido en una caldera a alta presión para luego ser llevado a una turbina donde produce energía cinética, donde perderá presión. Su camino continúa al seguir hacia un condensador, donde el vapor remanente cambia al estado líquido. Posteriormente, es succionado por una bomba que aumentará la presión del fluido para poder ingresarlo nuevamente a la caldera.

En el gráfico donde se refleja el ciclo de Rankine, están indicados los puntos físicos, de una instalación real, dónde el fluido de trabajo experimenta cambios de estado. Así pues en cada punto sabemos como llega el fluido (vapor/liquido) y en consecuencia

como evoluciona entre dos puntos.



Etapas del Ciclo de Rankine

Proceso 1-2': El agua de la caldera proveniente del economizador se vaporiza a presión y temperatura constante, y después se sobrecalienta (2'-2) hasta la temperatura máxima prevista en la instalación.

Proceso 2-3: En la turbina, el vapor se expansiona y sale de esta ligeramente húmedo, entrando en este estado en el condensador.

Proceso 3-4: El vapor ligeramente húmedo, se transforma en líquido a presión y temperatura constantes.

Proceso 4-1: Con una bomba, se eleva la presión del agua para que pueda retornar a la caldera previo paso por un economizador (1') donde se precalienta el agua.

Mediante estos 4 procesos se cierra el ciclo que sigue el fluido para la producción de energía.

Se puede observar que se cumplen la etapas que sigue una maquina térmica para producir trabajo, Absorción de calor de un foco caliente, producción de un trabajo mecánico y por último la cesión de calor a un foco frío.

3.2 Descripción de los componentes del sistema de generación

3.2.1 Caldera

Las calderas de vapor son unos aparatos en los que se hace hervir agua para producir vapor. El calor necesario para calentar y vaporizar el agua puede ser suministrado por un hogar.

Una caldera de biomasa funciona exactamente igual que una caldera de combustibles fósiles. La única diferencia es que no quema combustibles fósiles y, por lo tanto, se consigue un importante ahorro económico en la compra de combustible y una gran disminución de emisiones de carbono y azufre.

Para la generación eléctrica se utilizan las calderas de tipo acuotubulares.

3.2.1.1 Caldera Acuotubulares

Las calderas Acuotubulares (el agua está dentro de los tubos) son usadas en centrales eléctricas y otras instalaciones industriales, logrando con un menor diámetro y dimensiones totales una presión de trabajo mayor.

En estas calderas, los tubos longitudinales interiores se emplean para aumentar la superficie de calefacción, y están inclinados para que el vapor a mayor temperatura al salir por la parte más alta, provoque un ingreso natural del agua.

3.2.1.2 Ventajas de las calderas Acuotubulares

- La Caldera de tubos de agua tiene la ventaja de poder trabajar a altas presiones dependiendo del diseño.
- Por su fabricación de tubos de agua es una caldera "INEXPLOSIBLE".
- La eficiencia térmica está por arriba de cualquier caldera de tubos de humo, ya que se fabrican de 3, 4 y 6 pasos dependiendo de la capacidad.
- El tiempo de arranque para producción de vapor a su presión de trabajo no excede los 20 minutos.
- Los equipos son fabricados con materiales que cumplen con los requerimientos de

normas.

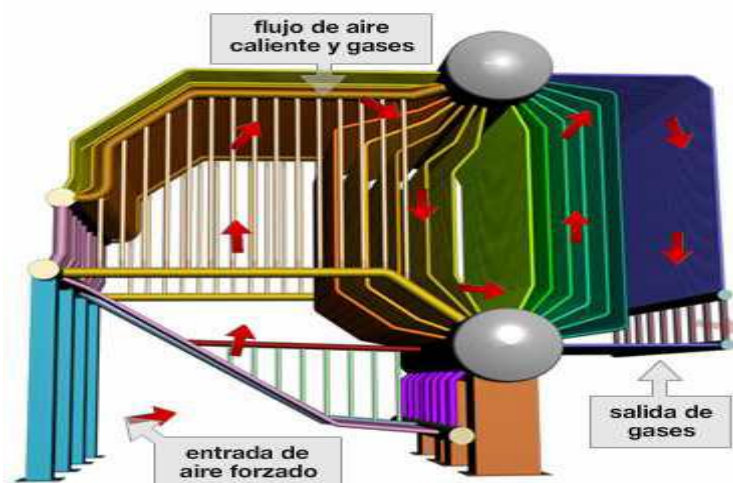
- Son equipos tipo paquete, con todos sus sistemas para su operación automática.
- Son utilizados quemadores ecológicos para combustión como la biomasa forestal.
- El vapor que produce una caldera de tubos de agua es un vapor seco, por lo que en los sistemas de transmisión de calor existe un mayor aprovechamiento. El vapor húmedo producido por una caldera de tubos de humo contiene un porcentaje muy alto de agua, lo cual actúa en las paredes de los sistemas de transmisión como aislante, aumentando el consumo de vapor hasta en un 20%.

3.2.1.3 Calderas Acuotubulares con biomasa

Las calderas acuotubulares que funcionan con biomasa precisan de pequeñas modificaciones que las diferencian de las que utilizan combustibles fósiles.

Al tratarse de un combustible tan variable en términos de tamaño y humedad, se debe tener un manejo adecuado de aire para obtener una combustión controlada. Esto se realiza mediante difusores y ventiladores instalados y orientados estratégicamente consiguiendo dispersar el material en el interior de la caldera obteniendo un espesor de 10cm.

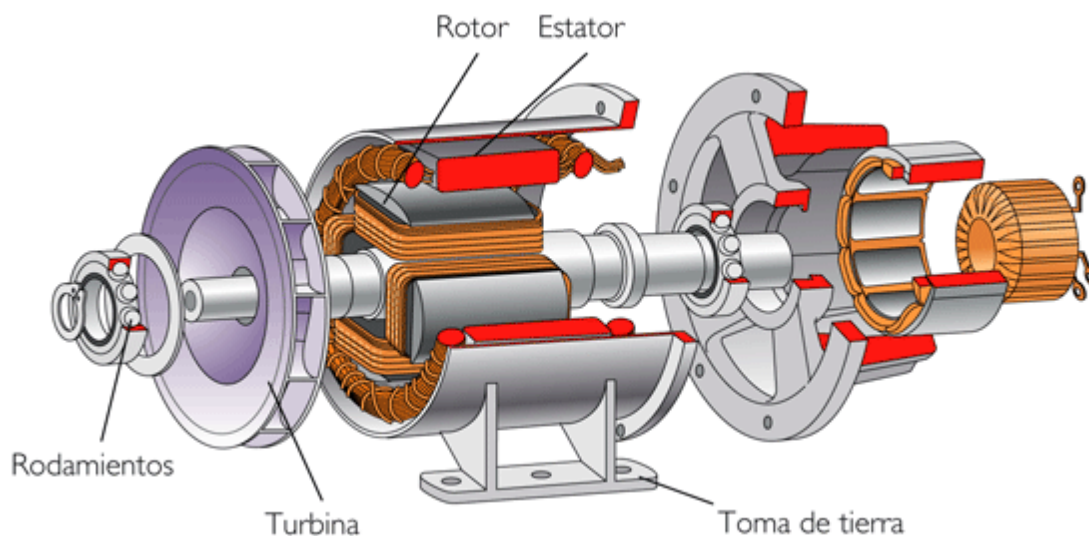
También se instalan ventiladores de tiro forzado en la base de la caldera para inyectar aire caliente y conseguir una excelente combustión.



Caldera

3.2.2 Grupo Turbina–Alternador

La turbina y el alternador son los mecanismos esenciales de la central. Cuando el vapor llega a las máquinas, actúa sobre los alabes de la turbinas. El rodete de la turbina permanece unido al rotor del alternador, que, al girar con los polos excitados por una corriente induce una corriente alterna en las bobinas del estator del alternador. Cuando el vapor ha cedido su energía, es restituida nuevamente al circuito agua vapor mediante el condensador.



Grupo Turbina Alternador

Unido al eje de la turbina y el alternador gira un generador de corriente empleado para excitar los polos del rotor del alternador. De esta manera, en los terminales del estator aparece una corriente alterna de media tensión y alta intensidad. Mediante un transformador esta corriente altera sus propiedades y pasa a ser alta tensión y baja intensidad de esta manera, se encuentra ya disponible para ser transportada mediante líneas de alta tensión hacia los centro de distribución y consumo

3.2.2.1 Turbina

La turbina de vapor es un motor térmico cíclico rotativo, de combustión externa, que movido por el vapor produce energía mecánica.

Existen diferentes tipos de turbinas, pero al no ser de expresa aplicación en este proyecto, solo citaremos las utilizadas en la producción eléctrica.

Estas son las turbinas condensadoras, que se encuentran comúnmente en plantas de potencia eléctrica.

Estas turbinas expelen vapor en estado parcialmente saturado, generalmente con calidad mayor al 90%, a una presión bastante inferior a la atmosférica hacia un condensador.

3.2.2.2 Alternador: Generador Síncrono

Las máquinas síncronas son máquinas cuya velocidad de rotación está vinculada rígidamente con la frecuencia de la red de corriente alterna. En la práctica de las instalaciones eléctricas el empleo de las máquinas síncronas es casi siempre como generadores de energía eléctrica (Alternadores).

La máquina más utilizada en generación es la máquina trifásica, que agrupa tres bobinas en el inducido en ángulos 120° , por donde se producirán tres ondas de tensión, una en cada bobina, obteniendo así la onda trifásica.

Aspectos constructivos

Los Generadores síncronos están constituidos por dos devanados independientes:

- Un devanado inductor, alimentado por corriente continua, que da lugar a los polos de la máquina.

- Un devanado inducido distribuido formando un arrollamiento trifásico recorrido por corriente alterna.

En el caso concreto de los generadores, el devanado inductor es el rotor y el devanado trifásico inducido el estator. La adopción de esta forma constructiva indicada, representa diversas ventajas.

Por una parte, si el devanado inducido fuera el rotor, requeriría tres anillos para recoger la tensión generada y enviarla al circuito exterior, estos anillos deben estar más o menos descubiertos y son difíciles de aislar, especialmente para tensiones de 6600 a 30000 V a la que trabajan los generadores. De modo que si trabajamos con un inducido fijo no precisamos anillos y sus conductores pueden ir aislados desde las espiras hasta las barras

del cuadro de salida.

Por otro lado Cuando el inductor se sitúa en el rotor, la corriente que lo alimenta, debe llegar a él por medio de dos anillos; como quiera que la tensión de alimentación del inductor raras veces sobrepasa los 1000V y teniendo en cuenta que la potencia que absorbe es poco importante, los anillo sen este caso no producen grandes problemas.

Principio de funcionamiento

Las máquinas síncronas, como cualquier otro convertidor electromecánico de energía, están sometidas al principio de reciprocidad electromagnética, pudiendo funcionar tanto en régimen generador como en régimen motor.

Cuando actúa como alternador, el campo magnético se crea en el rotor. El sistema de excitación aporta la tensión de excitación para la generación del campo magnético en el rotor. Este campo magnético que gira con el eje es visto como variable para el estator y genera una tensión en los bornes de las bobinas del estator. Si juntamos los terminales de los devanado del estator a través de una carga, circula una corriente, corriente que al mismo tiempo genera un par resistente que se opone al par motriz que viene de la maquina principal, de manera que los dos se equilibran. De esta manera se convierte la energía mecánica de la máquina motriz en energía eléctrica que suministra el alternador a la carga.

Cuando actúa como motor, el rotor se alimenta con una corriente continua, la que lo convierte en un imán de campo magnético. El estator se alimenta con tensión alterna, y por tanto, variable. El imán que está en el rotor intentara seguir las evoluciones del campo magnético variable que genera el estator, y girará. Ya que es posible controlar la frecuencia de la corriente alterna con la que se alimenta el estator, también es posible controlar la velocidad en el proceso de arrancada de la turbina de vapor.

3.2.3 Condensador

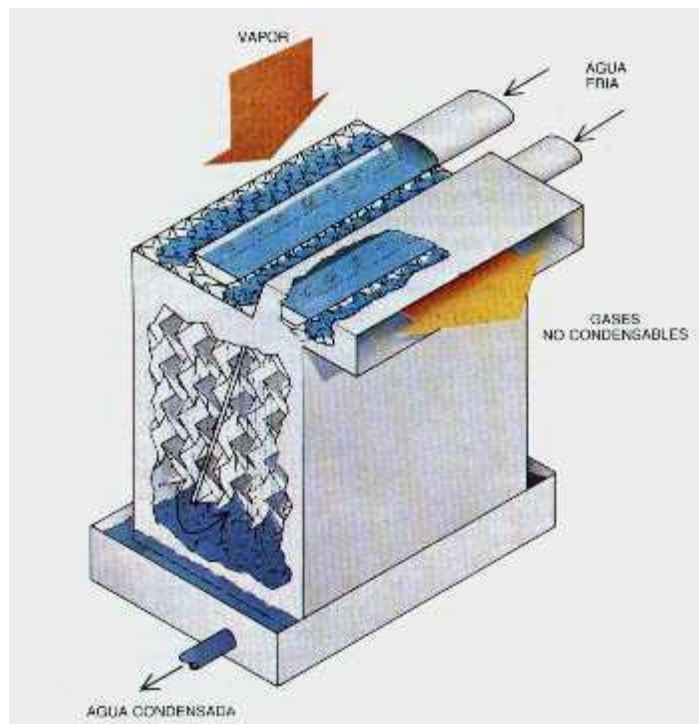
El condensador es un gran intercambiador de calor. En este intercambiador se utilizan grandes cantidades de agua de refrigeración para condensar el vapor, cantidad que depende del incremento de la temperatura permisible en el agua de refrigeración i del volumen de vapor que generamos en la planta. En otras palabras depende de la carga de la planta.

Físicamente el condensador es un cilindro en el que se descarga el vapor, y por el que en su interior hay una gran cantidad de tubos por los que circula un líquido refrigerante, generalmente agua a una temperatura baja. El vapor al entrar en contacto con los tubos fríos se condensa en agua.

Las condiciones en las que trabajan los tubos de un condensador son especialmente duras, al ser condiciones en las que la corrosión, incrustación y la proliferación de especies biológicas son especialmente favorables.

Los condensadores trabajan normalmente en vacío, es decir a una presión inferior a la atmosférica, para que el salto entálpico sea lo más grande posible, de forma que el vapor pierda toda la energía posible en la turbina i la transforme en energía mecánica.

Además de condensar el vapor el condensador también debe eliminar los gases incondensables O_2 y CO_2 hasta niveles deseados.



Condensador

3.2.4 Bombas de impulsión y tanque de alimentación de agua

El agua del circuito, es repartida en el mismo a través de bombas de impulsión, que

recogen el fluido de trabajo de un tanque de alimentación.

Estas bombas están situadas a lo largo de la instalación en las que es preciso modificar las propiedades del fluido (caudal, presión,...).

3.3 Sistema de producción de energía

Para producción de electricidad a partir de Biomasa se pueden utilizar, en general, todos los ciclos que se aplican a otros combustibles.

En ciclos Rankine (caldera de vapor y turbina acoplada a un alternador) existen ciertas limitaciones en cuanto a la temperatura y presión a la que se quiera generar el vapor, debido a que la mayoría de las biomásas sólidas contienen una determinada fracción de cenizas que se pueden fundir dentro de la cámara de combustión y depositarse, formando costras, sobre los tubos de vapor (sinterización). Este efecto, además de entorpecer el intercambio de calor entre la zona de fuego y la de vapor, acaba por producir daños irreparables en los tubos.

De forma no estricta, se puede decir que se pueden plantear sistemas de cogeneración con biomasa sólida a partir de 1 ó 2 MW.

3.3.1 Rendimiento en las instalaciones de Cogeneración

El rendimiento de las instalaciones de cogeneración viene dado por la fórmula:

Donde:

Q = Es el consumo de energía primaria, medida por el poder calorífico inferior de los combustibles utilizados.

V = Es la producción de calor útil o energía térmica útil.

E = Es la energía eléctrica generada medida en bornes de alternador y expresada como energía térmica, con un equivalente de 1 kWh = 860 kcal.

3.3.2 Rendimiento Eléctrico Equivalente (REE)

El rendimiento eléctrico equivalente (REE) de la instalación se determinará, por la fórmula:

$$\frac{\quad}{\int H}$$

Ref H: valor de referencia del rendimiento para la producción separada de calor, de conformidad con lo dispuesto en la Directiva 2004/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo o norma que lo transponga.

Los valores de rendimiento eléctrico equivalente mínimos para cogeneraciones con biomasa son:

Biomasa incluida en los tipos b.6 y b.8: 30%

Para plantas de menos de 1 MW, la exigencia se reduce en un 10%, es decir, 27% y 45% respectivamente.

3.3.3 Marco legal

- 1 de junio de 2007 del RD 661/2007, por el que se regula la producción de energía eléctrica en régimen especial.

- Mayo de 2007, se publica el RD 616/2007 de fomento de la cogeneración.

3.3.3.1 Combustibles Biomásicos en la Generación de Energía Eléctrica

La retribución por la electricidad entregada por una cogeneración de biomasa varía en función de la potencia eléctrica de la planta menor o mayor de 2 MW) y del combustible utilizado. Atendiendo al combustible utilizado, las cogeneraciones se clasifican en:

b.6.1 Cultivos energéticos de origen agrícola o forestal, producidos para fines energéticos mediante actividades de cultivo, cosecha y/o procesado de materias primas recolectadas. Se consideran cultivos energéticos agrícolas a la biomasa de origen agrícola, herbácea o leñosa, acorde con la definición anterior. Se consideran cultivos energéticos forestales a la biomasa procedente del aprovechamiento principal de masas forestales y acorde con la definición de cultivo energético dada en este apartado.

b.6.2 Residuos generados en la limpieza y mantenimiento de jardines y residuos de la actividad agrícola originada en las actividades de producción, cosecha y procesado de materias primas, es decir, residuos herbáceos como la paja de cercal y residuos hortícolas, residuos de frutos secos (cáscaras), residuos de arroz, algodón, girasol, legumbres y residuos procedentes de podas (olivar, viñedo, frutales).

b.6.3 Residuos de aprovechamientos silvícolas de masas forestales, y la biomasa generada en las labores de mantenimiento de espacios verdes.

b.8.2 Residuos de las industrias forestales de primera y segunda transformación.

Como primera transformación se considera el aserrado, producción de chapa, tableros de contrachapado, de fibras, de partículas, listones y pasta de papel.

Segunda transformación se refiere a industria del mueble, puertas y carpinterías. Los residuos de estas industrias son cortezas, serrines, recortes, astillas, virutas, polvo de lijado, restos de tablero, etc., así como los que proceden de la recuperación de materiales lignocelulósicos (envases, palets, muebles, madera de derribo, etc.).

3.3.3.2 Acreditación del Rendimiento Eléctrico Equivalente (REE)

Cualquier instalación de cogeneración a la que le sea exigible el cumplimiento de un REE mínimo deberá calcular y acreditar a final de año el rendimiento eléctrico equivalente real alcanzado por su instalación. Para ello además deberá acreditar y justificar el calor útil producido por la planta y efectivamente aprovechado por la instalación consumidora del mismo.

3.3.3.3 Inspecciones en las Cogeneraciones

La Administración General del Estado, a través de la Comisión Nacional de la Energía, y en colaboración con los órganos competentes de las Comunidades Autónomas correspondientes, realizará inspecciones periódicas y aleatorias a lo largo del año en curso sobre aquellas instalaciones de cogeneración objeto del cumplimiento del requisito del rendimiento eléctrico equivalente, siguiendo los criterios de elección e indicaciones que la Secretaría General de la Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio imponga en cada caso, ajustándose el número total de inspecciones efectuadas anualmente a un mínimo del 10% del total de instalaciones de cogeneración existentes, que representen al

menos el 10% de la potencia instalada dentro del subgrupo correspondiente.

Dichas inspecciones se extenderán a la verificación de los procesos y condiciones técnicas y de confort que den lugar a la demanda de calor útil.

3.3.3.4 Producción Eléctrica Simple

Los sistemas de generación eléctrica a condensación, con biomasa y/o biogás deben alcanzar unos niveles mínimos de eficiencia para su generación bruta de energía eléctrica. Es decir, para ser incluidos en el régimen especial y beneficiarse de la retribución, las plantas de biomasa deben alcanzar los rendimientos eléctricos mínimos siguientes:

Hasta 5 MW: 18%

De 5 a 10 MW: 20%

De 10 a 20 MW: 22%

De 20 a 50 MW: 24%

3.3.3.5 Cálculo de la eficiencia de Generación Bruta

El cálculo de la eficiencia se realizará conforme a la siguiente fórmula:

Donde:

[PEB]: producción eléctrica bruta anual, en MWh.

EPC: energía primaria consumida, en toneladas equivalentes de petróleo, contabilizando a PCI (poder calorífico inferior).

3.3.3.6 Estructura de la retribución

Para la venta de la energía eléctrica exportada a la red se puede elegir una de las dos opciones siguientes:

Tarifa regulada: la componente principal del precio es fija y denominada tarifa base (**Ptr**), a la que se aplican una serie de complementos.

Mercado de energía eléctrica: el precio va siguiendo el precio de la electricidad hora a hora en el mercado, incrementado en una determinada prima y una serie de complementos. La retribución principal es, en este caso, la suma del precio de mercado horario diario (**PMD**) más una prima (**P**).

Los complementos que se añaden a la retribución principal son:

- Complemento por energía reactiva (**CR**): ambas opciones (a tarifa o a mercado) perciben un complemento por energía reactiva.
- Garantía de potencia (**GP**): las plantas que acudan al mercado recibirán un complemento por garantía de potencia al utilizar una energía primaria gestionable.
- Complemento por discriminación horaria (**DH**): complemento opcional para las plantas en la opción a tarifa.
- Complemento por eficiencia (**CEF**): todas las plantas que sobrepasen los REE mínimos exigidos recibirán un complemento por eficiencia. Sólo aplicable a cogeneración.
- Desvíos (**DES**): a todas las instalaciones se les repercutirá un coste de desvío por la variación entre la previsión y la exportación real.

De forma resumida, los precios de venta de electricidad, se forman como sigue:

OPCION 1	Tarifa Regulada Única	$PFT = (Ptr) + (CR) + (DH) + (Cef) - (Des)$
OPCION 2	Mercado	$PFM = (PMD) + (P) + (GP) + (CR) + (Cef) - (Des)$

Resumen precios de venta de la Electricidad

Complemento por Energía Reactiva

Toda instalación acogida al régimen especial, independientemente de la opción de venta elegida (tarifa o mercado), recibirá un complemento por energía reactiva por el mantenimiento de unos determinados valores de factor de potencia.

Este complemento es un porcentaje, en función del factor de potencia con el que se entregue la energía, del valor de venta de la energía eléctrica, que será revisado anualmente.

Los coeficientes de bonificación o penalización, según el factor de potencia y el periodo horario son los siguientes:

Tipo de Factor de Potencia	Factor de Potencia	Bonificación Tipo de o Penalización (%)		
		<i>Punta</i>	<i>Llano</i>	<i>Valle</i>
Inductivo	$F_p < 0,95$	-4	-4	8
	$0,96 > F_p - 0,95$	-3	0	6
	$0,97 > F_p - 0,96$	-2	0	4
	$0,98 > F_p - 0,97$	-1	0	2
	$1,00 > F_p - 0,98$	0	2	0
	$F_p = 1,00$	0	4	0
Capacitivo	$1,00 > F_p - 0,98$	0	2	0
	$0,98 > F_p - 0,97$	2	0	-1
	$0,97 > F_p - 0,96$	2	0	-2
	$0,96 > F_p - 0,95$	6	0	-3
	$F_p < 0,95$	8	-4	-4

Valores del coeficiente de bonificación o penalización según el factor de potencia

En las horas punta se bonifica la generación de reactiva y en las horas valle se bonifica la absorción de reactiva.

Garantía de Potencia

La retribución aproximada es de 2 €/MW de potencia instalada y por cada hora. Se retribuye a toda la potencia neta instalada en todas las horas del año. Sólo es de aplicación a las instalaciones que vendan su electricidad en el mercado.

Discriminación Horaria

Las instalaciones de cogeneración de producción (b.6, b.7 y b.8) que hayan elegido ceder su producción eléctrica al distribuidor, es decir, a tarifa fija, pueden acogerse al régimen de discriminación horaria que define horarios punta de 11 a 21 h en verano y de 12 a 22 h en invierno, correspondiendo las horas valle al resto de horas del día.

Complemento por eficiencia

El complemento por eficiencia se aplica a la electricidad cedida al sistema para las plantas de potencia nominal inferior o igual a 100 MW.

El complemento se calcula según la siguiente fórmula:

Donde:

REEmín: es el rendimiento eléctrico equivalente mínimo por tecnología.

REEi: es el rendimiento eléctrico equivalente acreditado por la planta.

Cmp: es el coste de la materia prima, publicado trimestralmente por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Desvíos

Los desvíos son las diferencias entre la energía que se programa vender y la que realmente se entrega a la red.

Se les repercutirá a las instalaciones, el coste de desvío fijado en el mercado organizado por cada período de programación. El coste del desvío, en cada hora, se repercute sobre la diferencia, en valor absoluto, entre la producción real y la previsión.

3.3.3.7 Tarifas Reguladas y Primas

Tarifas y primas de referencia para cogeneración con Biomasa

Las tarifas y primas de referencia que son de aplicación a la electricidad exportada por plantas de cogeneración que utilizan biomasa como combustibles, se incluyen en la siguiente tabla, que discrimina por tipo de combustible, potencia entregada máxima y antigüedad de la planta.

Combustible	Potencia	Plazo	Tarifa Regulada (c€/Kwh)	Prima de Referencia (c€/Kwh)
b.6.1	P≤2Mw	<i>Primeros 15 años</i>	16,0113	11,6608
		<i>A partir de Entonces</i>	11,8839	0,0000
	2Mw≤ P	<i>Primeros 15 años</i>	14,6590	10,0964
		<i>A partir de Entonces</i>	12,3470	0,0000
b.6.2	P≤2Mw	<i>Primeros</i>	12,7998	8,4643

b.6.3	2Mw ≤ P	15 años		
		A partir de Entonces	8,6294	0,0000
		Primeros 15 años	10,7540	6,1914
	P ≤ 2Mw	A partir de Entonces	8,0660	0,0000
		Primeros 15 años	12,7998	8,4643
		A partir de Entonces	8,6294	0,0000
b.8.2	2Mw ≤ P	15 años		
		A partir de Entonces	8,0660	0,0000
		Primeros 15 años	11,8294	7,2674
	P ≤ 2Mw	A partir de Entonces	6,6506	0,0000
		Primeros 15 años	9,4804	5,1591
		A partir de Entonces	7,1347	2,9959
2Mw ≤ P	15 años			
	A partir de Entonces	7,1347	0,0000	

Retribución de la electricidad producida por cogeneraciones con diferentes tipos de biomasa. Artículo 35 apartado 3 (a.1.3) del RD 661/2007

Precio y primas de producción Eléctrica Simple

Los grupos y subgrupos relacionados con la biomasa son los mismos que los descritos para definir los combustibles del grupo de cogeneración con biomasa. En la siguiente tabla se indican las tarifas reguladas, las primas de referencia y los límites superior e inferior. Éstos últimos aplican sólo a la venta a mercado, ya sea la planta de cogeneración o de generación simple.

Grupo	Subgrupo	Potencia	Plazo	Tarifa Regulada (c€/Kwh)	Prima de Referencia a (c€/Kwh)	Límite superior (c€/Kwh)	Límite inferior (c€/Kwh)
b.6	b.6.1	P ≤ 2Mw	Primeros 15 años	15,8890	11,5294	16,6300	15,4100
			A partir de Entonces	11,7931	0,0000		

			<i>Primeros 15 años</i>	14,6590	10,0964	15,0900	14,2700
			<i>A partir de Entonces</i>	12,3470	0,0000		
	b.6.2	P≤2Mw	<i>Primeros 15 años</i>	12,5710	8,2114	13,3100	12,0900
			<i>A partir de Entonces</i>	8,4752	0,0000		
			<i>Primeros 15 años</i>	10,7540	6,1914	11,1900	10,3790
			<i>A partir de Entonces</i>	8,0660	0,0000		
	b.6.3	P≤2Mw	<i>Primeros 15 años</i>	12,5710	8,2114	13,3100	12,0900
			<i>A partir de Entonces</i>	8,4752	0,0000		
			<i>Primeros 15 años</i>	11,8294	7,2674	12,2600	11,4400
			<i>A partir de Entonces</i>	8,0660	0,0000		
b.8	b.8.2	P≤2Mw	<i>Primeros 15 años</i>	9,2800	4,9214	10,0200	8,7900
			<i>A partir de Entonces</i>	6,5100	0,0000		
			<i>Primeros 15 años</i>	6,5080	1,9454	6,9400	6,1200
			<i>A partir de Entonces</i>	6,5080	0,00001		

Retribución de la electricidad producida por instalaciones que utilizan diferentes tipos de biomasa dentro de la categoría b), grupos b.6, b.7 y b.8: biomasa. Artículo 36 del RD 661/2007

3.3.3.8 Actualizaciones

En general, los importes de las tarifas, primas, complementos y límites inferior y superior para la biomasa (es decir, para la categoría b y el subgrupo a.1.3), se actualizarán anualmente según el IPC menos:

- 0,25% hasta el 31 de diciembre de 2012
- 0,50% a partir de entonces

Los importes de tarifas, primas, complementos y límites inferior y superior que resulten de cualquiera de las actualizaciones contempladas en el punto anterior serán de aplicación a la totalidad de instalaciones de cada grupo, con independencia de la fecha de puesta en servicio de la instalación.