

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente



TESIS DOCTORAL

Gestión integral de la biomasa en la interfaz urbano-forestal, en ámbito supramunicipal y sus efectos en la lucha contra el cambio climático, red natura 2000 y prevención de incendios forestales.

Autor:

Juan José Mayans Diaz

Directores:

José Andrés Torrent Bravo

María Leticia López Sardá

Enero, 2019

Agradecimientos:

A mis Directores de Tesis por su constancia, apoyo y orientación durante toda la fase de investigación y redacción.

Al Pueblo de Serra, a su Ayuntamiento y todo su equipo de Gobierno especialmente al Alcalde D. Javier Arnal Gimeno, su concejal de Medio Ambiente y Agricultura D. Joaquín F. Arnal Ros y a la Alcaldesa Dña. Alicia Tusón Sánchez por creer en la investigación desde el primer momento, a los operarios Jose "Polido" Ros Navarro y Rafa Arnal Catalá por su tesón, trabajo y esfuerzo en todos los momentos y especialmente en aquellos más difíciles.

A mi padre y a mi madre por hacer de mi quien soy, por su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida.

A mi mujer, Ainhoa y a mi hija, Eider y por ayudarme a mantenerme firme durante todos estos años de investigación frente a las dificultades que fueron apareciendo y sobre todo por mostrarme la felicidad todos los días.

Resumen:

El municipio de Serra se asienta en la vertiente meridional de la Sierra Calderona. El término municipal ocupa una superficie de 5.730 hectáreas de las cuales, el 95 % de su territorio se encuentra dentro del ámbito del Parque Natural de la Sierra Calderona y el 85% del territorio corresponde a Suelo Forestal.

La estructura económica del municipio ha tenido, desde 1960, al sector de la construcción como eje principal de la economía, quedando el subsector forestal, como actividad residual. Esto ha provocado un flujo de mano de obra desde el sector primario hacia otros más productivos, teniendo como consecuencia un crecimiento desordenado de la masa forestal, provocando un deterioro del paisaje. Esto ha aumentado considerablemente el riesgo de incendios y plagas y amenaza en definitiva el patrimonio forestal del Parque Natural de la Sierra Calderona.

Siguiendo las directrices marcadas por las prioridades de la UE en desarrollo rural se ha puesto en marcha un proyecto de investigación dirigido hacia la creación de empleo local mediante el fomento de actividades sostenibles cuyos resultados se reinviertan en la sociedad local generando una economía circular que constituya la base del desarrollo socio económico local.

El proyecto consiste en el aprovechamiento energético sostenible de la biomasa forestal, agrícola y de jardinería y su reconversión a un combustible sólido (pélet) empleado en la calefacción de edificios públicos y por otra parte, comercializando el excedente de pélet, con esto se pretende un ahorro económico energético y de gestión del residuo y un beneficio que podrá ser empleado directamente en la creación de empleo local. El proyecto contribuye además a la protección y mejora de los montes de Serra.

La presente Tesis trata de estudiar si un adecuado modelo de gestión de la biomasa en zonas de la interfaz urbano forestal de municipios, como Serra, incluidos en el Parque Natural de la Sierra Calderona puede tener efectos directos positivos en la prevención de incendios forestales y la lucha contra el cambio climático, la Tesis estudia además si estos modelos de gestión pueden ser económica y medioambientalmente sostenibles y su capacidad para contribuir a mejorar el desarrollo socioeconómico de estas poblaciones, fijando su población y ofreciendo un verdadero desarrollo rural basado en el aprovechamiento racional de sus recursos naturales.

Resum:

El municipi de Serra s'assenta en el vessant meridional de la Serra Calderona. El terme municipal ocupa una superfície de 5.730 hectàrees de les quals, el 95 % del seu territori es troba dins de l'àmbit del Parc Natural de la Serra Calderona i el 85% del territori correspon a Sòl Forestal.

L'estructura econòmica del municipi ha tingut, des de 1960, al sector de la construcció com a eix principal de l'economia, quedant el subsector forestal, com a activitat residual. Açò ha provocat un flux de mà d'obra des del sector primari cap a uns altres més productius, tenint com a conseqüència un creixement desordenat de la massa forestal, provocant una deterioració del paisatge. Açò ha augmentat considerablement el risc d'incendis i plagues i amenaça en definitiva el patrimoni forestal del Parc Natural de la Serra Calderona.

Seguint les directrius marcades per les prioritats de la UE en desenvolupament rural s'ha engegat un projecte de recerca dirigit cap a la creació d'ocupació local mitjançant el foment d'activitats sostenibles els resultats de les quals es reinverteixen a la societat local generant una economia circular que constituïska la base del desenvolupe soci econòmic local.

El projecte consisteix en l'aprofitament energètic sostenible de la biomassa forestal, agrícola i de jardineria i la seua reconversió a un combustible sòlid (pélet) emprat en la calefacció d'edificis públics i d'altra banda, comercialitzant l'excedent de pélet, amb açò es pretén un estalvi econòmic energètic i de gestió del residu i un benefici que podrà ser emprat directament en la creació d'ocupació local. El projecte contribueix a més a la protecció i millora de les muntanyes de Serra.

La present Tesi tracta d'estudiar si un adequat model de gestió de la biomassa en zones de la interfície urbà forestal de municipis, com Serra, inclosos en el Parc Natural de la Serra Calderona pot tenir efectes directes positius en la prevenció d'incendis forestals i la lluita contra el canvi climàtic, la Tesi estudia a més si aquests models de gestió poden ser econòmica i mediambientalment sostenibles i la seua capacitat per a contribuir a millorar el desenvolupament socioeconòmic d'aquestes poblacions, fixant la seua població i oferint un vertader desenvolupament rural basat en l'aprofitament racional dels seus recursos naturals.

Abstract:

The municipality of Serra sits on the southern slope of the Sierra Calderona mountains. The municipality occupies an area of 5,730 hectares of which, 95% of its territory is within the Sierra Calderona Natural Park and 85% of the territory corresponds to forest land.

The economic structure of the municipality has had, since 1960, the construction sector as the main axis of the economy, leaving the forestry sub-sector as a residual activity. This has caused a labor flow from the primary sector to more productive ones, resulting in a disorderly growth of the forest mass, causing a deterioration of the landscape. This has considerably increased the risk of fire and pests and ultimately threatens the forest heritage of the Sierra Calderona Natural Park.

Following the guidelines set by the EU priorities for rural development, a research project aimed at the creation of local jobs has been launched through the promotion of sustainable activities whose results are reinvested in the Local society generating a circular economy that constitutes the basis of the local socio-economic development.

The project consists of the sustainable energetic use of forest, agricultural and garden biomass and its conversion to a solid fuel (wood p elet) used in the heating of public buildings and on the other hand, marketing the surplus of this wood p elet, this aims to a saving of energy bills and waste management costs and brings a benefit that can be used directly in the creation of local employment. The project also contributes to the protection and improvement of the Serra Mountains.

This thesis aims to study whether an adequate model of management of biomass in the municipal urban forest interface, such as Serra, included in the Natural Park of the Sierra Calderona can have direct positive effects on the prevention of forest fires and the fight against climate change, the thesis also studies whether these management models can be economically and environmentally sustainable and their ability to contribute to improving the socioeconomic development of these populations, setting their Population and offering a true rural development based on the rational use of their natural resources.

Índice General

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
I.1 MOTIVACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
I.2 OBJETIVOS:.....	10
I.3 CONTENIDO Y ESTRUCTURA DE LA TESIS:.....	12
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	15
II.1 EL CONCEPTO DE BIOMASA:	15
II.1.1 Situación de la biomasa a nivel mundial:	17
II.1.2 Situación de la biomasa en la Unión Europea:	19
II.1.3 Situación de la biomasa en España:	21
II.2 CLASIFICACIÓN DE LA BIOMASA:	24
II.3 RECURSOS POTENCIALES DE BIOMASA:	26
II.3.1 Recursos de Biomasa primaria y cultivos energéticos:.....	26
II.3.2 Recursos de biomasa secundaria:	33
II.4 BIOCOMBUSTIBLES:	34
II.4.1 Concepto de biocombustible:	34
II.4.2 Tipos de biocombustibles:	35
II.4.2.1 Pélets de biomasa:	36
II.4.2.2 Astillas de madera:	39
II.4.2.3 Residuos agroindustriales:.....	42
II.4.2.4 Combustibles tradicionales: leñas y derivados.....	42
II.4.2.5 Pélets torrefactados:	43
II.4.2.6 Cultivos energéticos:.....	45
II.4.2.6.1 Bio-alcoholes:	46
II.4.2.6.2 Bio-aceites:	48
II.4.2.6.3 Cultivos lignoceluloósicos:.....	49
II.4.2.6.4 Especies agrícolas:	49
II.4.2.6.5 Especies forestales:	52
II.4.3 Aspectos comunes a los combustibles procedentes de la madera:	54
II.4.3.1 Tamaño del combustible:.....	54
II.4.3.2 El problema del cloro en los combustibles de biomasa:.....	55
II.4.3.3 Poder calorífico de los combustibles sólidos:	57
II.5 APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA BIOMASA:	58
II.5.1 Aplicaciones industriales:	59
II.5.1.1 Combustión industrial de la biomasa:.....	60
II.5.1.2 Sistemas de parrilla:	61
II.5.1.3 Sistemas rotativos:.....	62
II.5.1.4 Sistemas de tornillo:.....	62
II.5.1.5 Sistemas de cámaras torsionales:.....	62
II.5.1.6 Sistemas de combustión en lecho fluido:	63
II.5.1.7 Sistemas basados en la gasificación del combustible:.....	64
II.5.2 Producción eléctrica y cogeneración:.....	64
II.5.2.1 Situación general:	64
II.5.2.2 Producción industrial:.....	70
II.5.2.3 Producción doméstica.....	72
II.5.2.4 Cocina y electricidad:	73
II.5.3 Producción de energía térmica:.....	74
II.5.3.1 Situación general:	74
II.5.3.2 Centrales de distribución de calor o “District heating”	82
II.5.3.3 Calderas domésticas.	84
II.5.3.4 Calderas de gran potencia:.....	90
II.5.3.5 Estufas y termoestufas.	90
II.5.4 Biomasa y transporte:.....	92
II.6 GESTIÓN DE LA BIOMASA E INCENDIOS EN LA INTERFAZ URBANO-FORESTAL.....	94
II.6.1 Interfaz Urbano-Forestal:.....	94
II.6.2 Gestión de la biomasa en la IUF:	98
II.6.2.1 Labores de aclareo:	103
II.6.2.2 Claras por lo bajo:	104

II.6.2.3	Poda de ramas bajas:	105
II.6.2.4	Gestión de los residuos generados:	106
II.6.2.5	Quemas prescritas para el control de la vegetación:.....	107
II.6.3	Incendios en la IUF:.....	108
II.6.3.1	Origen de los incendios forestales que afectan a la IUF.	111
II.6.3.2	Incendios de sexta generación:	119
II.6.3.3	Análisis energético de los incendios de Cortes de Pallas y Andilla, Junio / Julio 2012.	121
CAPÍTULO III.	CASO DE ESTUDIO.....	131
III.1	ESTUDIO DEL MEDIO:	131
III.1.1	El municipio de Serra:	131
III.1.1.1	Historia	131
III.1.1.2	Climatología:	132
III.1.1.3	Suelo y vegetación:.....	133
III.1.1.4	Fauna:.....	139
III.1.2	Potencial de biomasa:.....	144
III.1.2.1	Diseño del muestreo:	145
III.1.2.2	Parámetros dendrométricos:.....	148
III.1.2.3	Árboles tipo:	149
III.1.2.4	Errores en la estimación de parámetros medios	151
III.1.2.5	Tablas resumen:	153
III.1.3	Sociedad y economía:.....	162
III.1.3.1	Demografía:	162
III.2	EL PARQUE NATURAL DE LA SIERRA CALDERONA	169
III.2.1	Introducción:.....	169
III.2.2	Hidrología, suelo, clima, vegetación y fauna:	171
III.2.2.1	Características climáticas:	172
III.2.2.2	Vegetación:	176
III.2.2.3	Fauna:	177
III.2.3	Sociedad y economía:.....	178
III.2.3.1	Población:	178
III.2.3.2	Empleo	180
III.2.3.3	Agricultura:.....	181
III.2.3.4	Ganadería:	182
III.2.3.5	Construcción:	183
III.2.3.6	Comercio y turismo:	184
III.3	METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE LA BIOMASA:.....	185
III.3.1	Reaprovechamiento del residuo verde:	185
III.3.2	Planta piloto:.....	188
III.3.2.1	Triturado:.....	189
III.3.2.2	Peletizado manual:	192
III.3.2.3	Peletizado semi industrial:	199
III.3.3	Propuesta de Ordenación del M.U.P. nº 105:	220
III.4	APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO:	222
III.4.1	Estudio de los combustibles generados.....	222
III.4.1.1	Astilla:.....	223
III.4.1.2	Ventajas de la producción de astilla:	223
III.4.1.3	Problemas de la astilla:.....	224
III.4.1.3.1	El tamaño:.....	224
III.4.1.3.2	La densidad y composición:	226
III.4.1.4	Pélet:	227
III.4.1.4.1	Pélet de jardinería:	227
III.4.1.4.2	Pélet mixto agrícola y de jardinería:	230
III.4.1.4.3	Pélet forestal:.....	231
III.4.2	Análisis de sistemas de calefacción instalados	238
III.4.2.1	Guardería:.....	238
III.4.2.2	Edificio consistorial:	249
III.4.2.3	Colegio Público:	261

CAPÍTULO IV. RESULTADOS DEL CASO DE ESTUDIO.	273
IV.1 RESULTADOS ECONÓMICOS:	273
IV.1.1 Gestión de residuos:	273
IV.1.2 Producción de combustible:	281
IV.1.3 Facturación energía eléctrica:	283
IV.1.3.1 Guardería:	283
IV.1.3.2 Ayuntamiento:	287
IV.1.4 Facturación de gasóleo - colegio público:	292
IV.2 RESULTADOS EN LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO	295
IV.2.1 Reducción de emisiones de CO2:	295
IV.3 RESULTADOS EN PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES:	299
IV.3.1 Infraestructuras de defensa creadas:	299
IV.3.2 Propuesta de infraestructuras en 5 años vista:	313
IV.4 RESULTADOS SOCIALES:	314
IV.4.1 Estudio de viabilidad económica del proyecto:	314
IV.4.1.1 Producción manual:	314
IV.4.1.2 Producción semi industrial:	318
IV.4.2 Empleos generados:	322
IV.4.3 Efectos sobre la sociedad de Serra:	324
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES:	331
V.1 RESPECTO A LOS EFECTOS ECONÓMICOS:	331
V.2 RESPECTO A LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS INCENDIOS FORESTALES:	334
V.3 RESPECTO A LA REDUCCIÓN EN LA EMISIÓN DE G.E.I.:	335
V.4 RESPECTO A LA GENERACIÓN DE EMPLEO:	336
V.5 RESPECTO A LA EXPORTACIÓN DEL PROYECTO:	336
V.6 CONCLUSIONES:	338
V.6.1 Conclusiones del caso de estudio:	338
V.6.2 Conclusiones sobre la gestión de la biomasa en la interfaz-urbano forestal y el ámbito supra municipal:	340
V.6.3 Conclusiones sobre los efectos en la lucha contra el cambio climático:	340
V.6.4 Conclusiones sobre la protección del entorno natural (Red Natura 2000) y prevención de incendios forestales:	341
V.6.5 Conclusiones generales:	342
V.7 DISCUSIÓN FINAL:	344
V.8 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:	345
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS:	347
VI.1 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS:	347
VI.2 ÍNDICE DE FIGURAS:	355
VI.3 ÍNDICE DE TABLAS:	357
VI.4 ÍNDICE DE GRÁFICOS:	359
VI.5 ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS:	360

Capítulo I. Introducción.

El presente capítulo recoge de forma somera los motivos que llevaron a plantear un proyecto de investigación, cuyas conclusiones se reflejan en la presente Tesis, dentro de este capítulo se exponen igualmente tanto los objetivos de la Tesis como su contenido y estructura.

I.1 Motivación de la Investigación.

En junio de 2012 la Región de Valencia, en la costa mediterránea española, sufrió uno de los incendios más devastadores de su historia, durante los días 28 y 29 se calcinaron 45.000 hectáreas de bosque y matorral (MAPAMA, 2019), las pérdidas económicas se cifraron en 114 millones de euros, además de la irremediable pérdida de un piloto que murió durante las labores de extinción, cuando sufrió un accidente el helicóptero que pilotaba. El desastre ecológico ha cambiado para siempre la faz de la región afectada, donde antes se levantaban bosques de pinares y cultivos ahora solo existe desolación, en efecto actualmente se ha acelerado la degradación de sus ecosistemas forestales, lo que está favoreciendo la despoblación de las zonas rurales afectadas y el abandono de las explotaciones agrícolas, poniendo en peligro la estabilidad económica de la región y consecuentemente la estabilidad social y ecológica (Martinho, 2019).

Haber realizado labores de gestión y ordenación de esas 45.000 hectáreas, hubiera permitido obtener biomasa energéticamente aprovechable capaz de suministrar energía suficiente para la calefacción anual de medio millón de viviendas. Aunque los costes de obtención de este combustible sostenible alcanzarían los 36 millones de euros, son netamente inferiores a la generación de esa misma energía con las fuentes tradicionales, en el caso del gasóleo calentar 500.000 viviendas durante un año costaría 250 millones de euros, además mediante el uso de esta biomasa como combustible se hubieran reducido las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en 700.000 toneladas de CO₂.

A priori parece evidente que el aprovechamiento energético de la biomasa proveniente de labores forestales sostenibles favorece la pervivencia de los montes, reduce los efectos sobre el cambio climático, previene incendios forestales, disminuye el consumo energético tradicional (Streimikiene *et al.* 2020) y fomenta el desarrollo socio económico de las regiones agroforestales (Jekayinfa *et al.* 2020).

El municipio de Serra es una pequeña población de montaña de la provincia de Valencia, su altitud se estima en 330 metros sobre el nivel del mar. La población se asienta, en la comarca Camp de Turia, en la vertiente meridional de la formación montañosa conocida como Sierra Calderona. El término municipal ocupa una superficie de 5.730 has de las cuales, el 95 % de su territorio se encuentra dentro del Parque Natural de la Sierra Calderona y el 85% del territorio corresponde a Suelo Forestal.

La estructura económica del municipio ha tenido, desde finales de los años 60, al sector de la construcción ligado a segundas residencias como eje principal de la economía, seguido por el sector terciario debido a la proximidad del Área Metropolitana de Valencia y quedando el sector primario, en el que se incluye el subsector forestal, como actividad complementaria y residual. Esto ha provocado por lo general un flujo de mano de obra desde el sector primario hacia otros más productivos, teniendo como consecuencia el cese de los cultivos y el abandono de los campos en producción, provocando por una parte un deterioro del paisaje y por otra contribuyendo a aumentar el riesgo de plagas e incendios y amenazando, en definitiva, el Patrimonio Natural de Serra y el futuro del Parque Natural.

A todo lo anterior cabe añadir los efectos sobrevenidos por el estallido de la crisis inmobiliaria y el derrumbe del sector de la construcción, provocando que numerosas familias hayan visto cómo sus ingresos se veían mermados por la pérdida de puestos de trabajo y el cierre de empresas del sector.

Tras concluir los Planes Estatales y Autonómicos cuyos objetivos eran paliar los efectos de la crisis mediante la reorientación de los desempleados procedentes de la construcción residencial hacia la obra pública, se hacía necesario sentar las bases de un cambio del modelo productivo y económico del municipio de Serra.

Siguiendo las directrices marcadas por las prioridades de la UE en desarrollo rural para el periodo de programación 2007-2013, esta estrategia apuntaba, entre otras ideas, hacia la creación de empleo local mediante el fomento de actividades sostenibles cuyos resultados se revirtieran en la sociedad local generando una economía circular que constituyera la base del desarrollo socioeconómico.

El municipio de Serra por su enclave en plena Sierra Calderona dispone de unos recursos naturales que junto a su situación cercana a la capital de provincia, le confieren un carácter privilegiado para el impulso de actividades agrícolas y forestales en consonancia con otras de carácter turístico y recreativo siendo todas ellas sostenibles y complementarias entre sí, como modelo de desarrollo socioeconómico.

Como Ingeniero Municipal del Ayuntamiento de Serra, en el año 2010 se propuso, por parte del autor del presente documento, al Equipo de Gobierno de entonces, un proyecto de gestión eficiente del todo el residuo verde del municipio y producción de combustible sólido, que pudiera ser empleado en la calefacción de edificios públicos. De forma que aplicando el proyecto a una población de 3.000 habitantes se pudiera ver si los resultados obtenidos concordaban con los principios teóricos expuestos.

En el año 2011, en plena crisis económica, los costes de gestión del residuo verde suponían a la población de Serra un gasto de 90.000 € anuales, la idea fundamental del proyecto ha sido reducir ese gasto mediante la reconversión del residuo proveniente de labores de jardinería, agrícola y sobre todo forestal en un combustible apto para ser empleado por la administración local y que esto además de reducir los costes de gestión de residuos y la facturación energética tuviera además efectos colaterales positivos sobre la protección del entorno natural, la reducción de la contaminación y la creación de empleo.

La idea de plasmar todo este proyecto en una Tesis Doctoral parte del objetivo de proponer una serie de actuaciones en el municipio de Serra, que a lo largo del desarrollo de las investigaciones y los trabajos realizados han sido reconocidas tanto a nivel nacional como internacional, y el modelo ha sido aplaudido desde la Comisión Europea como ejemplo de bioeconomía, puedan ser empleadas como base teórica para su aplicación en otras regiones de similares características y con problemáticas comunes como son la falta de oportunidades del mundo rural, el abandono de zonas agroforestales así como el riesgo de incendios forestales y la degradación de espacios naturales protegidos.

I.2 Objetivos:

Los objetivos principales son demostrar que una gestión sostenible y eficiente del residuo verde procedente de labores de jardinería (Deb *et al.* 2019), agrícolas y forestales (Giorio *et al.* 2019) tiene efectos directos económicos en materia de gestión del residuo verde y en consumo energético (Nunes *et al.* 2020) y que además lleva asociados efectos colaterales positivos en cuestiones como:

1. La protección del entorno natural frente a incendios forestales.
2. La disminución en la emisión de gases de efecto invernadero.
3. La generación de empleo local incluyendo el empleo femenino.
4. El modelo planteado en Serra es extrapolable a otros municipios y áreas de similares características.

Para llevar a cabo los objetivos anteriores se ha creado en el municipio de Serra una planta piloto de recogida, clasificación, tratamiento y producción de combustible sólido, utilizando como materia prima el residuo verde procedente de parques y jardines tanto públicos como privados, residuo agrícola y residuo proveniente de limpiezas forestales realizadas en el Parque Natural de la Sierra Calderona.

El residuo verde tratado originalmente era el procedente de labores de jardinería. Se instruyó a los operarios para que en el proceso de recogida hicieran una preselección descartando aquel residuo más húmedo y con alto contenido en clorofila como es el proveniente de siegas de cespitosas o gramíneas, podas de trepadoras tipo *hedera helix* o *parthenocissus quinquefolia*

así como podas de setos del tipo *cupressus sempervirens*. El proceso consistía, por lo tanto, en la recogida del residuo más seco y proveniente de podas de arbolado ornamental predominante como *morus alba*, *pinus pinea*, *pinus halepensis*, *melia azedarach*, *jacaranda mimosifolia*, *platanus acerifolia*, *ceratonia siliqua*...etc. El residuo de jardinería alcanza el 55% del residuo procesado.

Posteriormente se han incorporado residuos procedentes de podas agrícolas de cítricos y de cultivos de secano propios de la zona como son *olea europaea*, *prunus avium* y *prunus dulcis*, esto supone el 10% del residuo tratado.

Por último se ha incorporado el residuo forestal procedente de labores de generación de infraestructuras de protección contra incendios forestales, cuyo contenido está formado en un 90% por *pinus halepensis* y el 10% restante por matorral de escaso interés, esto supone el 35% del residuo verde tratado.

En 2019 la planta es operativa y produce combustible necesario para la alimentación de calderas de biomasa, policombustible, emplazadas en los edificios públicos del Ayuntamiento, Guardería Municipal y Colegio Público, la capacidad de producción de pélet es de 800 t/año. Se está trabajando en la mejora de la calidad y cantidad del combustible producido para ello se han llevado a cabo diversas analíticas físico-químicas del pélet producido.

Para la cuantificación de los resultados económicos se han comparado las facturaciones en materia de eliminación de residuo verde de los años anteriores a la implantación del proyecto, concretamente 2006 a 2010, con las facturaciones por este mismo concepto durante los años en los que el proyecto ha estado en funcionamiento 2011 a 2017, el resultado que se presenta es la diferencia entre la media de los costes de facturación.

Para la cuantificación del ahorro económico en materia de energía eléctrica se ha seguido el mismo método, comparando las facturaciones eléctricas de los edificios en los que se han instalado calderas de biomasa.

Igualmente, a través de las lecturas de los contadores de estos edificios, se están cuantificando los kWh que no se consumen de energía eléctrica y por lo tanto las emisiones de CO₂ que se están evitando al no usar este tipo de energía, para ello se siguen las recomendaciones de la Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Versión 2012, publicada por la Comisión Interdepartamental del Cambio Climático de la Generalitat de Catalunya.

Por último se ha llevado a cabo un estudio económico para la comercialización del excedente de pélet generado que irá destinado a la venta directa al vecino de Serra y a su puesta en el mercado, los beneficios económicos irán directamente destinados a la generación de empleo vinculado al proyecto.

I.3 Contenido y estructura de la Tesis:

La presente Tesis difiere ligeramente de la estructura habitual de las Tesis Doctorales, por razones intrínsecas ligadas al proyecto de investigación que se ha llevado a cabo, y que parece adaptarse mejor al siguiente esquema de estructura documental.

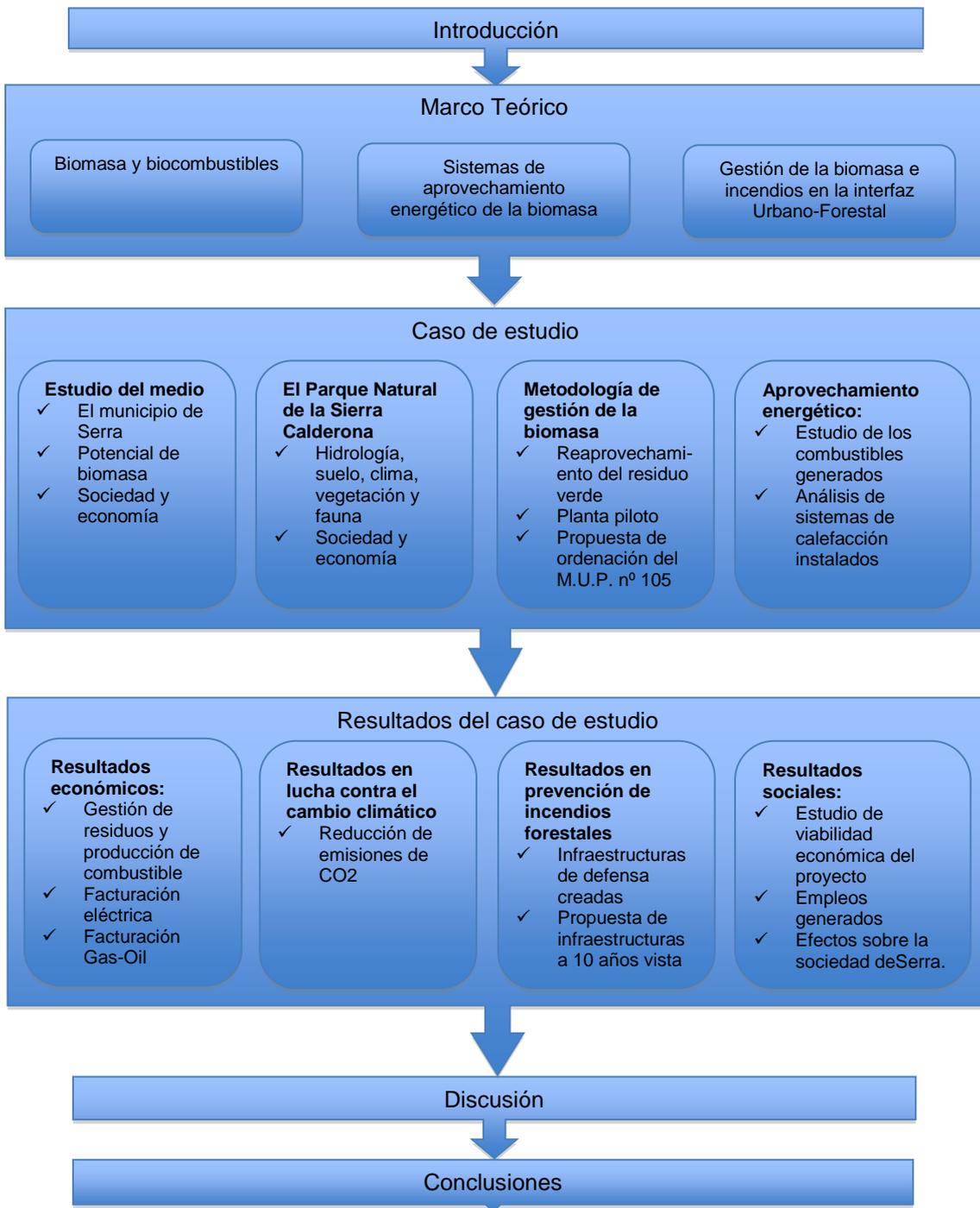


Figura 1. Esquema general del documento

Fuente: Elaboración propia

Este primer capítulo titulado **Introducción**, tiene como objetivo presentar al lector la temática general de la Tesis y razonar la motivación que ha llevado al caso de estudio, den este mismo apartado se describen los objetivos pretendidos y la estructuración general del documento.

El segundo capítulo titulado **Marco Teórico** pretende situar al lector dentro de la situación actual de la temática a la que hace referencia la Tesis y cuyas partes principales son la descripción actual de lo que se denomina biomasa y los procesos de reconversión a biocombustible, recopilación de los sistemas de aprovechamiento energético de la biomasa generalmente empleados y tendencias de futuro, por último se incluye en este capítulo los modelos de gestión de la biomasa y sus efectos en la propagación de incendios en la interfaz Urbano-Forestal.

El tercer capítulo lo compone el **Caso de Estudio** en el que, tal y como indica su nombre, se realiza el estudio del medio, en este caso el municipio de Serra, el potencial en biomasa que este dispone y una breve exposición desde el punto de vista social y económico del mismo, se hace igualmente una descripción del entorno del Parque Natural de la Sierra Calderona, haciendo hincapié en sus características físicas, climáticas, vegetales y demográficas. En este apartado se incluye además una descripción de la metodología de gestión de la biomasa empleada y que abarca la descripción y evolución del sistema de reciclaje del residuo verde y de la planta piloto de tratamiento de biomasa y producción de combustible sólido implantada. Se hace igualmente necesario presentar en este apartado, la propuesta de ordenación del Monte de Utilidad Pública nº 105 "Alt del Pi" que queda incluido en el municipio de Serra y que deberá constituir la principal fuente de materia prima del proyecto. Por último se ha considerado oportuno añadir a este capítulo un epígrafe referente a aprovechamiento energético y que contempla el estudio de los diferentes combustibles sólidos generados, el análisis de los sistemas de aprovechamiento energéticos instalados tanto en los edificios públicos de Serra como en diversas viviendas particulares, finalmente se efectúa un examen del rendimiento de los diferentes combustibles en estas instalaciones.

El cuarto capítulo lo constituyen los **Resultados del caso de estudio**, aquí se presentan los resultados obtenidos durante los SEIS AÑOS de duración del proyecto, en materia económica estos resultados incluyen los ahorros en gestión del residuo verde, facturación eléctrica y Gas-Oil. En lo que respecta a los efectos sobre el cambio climático se exponen los resultados en emisión de gases de efecto invernadero y los efectos sobre el entorno natural. Se incluyen igualmente los resultados en materia de prevención de incendios forestales y los efectos sociales del proyecto. Por último se añade un estudio de viabilidad económica del proyecto y

sus efectos sobre la sociedad del municipio de Serra y el Parque Natural de la Sierra Calderona.

En el quinto capítulo del documento titulado **Discusión**, se realiza una analítica de los resultados obtenidos y sus efectos en el caso de estudio, y si estos resultados permiten concluir satisfactoriamente con los objetivos planteados por la Tesis, así mismo se pretende discutir en este apartado si el modelo de Serra es realmente replicable en otras áreas de similares características y en qué condiciones habría de ser implantado.

El último capítulo titulado **Conclusiones**, tal como indica su nombre recoge las conclusiones de la Tesis y permitirá deducir con objetividad si los principios teóricos planteados son en efecto reales y, en definitiva, si proyectos similares pueden contribuir a generar nuevas oportunidades en el mundo rural, evitando así el abandono de zonas agroforestales, reduciendo el riesgo de incendios forestales y la degradación de espacios naturales protegidos.

Capítulo II. Marco Teórico.

El presente capítulo pretende exponer los aspectos fundamentales que deben ser tenidos en cuenta en lo que a gestión de biomasa se refiere. Se hará igualmente una breve reseña a los distintos tipos de biocombustibles que en la actualidad pueden ser generados y sus procesos de producción así como sus usos corrientes.

Del mismo modo se exponen los diversos sistemas de aprovechamiento energético de la biomasa que han sido empleados o que se utilizan en la actualidad con éxito y cuyos resultados y beneficios han sido probados, se hará una sucinta mención a las tendencias de futuro en cuanto a sistemas de aprovechamiento energético de la biomasa.

Por último se incluye en el presente capítulo la relación entre gestión de biomasa y sus efectos sobre los incendios forestales en la interfaz urbano-forestal, se dará un breve repaso a la estadística de incendios en la región mediterránea y más concretamente en el Parque Natural de la Sierra Calderona y el área de estudio.

II.1 El concepto de biomasa:

“La biomasa fue la primera fuente de energía utilizada por los humanos: hace 400 000 años, los hombres primitivos utilizaron fuego para cocinar, para iluminar, para protegerse contra animales salvajes y para calentar” (Poutrin C., 2015).

“En su más amplia aceptación, se entiende por biomasa toda aquella materia viva presente en el planeta. Esto es, todo el conjunto de materia orgánica energética, ya sea de origen vegetal, animal o procedentes de su transformación natural o artificial” (Elías X., 2012).

Actualmente, la biomasa, para ser una alternativa a los combustibles fósiles, requiere ser económica, ser utilizada con tecnología altamente automatizada y contribuir al desarrollo sostenible.

Según la Especificación Técnica Europea CEN/TS 14588: biomasa es *“Todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización.”* Entre estos últimos se encuentran el carbón, el petróleo y el gas, cuya generación ancestral difiere sustancialmente con lo que se viene definiendo como *“el balance neutro de la biomasa”* en las emisiones de CO₂. La combustión de biomasa no provoca aumento de emisiones de gases de efecto invernadero dado que es necesario considerar que el CO₂ que se libera ya se encontraba en la atmosfera actual (es el que se absorbe y se libera en el proceso de crecimiento vegetal). A diferencia del CO₂ emitido por el uso de combustibles fósiles que libera el CO₂ almacenado en el subsuelo hace millones de años.

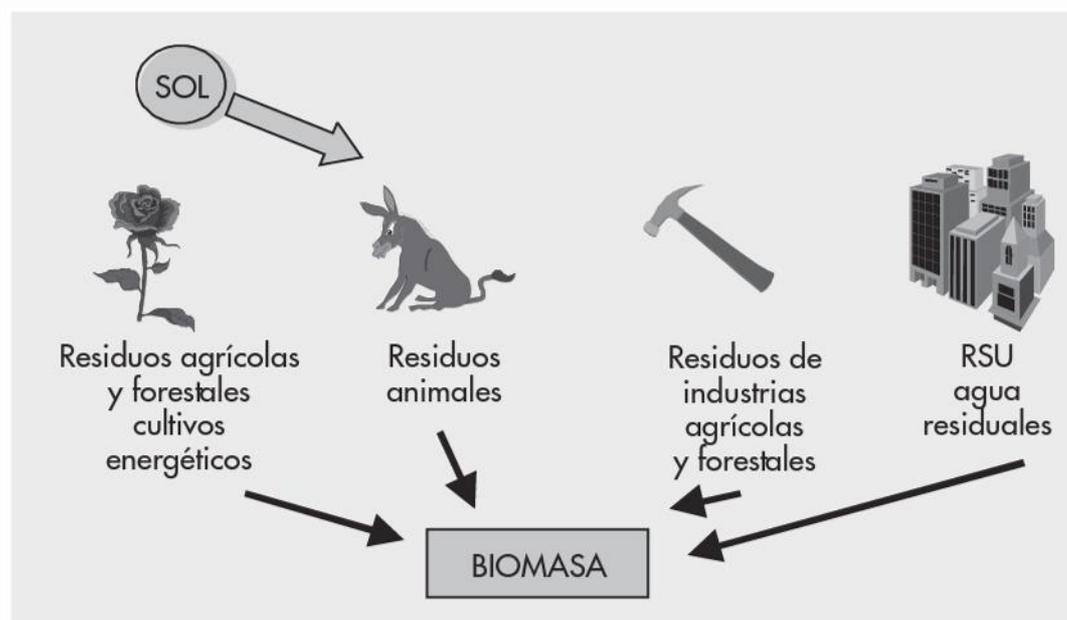


Figura 2. Esquema sintético del origen de la biomasa
Fuente: Elías Castells X. Los residuos como combustibles.

La conversión energética de la biomasa puede llevarse a cabo mediante diversos métodos. Dependiendo del origen de la materia orgánica y los procesos de tratamiento y transformación se obtienen diferentes biocombustibles, los usos más frecuentes son:

- ✓ Obtención de energía térmica por combustión de biomasa con bajo contenido en humedad como es la madera o los cultivos energéticos.
- ✓ Digestión anaerobia de biomasa con mayor contenido en humedad y obtención de biogás, en este caso se emplean restos de tratamientos de jardinería, podas verdes como restos de hierba o incluso lodos de depuración de aguas residuales.
- ✓ Para el caso de biomásas oleicas o de alto contenido en azúcares o almidón, la transformación más común es la transesterificación para la obtención de biodiesel o la fermentación respectivamente.

Existen varios métodos para extraer energía procedente de la biomasa, a través de agentes intermedios como es el caso de los bio-aceites y los gases de síntesis. Por otra parte la biomasa sólida se puede convertir en combustibles líquidos siguiendo procesos termoquímicos o enzimáticos. Cuando la humedad de la materia orgánica es elevada además de la producción de biogás o la obtención de compost con fines agrícolas, están en investigación otras tecnologías como “la conversión hidrotérmica o células de combustible microbiológicas.” (Poutrin C., 2015).

En definitiva y simplificando se podría decir que biomasa es toda materia orgánica susceptible de aprovechamiento energético, no obstante la realidad de la biomasa es bastante más

compleja ya que nos referimos a un vector energético que ya es básico en nuestra sociedad, tanto desde el punto de vista energético y medioambiental como para el fomento del desarrollo social y económico de áreas rurales (IDAE, 2007).

II.1.1 Situación de la biomasa a nivel mundial:

Los datos ofrecidos por la FAO indican que el 90% de la energía de determinados países pobres y en desarrollo proviene de la biomasa en forma de leña u otros biocombustibles. En países de Latinoamérica, Asia y África, la biomasa tradicional supone un tercio del consumo de energía, es la principal fuente de energía para 500 millones de hogares. No obstante la explotación de biomasa tradicional, en estos países, presenta un problema serio de deforestación e impacto ambiental asociado a su falta de desarrollo tecnológico y de eficiencia energética. Una planificación adecuada del aprovechamiento de la biomasa y mejor aplicación de la tecnología existente puede suponer una importante oportunidad para el sector de la biomasa a nivel internacional contribuyendo al desarrollo rural de zonas deprimidas y mejoras ambientales.

“Las previsiones establecidas por el Panel intergubernamental sobre Cambio Climático establecen que antes de 2100 la cuota de participación de la biomasa en la producción mundial de energía debería estar entre el 25 y el 46%. En el año 2006, la contribución de la biomasa (incluyendo usos tradicionales no eficientes) a nivel mundial alcanzaba los 1.186 Mtep de energía primaria, lo que suponía un 10,1 % del total mundial. Si descontamos la biomasa mediante usos tradicionales, la contribución de todas las energías renovables a nivel mundial baja significativamente, situándose alrededor del 7 % del consumo de energía primaria mundial” (Observatorio Tecnológico de la Energía, MINETUR, 2012).

En 2015, el suministro total Mundial de Energía Primaria fue de 13.647 MTep, de los cuales el 13,4% es decir, 1.823 MTep provienen de energías renovables. Debido a lo extendido del uso no comercial en países en desarrollo, para usos térmicos domésticos y alimentarios, los combustibles sólidos, leña y carbón, constituyen la fuente de energía renovable más importante, representando el 67,7% de todo el suministro de energías renovables a nivel mundial. La segunda fuente renovable por orden de magnitud es la hidroeléctrica con el 18,3% del suministro de renovables. Geotérmica, biocombustibles líquidos, biogases, solar y eólica junto con combinaciones de estas constituyen el resto del suministro global de renovables (International Energy Agency, 2017).

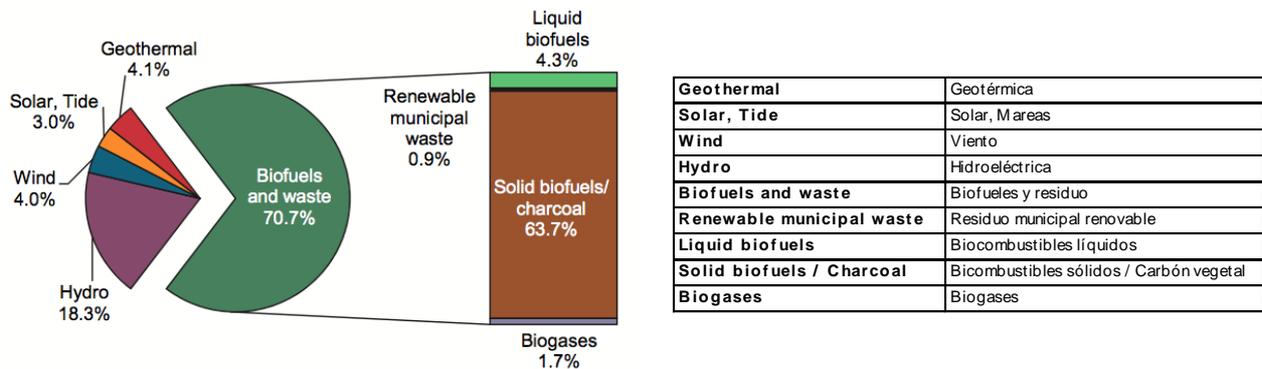


Figura 3. Suministro energético mundial por energías renovables en 2015

Fuente: International Energy Agency, 2017.

Desde el año 1990, las fuentes de energías renovables han aumentado una media anual del 2%, algo mayor al crecimiento anual del consumo energético que se sitúa en el 1,8%. El crecimiento ha sido especialmente alto en el caso de la energía solar fotovoltaica y la eólica, cuyos ratios de crecimiento alcanzan 45,5% y 24% respectivamente, principalmente debido a su escasa implantación en los años 90. Los biogases, con el 12,8%, ocupan el tercer puesto en crecimiento anual seguidos de la solar térmica (11,4%) y los biocombustibles líquidos (10,1%).

El 83,7% de los biocombustibles sólidos se producen en países en desarrollo, principalmente en Asia y África donde estos combustibles se utilizan generalmente de forma no comercial para cocina y calefacción. África, cuya cuota de consumo energético a nivel global es de 5,8% Mtep, contabiliza, no obstante, el 32,4% de los suministros de combustible sólido.

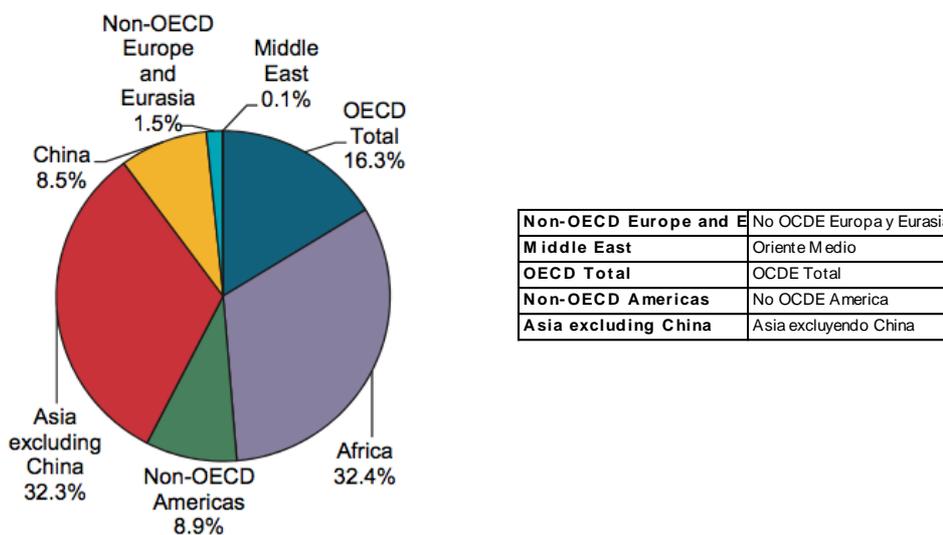


Figura 4. Suministro de biocombustibles sólidos mundial en 2015

Fuente: International Energy Agency, 2017.

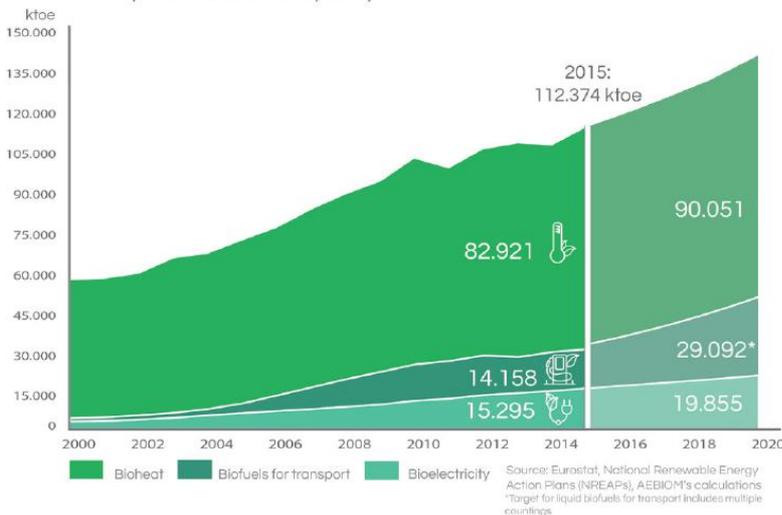
II.1.2 Situación de la biomasa en la Unión Europea:

En Europa los principales productores de biocombustibles sólidos son Francia, Suecia, Alemania, Finlandia y Polonia y aportan el 56,7% de la energía primaria generada con biomasa. Los consumidores son principalmente los países nórdicos a los que hay que añadir Italia y Reino Unido, este último debido principalmente al empleo de pélets de madera para generación eléctrica con unas necesidades actuales de 5,7 millones de toneladas. (PER 2011-2020).

En 2016 el consumo bioenergético alcanzó en la Europa de los 28 las 134,5 MTEp, lo cual es más del doble respecto del año 2000. Este aumento equivale al montante anual de consumo conjunto de carbón en los sectores de la industria, residencial y servicios. La previsión es que para el año 2020 se lleguen las 140 MTEp, lo que supone un aumento del 32% en comparación con el año 2014. Durante el año 2014 el consumo principal en lo que a bioenergía se refiere, corresponde a energía térmica con 77 Mtep, la generación de energía eléctrica supuso un 14,4 Mtep mientras que los bio fueles destinados al transporte supusieron un 14,1 Mtep. Se espera que para el año 2020 estas cantidades se incrementen en 16,9%, 38% y 105% respectivamente (PER 2011-2020).

Esto indica que claramente la bioenergía juega un papel fundamental en los objetivos para la lucha contra el cambio climático planteados por la Unión Europea (reducciones del 80-95% en la emisión de gases de efecto invernadero) y además contribuirá a que la Europa de los 28 pueda alcanzar los compromisos adquiridos en la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, COP21 (AEBIOM, 2016).

 EU-28 gross final energy consumption of bioenergy (From 2000 to 2020, ktoe)



Bioheat	Calor de biocombustibles
Biofuels for transport	Biofueles para transporte
Bioelectricity	Bioelectricidad
ktoe	ktep

Figura 5. Evolución y previsiones del consumo de bioenergía en EU-28.

Fuente: AEBIOM, 2017.

Por sectores de mercado cabe destacar que el consumo térmico residencial se lleva casi 40 Mtep de los generados por los biocombustibles.

La bioenergía es la fuente de renovables más importante en la Europa de los 28. La mayor contribución al mix energético nacional está liderada con países con grandes superficies forestales y larga tradición en gestión forestal como son Suecia (60%), Finlandia (90%) y Lituania (80%) que está dirigiendo sus esfuerzos hacia la seguridad energética y la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles.

El sector de la biomasa está experimentando un crecimiento global gracias al aumento del comercio de pélets y bio fueles. Entre los países de la UE destacan Inglaterra e Italia como grandes importadores de combustibles sólidos, en especial de pélets.

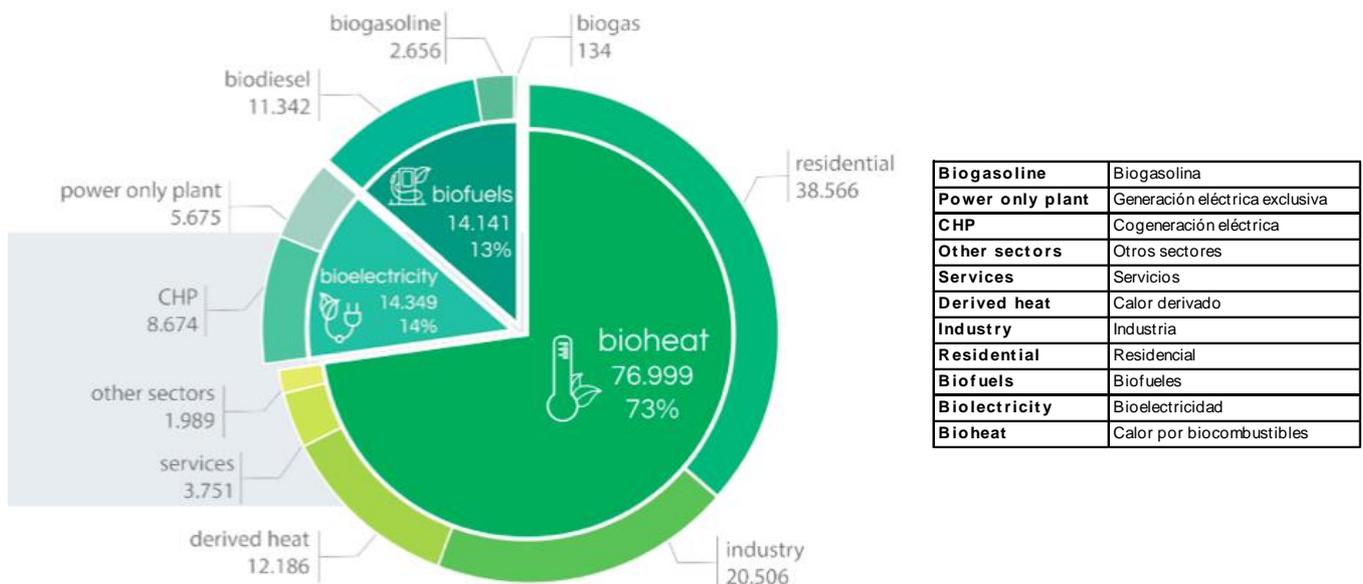


Figura 6. Consumo de bioenergía en EU-28 por sectores de mercado.

Fuente: AEBIOM, 2016.

La importancia que la biomasa tiene en el aporte al mix energético nacional la hace destacar sobre las demás renovables. En 23 de los 28 países de la UE la bioenergía supone más del 50% del total de las energías renovables.

En lo que a los objetivos en materia de energía térmica y eléctrica se refiere, la UE de los 28 está bien posicionada para cumplir los objetivos, no obstante esto no sucede con el sector del transporte en el cual queda mucho trabajo por hacer. La inconsistencia de las políticas europeas sobre la homologación de los bio fueles y la bajada del precio del petróleo es posiblemente una de las causas de la falta de desarrollo de este sector.

La tecnología de la biomasa esa bajo constante evolución y mejora y con las políticas adecuadas, tanto la producción de energía térmica como eléctrica así como el sector del transporte pueden tener a su disposición a precios de mercado las tecnologías que más eficientes (Lapinskas, R. 2016).

El nuevo escenario en la Unión Europea muestra que la biomasa continua siendo la fuente de energía renovable más empleada, de hecho el suministro de biomasa por parte de los países que componen la Europa de los 28 es mucho mayor que el suministro de cualquier combustible de origen fósil. A nivel de país, la biomasa ocupa más del 50% del mis energético de 22 países de la U.E. El sector de la bioenergía crea millones de puestos de trabajo y genera millones de ingresos tanto internacionalmente como en la Unión Europea, los datos muestran que la biomasa emplea a 660.000 personas con unos ingresos de 56.000 millones de euros anuales. (Kummamuru B., 2018).

II.1.3 Situación de la biomasa en España:

“España se caracteriza, desde un punto de vista energético, por presentar una estructura de consumo dominada por la presencia de productos petrolíferos, importados en su mayoría del exterior, lo que, junto a una reducida aportación de recursos autóctonos, ha contribuido a una elevada dependencia energética, lo que se traduce en un reducido grado de autoabastecimiento” (PANER 2011-2020, 2010). Esta situación experimentó un cambio de tendencia a partir del 2005, debido a la implementación de medidas políticas en favor de las energías renovables y la eficiencia energética, lo que ha favorecido un aumento en el uso de energías renovables en lo que a demanda interna se refiere, provocando una mejora en el grado de autoabastecimiento.

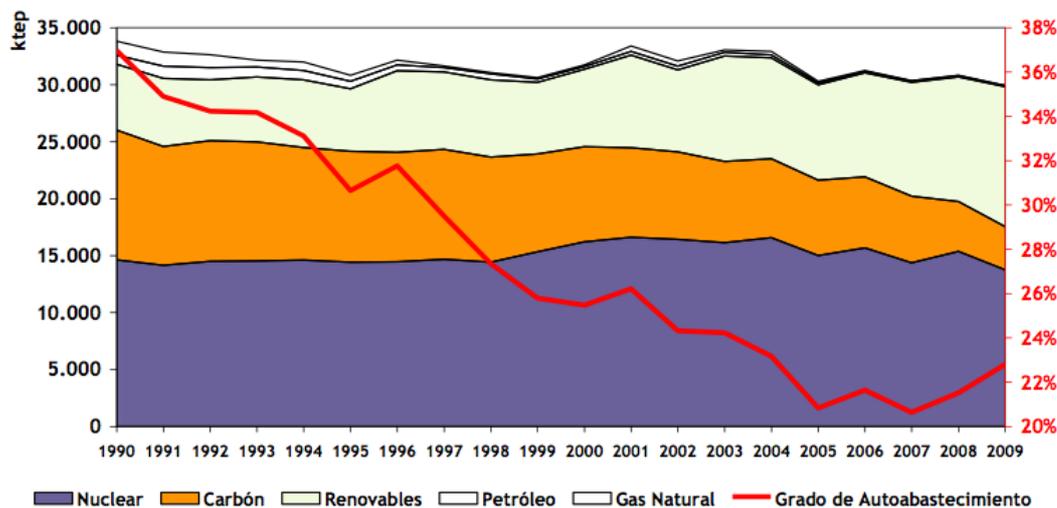


Figura 7. Evolución de la Producción Interior de la Energía y del Grado de Autoabastecimiento

Fuente: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital / IDAE

En el año 2005 más del 80% del abastecimiento energético del país provenía de energías fósiles, el 10% de la energía nuclear y únicamente el 6% de energías renovables. Este 94% no renovable llevaba aparejado importantes implicaciones medioambientales y una fuerte dependencia de abastecimiento exterior que era necesario reconsiderar, es por ello que el Plan de Energías Renovables de España de los años 2005 a 2010 propuso una meta del 12% a la contribución de las energías renovables al balance final de energía primaria.

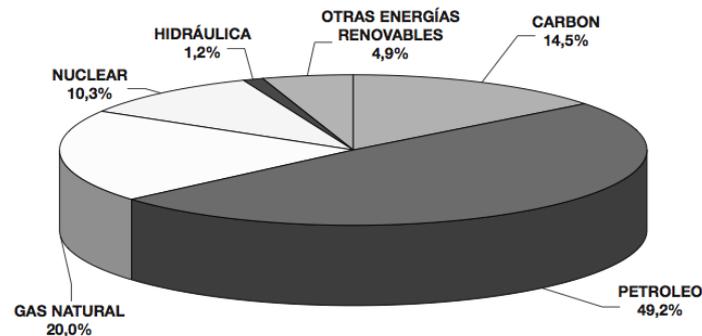


Figura 8. Consumo de energía primaria en 2005
Fuente: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital

Tal y como se ha mencionado anteriormente desde el año 2005 se ha venido registrando un cambio en la tendencia de forma que según los últimos informes energéticos del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, el 73,7% de la energía primaria consumida en España procede de energías fósiles, el 12% proviene de la energía nuclear y el 13,9% proviene de energías renovables, por lo que parece que en 2015 se alcanzaron los objetivos marcados para 2010. Aun considerando este cambio de tendencia el porcentaje de energías renovables en el balance de energía primaria sigue alejado de los objetivos del Marco sobre clima y energía para 2030 que establece una cuota de renovables del 27%.

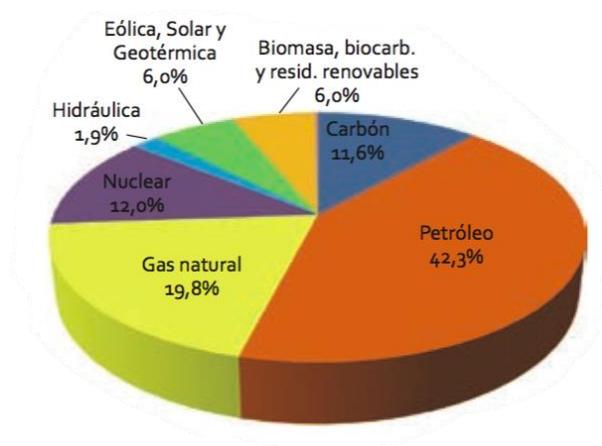


Figura 9. Consumo de energía primaria en 2015
Fuente: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital

El último informe remitido pone de manifiesto que las fuentes de energía renovables alcanzaron en España una cuota global sobre el consumo final bruto de energía del 15,31% en 2013 y del 16,2% en 2014, continuando así el incremento en la utilización de estas energías con respecto a los años precedentes, en los que se alcanzaron porcentajes del 13,2% y 14,3% en 2011 y 2012, respectivamente.

Como puede observarse, España prácticamente ha duplicado en los últimos diez años su cuota de energías renovables en el consumo final bruto de energía, apuntando una tendencia que, de continuar en los próximos años, permitiría cumplir con el objetivo establecidos por la Directiva 2009/28/CE para España en lo que a participación de las fuentes renovables en el consumo final bruto de energía se refiere.

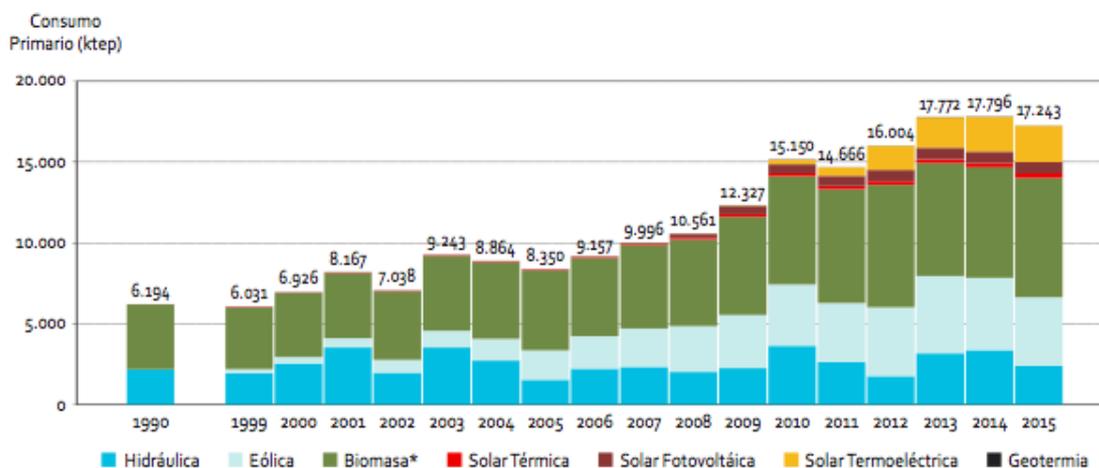


Figura 10. Evolución del consumo primario de renovables.

Fuente: Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital

“La bioenergía supone ya el 0,34% del PIB de España, 3.700 millones de euros. El uso energético de la biomasa evita que los españoles importemos más de 10 millones de barriles de petróleo al año con la consiguiente reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, cifrada en 3,68 millones de toneladas de CO₂, equivalentes a la contaminación que producen 2,45 millones de vehículos al año” (Ramos J.J. y Herrero J., 2017).

“Entre las energías renovables destaca el uso de productos obtenidos a partir de materia orgánica para producir energía. Estos productos componen lo que se denomina comúnmente biomasa, una definición que abarca un gran grupo de materiales de diversos orígenes y con características muy diferentes. Los residuos de aprovechamientos forestales y cultivos agrícolas, residuos de podas de jardines, residuos de industrias agroforestales, cultivos con fines energéticos, combustibles líquidos derivados de productos agrícolas, residuos de origen animal o humano, etc., todos pueden considerarse dentro de la citada definición”. (IDAE, 2007).

“Cualquier tipo de biomasa tiene como origen común el hecho de provenir, en última instancia, de la fotosíntesis vegetal” (Elías X., 2012). Se conoce por fotosíntesis vegetal el proceso químico que tiene lugar en las plantas con clorofila y que permite, gracias a la energía de la luz, transformar un sustrato inorgánico en materia orgánica rica en energía, en una concepción simple se podría entender como un proceso inverso a la combustión.

La característica fundamental de la biomasa y su aprovechamiento energético al que va intrínsecamente ligada por definición, ya que biomasa, sin la acepción energética, es la cantidad de materia viva presente en un medio o en un organismo, es la heterogeneidad, que afecta tanto a la descripción de los materiales que pueden ser empleados como combustibles, como a los posibles usos energéticos de los mismos y que hace necesario establecer una mínima clasificación pues existen tantas combinaciones entre tipos de biomasa utilizables como tecnologías para su aprovechamiento energético (PANER 2005-2010, 2004).

II.2 Clasificación de la biomasa:

“Como se ha comentado, la heterogeneidad de recursos aprovechables es una característica intrínseca de los sistemas de producción de energía asociados a la biomasa. Ello aumenta su complejidad ya que cada proyecto necesita análisis específicos de disponibilidad, extracción, transporte y distribución. De hecho, la forma de extraer y utilizar como combustible los restos de una actividad forestal es distinta al uso de los residuos de una industria forestal o al aprovechamiento energético de la cascara de almendra o del alperujo generado al producir aceite de oliva. En España, los principales desarrollos en el área de biomasa se han centrado en el uso de residuos industriales, tanto forestales como agrícolas. Respecto a la biomasa forestal, ha sido utilizada tradicionalmente en el sector doméstico mediante sistemas poco eficientes, algo que ha cambiado durante los últimos diez años debido a la llegada al mercado de sistemas de calefacción y agua caliente modernos, de alta eficiencia y comodidad para el usuario. Todavía no se ha generalizado el uso de residuos agrícolas como biomasa, aunque existen algunos proyectos con paja o podas de olivo, mientras que los desarrollos en cultivos energéticos no han alcanzado el nivel comercial, existiendo varios proyectos con este objetivo” (IDAE, 2007).

Para comprender mejor la procedencia y composición de cada uno de los residuos y materiales, capaces de ser empleados en la producción de energía, conviene analizarlos de forma individual.

Biomasa natural: Se entiende como tal la producida en los ecosistemas naturales, como los bosques o los parajes naturales.

Biomasa residual: Se considera biomasa residual los subproductos obtenidos de actividades agrícolas y forestales, se incluyen igualmente los materiales biodegradables provenientes de afluentes ganaderos o fangos de depuradoras.

Residuos forestales: Tienen su origen en los trabajos de tratamiento de las masas forestales, tanto para la prevención y mejora de éstas frente a los incendios forestales como aquellos aprovechamientos tradicionales cuyo fin es la obtención de materias primas destinadas al sector maderero (madera, resinas, etc.). Los residuos generados en las operaciones forestales llevadas a cabo en los montes se pueden emplear para usos energéticos gracias a sus inmejorables cualidades como combustibles. Con la maquinaria apropiada se puede astillar o compactar para reducir el coste económico vinculado a las operaciones logísticas.

La obtención de residuos forestales implica en ocasiones una serie de trabajos de limpieza, astillado y transporte, que pueden superar los precios que el uso energético puede pagar, no obstante la ejecución de estas operaciones supone el origen de la existencia del recurso y quedan justificadas desde el punto de vista medioambiental.

Residuos agrícolas leñosos: Las podas de cultivos de olivo o frutales leñosos constituyen la principal fuente de suministro. Al igual que en lo anteriormente expuesto, es necesario realizar una reducción del tamaño del residuo, mediante operaciones de astillado o compactado previas a su transporte. Esto, unido a la estacionalidad de las labores agrícolas, conduce a la necesidad de existencia de centros de recogida de biomasa donde centralizar su distribución. En la actualidad el proyecto SUCELLOG - Triggering the creation of biomass logistic centres by the agro-industry (Impulsando la creación de centros logísticos de biomasa por la agroindustria) – pretende extender la participación del sector agrario en el suministro sostenible de biocombustibles sólidos en Europa. SUCELLOG se centra en un concepto de logística casi sin explotar: la implementación de centros logísticos en la agroindustria como complemento a su actividad habitual evidenciando la gran sinergia existente entre la economía agrícola y la bioeconomía.

Residuos agrícolas herbáceos: Están constituidos principalmente por pajas de cereal y cañote de maíz, la generación de estos residuos es estacional en función de los periodos de cosecha, este carácter estacional dificulta el suministro continuo de en el caso de plantas de generación de energía.

Cultivos energéticos: Se refiere a aquellas labores agrícolas intensivas o extensivas dedicadas a la producción de variedades vegetales cuyo único fin es el aprovechamiento energético del producto obtenido. Entre las distintas especies agrícolas herbáceas capaces de transformarse en cultivos energéticos predominan el cardo, el sorgo y la colza etíope. Del

mismo modo pueden emplearse especies forestales leñosas, como los chopos, en zonas de regadío, y los eucaliptos, en terrenos de secano. Requieren normalmente de maquinaria de uso agrícola común y no contribuyen especialmente a la degradación del suelo por lo que suelen presentar un balance energético positivo y la posibilidad de recuperación de los suelos tras la finalización del periodo de cultivo. Actualmente es necesario el establecimiento de un marco legal adecuado y un sistema de apoyos que den seguridad a los productores que deseen cambiar su actividad tradicional a este tipo de cultivos.

Biomasa primaria: Es la compuesta por los residuos y desechos agrícolas y forestales, considerando también los residuos ganaderos.

Biomasa secundaria: Se incluyen en este apartado aquellos residuos procedentes de las industrias agroalimentarias y forestales obtenidos tras la obtención del producto principal de dichas industrias.

Residuos de industrias agrícolas y forestales: Las astillas, los restos de eliminación de cortezas o incluso el serrín proveniente de las industrias de primeras y segundas transformaciones de la madera, también los huesos de oliva, las cáscaras de almendra y otros residuos de la industria agroalimentaria (aceite de oliva, conservera, frutos secos...) formarían parte de los combustibles sólidos industriales renovables. Su tratamiento y manejo se realiza en los propios establecimientos industriales donde se originan existiendo generalmente equipos asociados. Su grado de aprovechamiento es alto, no obstante su carácter igualmente estacional puede acarrear problemas de suministro continuo en el caso de plantas energéticas. Del mismo modo que los residuos agrícolas la problemática logística derivada de la recogida del lugar de origen es intrínseca.

II.3 Recursos potenciales de biomasa:

II.3.1 Recursos de Biomasa primaria y cultivos energéticos:

La Evaluación del potencial de energía de la biomasa, promovido por el IDAE en el marco de la elaboración del Plan de Energías Renovables (PER) en España 2011-2020, realiza un detallado estudio sobre el potencial de biomasa en España de acuerdo con sus distintos orígenes y posibilidades de introducción en el mercado energético en función de los costes estimados para su producción y disposición en el mercado. El resultado del estudio ha permitido obtener las disponibilidades anuales de biomasa en entornos territoriales amplios, en todo caso de ámbito supra municipal, y además se incluyen también los costes de las operaciones de recolección, extracción y adecuación.

Biomasa potencial disponible (t/año) y coste medio de obtención				
Procedencia		Biomasa (t/año)	Biomasa (tep/año)	Coste medio (€/t)
Masas forestales existentes	Restos de aprovechamientos madereros	2.984.243	636.273	26,59
	Aprovechamiento del árbol completo	15.731.116	3.414.158	43,16
Restos agrícolas	Herbáceos	14.434.566	6.392.631	20,97
	Leñosos	16.118.220		
Masas herbáceas susceptibles de implantación en terreno agrícola		17.737.868	3.593.148	53,39
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno agrícola		6.598.861	1.468.173	36,26
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno forestal		15.072.320	1.782.467	42,14
Total biomasa potencial en España		88.677.193	17.286.851	

Tabla 1. Tabla resumen de resultados. Biomasa potencial disponible (t/año) y costes medios de obtención (€/t)

Fuente: Evaluación del potencial de energía de la biomasa, IDAE 2011

Así el total de biomasa potencial disponible en España asciende a 88,6 millones de toneladas, lo que significa 17 millones de toneladas equivalentes de petróleo, suponiendo de forma aproximada el 20% del consumo de Energía final en España en 2015.

	2014	2015	Tasa de variación %
Carbón	1.143	1.160	1,5
Gases Derivados del Carbón	224	239	6,7
P.Petrolíferos	42.264	42.879	1,5
Gas	14.778	14.344	-2,9
Electricidad	19.513	19.999	2,5
Energías renovables	5.109	5.302	3,8
Total usos energéticos	83.031	83.923	1,1
Usos no energéticos:			
Carbón	0	43	
Prod. Petrolíferos	3.622	3.368	-7,0
Gas natural	485	448	-7,6
Total usos finales	87.138	87.739	0,7

Tabla 2: Consumo de Energía Final (kTEP)

Ministerio de industria, energía y turismo - La energía en España -2015

Por comunidades autónomas los recursos de biomasa se sintetizan en el siguiente cuadro:

Biomasa potencial disponible según procedencia (t/año)										
Comunidad Autónoma	Masas forestales existentes			Masas leñosas susceptibles de implantac. en terreno forestal	Restos agrícolas			Masas herbáceas susceptibles de implantac. en terreno agrícola	Masas leñosas susceptibles de implantac. en terreno agrícola	Total (t/año)
	Restos de aprovech. madereros	Árbol completo	Total masas existentes		Herbáceos	Leñosos	Total			
Andalucía	209.375	1.649.219	1.858.594	1.231.669	2.518.996	4.957.623	7.476.619	2.961.107	1.127.133	14.655.121
Aragón	56.161	740.121	796.282	85.865	1.257.356	1.419.104	2.676.460	1.881.502	814.641	6.254.749
Asturias	280.944	829.081	1.110.025	1.384.360	0	378.173	378.173	0	0	2.872.558
Cantabria	181.728	505.452	687.180	472.133	41.213	6.518	47.731	4.891	6.194	1.218.129
Castilla-La Mancha	74.165	1.313.048	1.387.213	203.519	2.060.321	1.073.376	3.133.697	3.831.473	1.233.273	9.789.177
Castilla y León	123.428	2.300.723	2.424.151	1.496.793	4.167.623	230.759	4.398.382	5.614.995	1.327.990	15.262.310
Cataluña	171.078	1.220.223	1.391.301	143.838	1.045.020	2.210.580	3.255.599	758.939	532.713	6.082.389
Comunidad Valenciana	38.809	234.648	273.457	104.654	52.487	2.223.407	2.275.894	77.440	71.104	2.802.549
Extremadura	91.283	1.451.860	1.543.143	1.433.327	898.837	982.766	1.881.602	1.075.765	880.174	6.814.012
Galicia	1.307.072	3.427.870	4.734.942	7.931.615	992.906	550.870	1.543.777	8.169	149.132	14.367.634
Islas Baleares	9.126	51.551	60.677	8.025	113.942	405.250	519.191	294.303	47.555	929.751
Islas Canarias	1.182	24.498	25.680	8.863	310	179.767	180.076	485	397	215.500
La Rioja	7.516	112.853	120.369	17.315	229.865	217.358	447.223	146.657	48.874	780.438
Madrid	7.205	167.611	174.816	81.644	137.583	62.472	200.055	233.813	91.735	782.064
Murcia	14.137	63.819	77.955	4.407	56.376	1.028.553	1.084.929	142.168	52.882	1.362.342
Navarra	41.565	804.471	846.036	189.129	641.182	126.822	768.005	570.252	186.539	2.559.961
País Vasco	369.469	834.068	1.203.537	275.165	220.548	64.823	285.372	135.909	28.524	1.928.508
Total	2.984.243	15.731.116	18.715.358	15.072.320	14.434.566	16.118.220	30.552.785	17.737.868	6.598.861	88.677.193

Nota: contenido de humedad 45%

Tabla 3: Biomasa potencial disponible (t/año) por Comunidades Autónomas.

Fuente: Evaluación del potencial de energía de la biomasa, IDAE 2011

El potencial de biomasa anual disponible en la Comunidad Valenciana asciende a 2,8 millones de toneladas de las cuales 273.457 toneladas provendrían de masa forestales existentes y 2.223.407 toneladas corresponderían a restos leñosos de cultivos agrícolas existentes.

Biomasa potencial disponible según procedencia (tep/año)								
Comunidad Autónoma	Masas forestales existentes			Masas leñosas susceptibles de implantac. en terreno forestal	Restos agrícolas	Masas herbác. susceptibles de implantac. en terreno agrícola	Masas leñosas susceptibles de implantac. en terreno agrícola	Total (tep/año)
	Restos de aprovech. madereros	Árbol completo	Total masas existentes					
Andalucía	45.985	347.799	393.784	142.770	1.574.623	604.133	247.823	2.963.134
Aragón	12.784	167.430	180.214	10.409	560.202	376.532	180.848	1.308.205
Asturias	57.596	179.704	237.300	171.164	80.896	0	0	489.360
Cantabria	37.026	104.661	141.687	56.926	9.803	998	1.377	210.791
Castilla-La Mancha	16.765	284.746	301.510	24.636	649.475	779.895	276.942	2.032.458
Castilla y León	27.383	498.963	526.346	182.508	899.568	1.133.035	300.575	3.042.032
Cataluña	38.232	279.538	317.771	17.583	686.162	152.631	117.181	1.291.327
Comunidad Valenciana	8.718	52.097	60.814	12.667	486.394	15.800	15.823	591.498
Extremadura	20.093	294.269	314.362	172.143	393.515	219.480	193.935	1.293.436
Galicia	271.963	760.068	1.032.031	920.252	320.363	1.666	33.069	2.307.381
Islas Baleares	2.048	11.310	13.358	967	110.002	60.044	10.219	194.591
Islas Canarias	296	5.780	6.076	2.019	38.508	99	92	46.793
La Rioja	1.640	24.503	26.143	2.087	93.333	29.516	10.805	161.884
Madrid	1.627	35.798	37.425	9.975	41.418	47.179	20.463	156.461
Murcia	3.176	14.443	17.619	531	231.623	29.006	11.576	290.355
Navarra	9.051	172.223	181.274	22.799	157.911	115.411	41.059	518.455
País Vasco	81.891	180.828	262.719	33.029	58.835	27.722	6.386	388.690
Total	636.273	3.414.158	4.050.432	1.782.467	6.392.631	3.593.148	1.468.173	17.286.851

Tabla 4: Biomasa potencial disponible (tep/año) por Comunidades Autónomas.

Fuente: Evaluación del potencial de energía de la biomasa, IDAE 2011

En recursos energéticos la biomasa potencial en la Comunidad Valenciana ascendería a 591.498 Toneladas equivalentes de petróleo, lo que supondría más del 30% del consumo anual de en energía eléctrica en la Comunidad Valenciana.

Año	C. Valenciana	España	%CV/E
2010	8.333	96.042	8,7
2011	8.060	93.277	8,6
2012	7.601	88.995	8,5
2013	7.451	85.855	8,7
2014	7.680	83.567	9,2
Petróleo	3.527	42.413	8,3
Electricidad	1.962	19.576	10,0
Gas natural	1.783	14.695	12,1
Renovables	407	5.294	7,7
Carbón	1	1.589	0,1

Tabla 5: Consumo final de energía en Comunidad Valenciana en miles de TEP.

Fuente: Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial. Datos Energéticos de la Comunitat Valenciana

Contrariamente a lo que se cree y se difunde, la Europa de los 28 ha tenido un crecimiento forestal constante en las últimas décadas. En el año 1990 los bosques europeos representaban un total de 19,7 billones de m³, en el año 2015 el volumen de los bosques ya ha alcanzado los 26 billones de m³, lo que supone un aumento del 34% en el último cuarto de siglo. Según datos de Eurostat la superficie forestal europea aumenta 322.800 hectáreas por año, equivalente al crecimiento forestal de la superficie de un campo de fútbol por minuto, asegurando la fijación de 362,6 toneladas anuales de CO₂ (AEBIOM 2016).

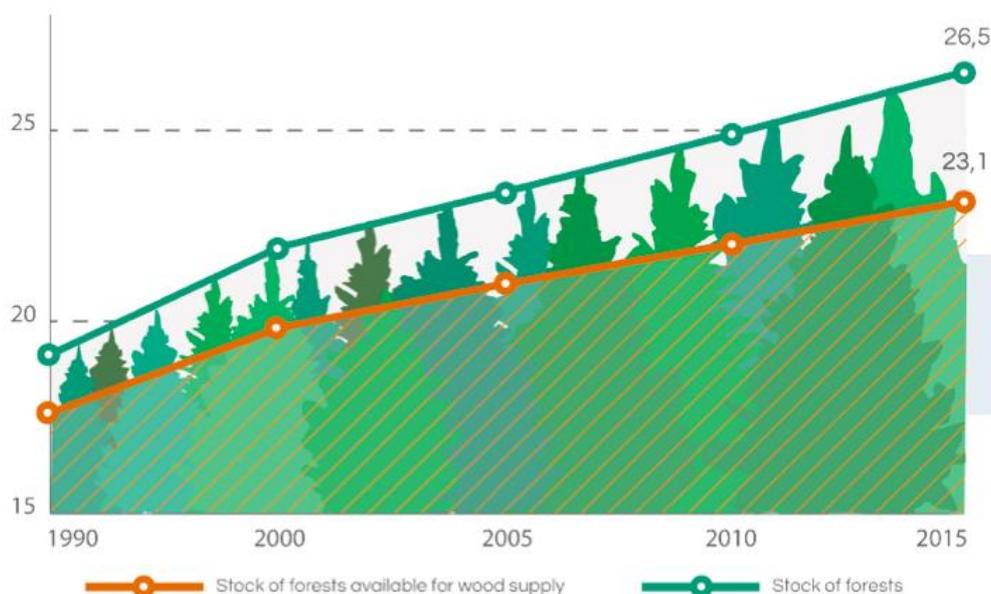


Figura 11: Evolución del stock forestal disponible para uso maderero y el stock forestal en la UE-28.

Fuente: Eurostat

En la actualidad el 62% (483.074 m³) del crecimiento anual de los bosques es utilizado para fines energéticos o madereros, permaneciendo en los bosques el 38% (296.077 m³). Aunque los datos de crecimiento forestal varían de unos países a otros, en la región mediterránea de los países como Francia, España o Italia el 40% del crecimiento forestal anual destinado a uso maderero permanece en pie sin que sea aprovechado de ningún modo y aumentando la superficie forestal.

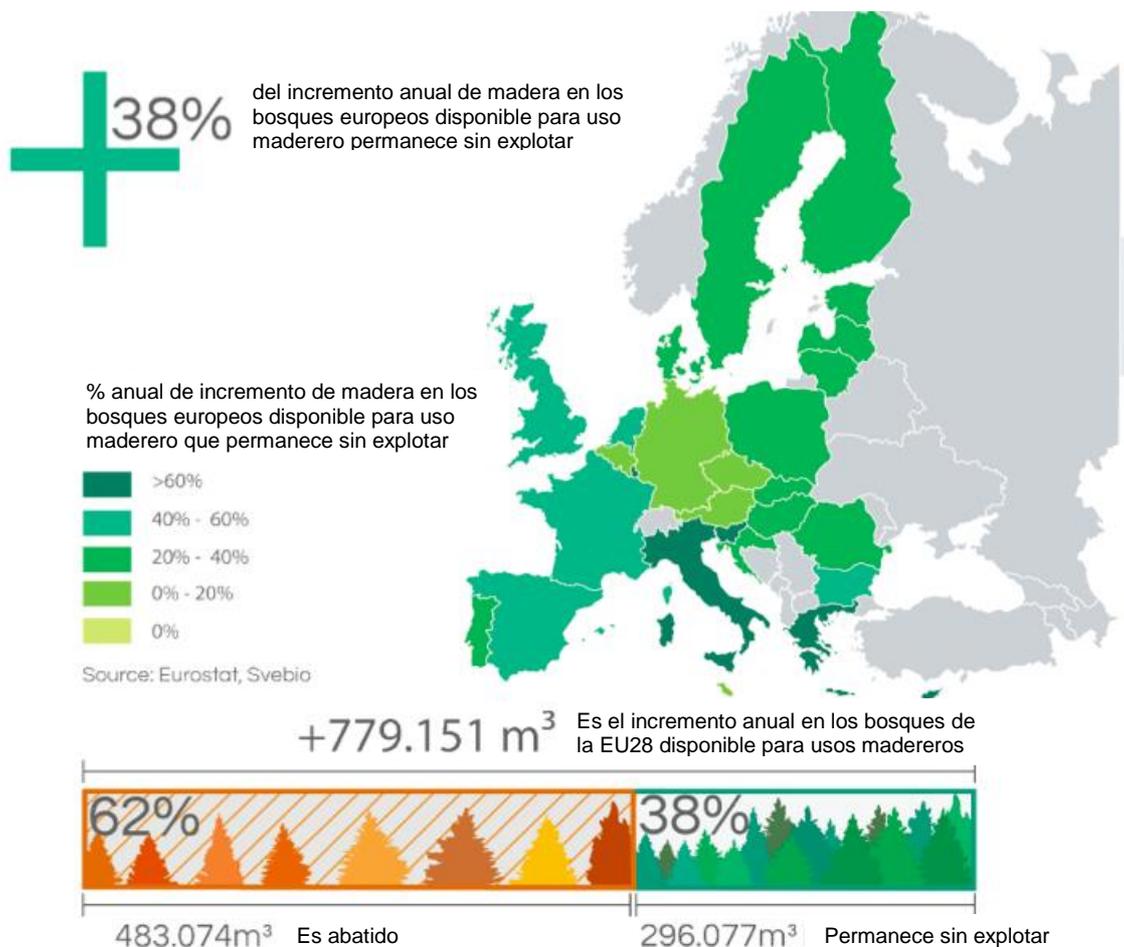


Figura 12: Incremento anual del stock forestal para uso maderero en UE-28.

Fuente: AEBIOM 2016

Este crecimiento es debido fundamentalmente a las políticas sobre la protección de espacios naturales desarrolladas en múltiples países de miembros de la UE, que generan conflictos e incendios por su falta de inversión y que restringen las actividades tradicionales, lo que sumado a la disminución de la actividad agrícola y la minimización de las actividades extractivas que se realizaban en los bosques ha fomentado la expansión de la masa arbórea. “Seguramente no hemos tenido tanta superficie forestal desde hace muchos siglos por no decir milenios” (Martínez-Abraín, A., 2016).

El cambio de paradigma es indiscutible: por primera vez desde el Neolítico se abandona masivamente el aprovechamiento de los recursos del sector primario. El protagonismo de la cobertura forestal del suelo frente al uso agrícola es claro y en aumento y también por primera vez la producción del recurso forestal supera a la demanda (Delgado R., 2016).

	EXISTENCIAS
	Biomasa arbórea (m ³)
Total España	
IFN3 (1997-2007)	927.761.315
IFN2 (1986-1996)	597.369.691
IFN1 (1965-1975)	461.294.181

Tabla 6: Extracto de la tabla de Resumen General del IFN. Total biomasa arbórea a nivel nacional.
Fuente: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

Según los datos del Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3), realizado durante los años 1997 a 2007, la biomasa arbórea ha pasado de 597 millones de m³, a 927 millones de m³, lo que supone un aumento del 55 %. El crecimiento anual de biomasa arbórea se sitúa en torno a los 40 millones de m³. Así las conclusiones que se extraen del IFN3 son las siguientes:

- ✓ Los ecosistemas forestales de España ocupan algo más de veintiséis millones de hectáreas (26.280.281 ha), de las cuales casi quince millones (14.717.898 ha) están arboladas y unas doce (11.562.382 ha) desarboladas, que suponen respectivamente el 29% y el 23% del territorio nacional.
- ✓ Se detecta un notable aumento de la superficie de monte arbolado a costa de una disminución de la del desarbolado y cultivo.
- ✓ La biomasa arbórea existente en los montes es ahora mucho mayor que la que mostraba el IFN2, tanto en valores absolutos como en valores por hectárea.
- ✓ En general los bosques españoles están en la actualidad igual o más sanos que antes.
- ✓ Prácticamente todos los indicadores de desarrollo sostenible muestran una evolución positiva de los montes españoles (Mapama, 2016).

	EXISTENCIAS
Comunidad autónoma	Biomasa arbórea (m ³)
Comunidad Valenciana	
IFN3 (1997-2007)	20.065.059
IFN2 (1986-1996)	10.946.124
IFN1 (1965-1975)	8.398.062

Tabla 7: Extracto de la tabla de Resumen General del IFN. Biomasa arbórea en la Comunidad Valenciana.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

En lo que concierne a la Comunidad Valenciana, la biomasa arbórea ha pasado de los 10 millones de m³, a los 20 millones de m³ en el año 2007, lo que supone un crecimiento de más del 180%, el crecimiento de biomasa anual se sitúa en torno al millón de m³ anuales.

En base a las actuales existencias en los montes de la Comunidad Valenciana se podría extraer, mediante una gestión forestal sostenible, 420.000 m³ de biomasa al año, lo que supone menos del 45% del crecimiento anual y *“más de 142.600 toneladas al año de biomasa forestal susceptible de ser aprovechada para obtener energía”* (Escrig A., Oliver J.V., 2016).

II.3.2 Recursos de biomasa secundaria:

La biomasa secundaria sería aquella procedente de las industrias del sector primario una vez elaborado los productos o materiales principales, se incluyen en este ámbito los residuos biodegradables como por ejemplo los agro-ganaderos y los fangos de aguas residuales urbanas. Estos recursos se evalúan anualmente en 4,5 millones de toneladas equivalentes de petróleo.

Residuo	Recursos potenciales (tep)	Recursos existentes (tep)
Forestales	1.373.428	588.129
Agrícolas leñosos	1.003.970	686.580
Agrícolas herbáceos	7.866.030	5.204.460
Industriales y agrícolas	2.949.000	1.685.000
Cultivos energéticos	5.768.563	4.608.795
Biodegradables	1.600.000	800.000
Total	20.560.991	13.572.964

Tabla 8: Cuadro resumen de biomasa potencial y recursos existentes.

Fuente: Elaboración propia. Datos PER 2005-2010.

El consumo final de energía cuyo origen está basado en el aprovechamiento energético de la biomasa por sectores supuso en 2015 un total de 3.925.299 tep por lo que permanecen actualmente sin aprovechamiento energético 9,6 millones de tep, lo que se traduce en 16,6 millones de tep en caso de considerar la biomasa potencial.

Sector	Consumo energético de biomasa en el año 2015 (ktep)
Alimentación, bebidas y tabaco	195,386
Textil, cuero y calzado	2,794
Pasta, papel e impresión	494,603
Química (incluyendo petroquímica)	4,967
Minerales no metálicos	204,317
Siderurgia y fundición	0,024
Metalurgia no férrea	0,024
Transformados metálicos	0,382
Equipo de transporte	0,119
Construcción	14,304
Madera, corcho y muebles	311,347
Otras industrias	59,246
Agricultura	68,368
Comercio, Servicios y Admin. Públicas	80,117
Residencial	2.489,299
Consumo de energía final	3.925,299

Tabla 9: Consumo final de energía procedente de recursos de biomasa en 2015.

Fuente: MINETUR/IDAE.

Cabe destacar que el sector residencial supone el 63% de todo el consumo de biomasa fundamentalmente debido a usos térmicos.

II.4 Biocombustibles:

II.4.1 Concepto de biocombustible:

Se entiende como biocombustibles aquellos combustibles de origen biológico, que se obtienen de restos o desechos orgánicos. “La fabricación de biocombustibles a partir de residuos cumple con una doble expectativa: reducir la dependencia energética y solventar el problema de los residuos” (Elías X., 2012). Los biocombustibles líquidos que provienen de diversas transformaciones de biomasa son los denominados biocarburantes cuyo empleo está destinado a vehículos a motor, su función es la de substituir los derivados de combustibles derivados del petróleo.

En lo que a efectos medioambientales se refiere, 0,2 hectáreas de terreno producen aproximadamente una tonelada de biomasa, que al combustionar emite 1,3 toneladas de CO₂ a

la atmósfera y que son fijadas a su vez por 0,2 hectáreas de terreno para generar nuevamente una tonelada de biomasa (Grassi y Bridgewater, 1992), es decir que el uso de biocombustibles presenta un balance de CO₂ neutro, por lo que no favorece el aumento de la emisión de gases de efecto invernadero. Además en algunos casos, como por ejemplo los cultivos energéticos, el balance suele ser negativo ya que parte del CO₂ fijado para el crecimiento de las plantas queda en hojas y raíces que no suelen ser aprovechadas energéticamente.

Además en la utilización de los biocombustibles cuya materia prima es la biomasa, los gases que se generan no son tóxicos ya que por su composición no cabe la posibilidad de generación de lluvia ácida considerando la inexistencia de halógenos y azufre en su composición. Las cenizas generadas son valoradas para su uso en fertilización.

II.4.2 Tipos de biocombustibles:

Dentro de los usos más comunes en el sector de la biomasa se encuentran aquellos relacionados con la climatización, concretamente la producción de calor y agua caliente sanitaria, no obstante la biomasa se emplea igualmente en centrales térmicas para generación de electricidad. En la actualidad ya existen sistemas de obtención de aire acondicionado cuya energía procede de la combustión de biomasa.

La evolución del sector ha provocado que actualmente existan multitud de combustibles sólidos capaces de ser empleados para la generación tanto de energía térmica como eléctrica, en el caso de aplicaciones térmicas los combustibles más empleados son los siguientes:

- ✓ *“Pélets, producidos de forma industrial.*
- ✓ *Astillas, provenientes de las industrias de la primera y segunda transformación de la madera o de tratamientos silvícolas y forestales (podas, clareos, cultivos energéticos leñosos, etc.).*
- ✓ *Residuos agroindustriales, como los huesos de aceituna, cáscaras de frutos secos, almendra, piña, etc.*
- ✓ *Leña, que puede producirla el propio usuario u obtenerse en el mercado” (IDAE, 2009).*

	PCI		Humedad
	(kJ/kg)	(kWh/kg)	b.h. (%)
Pélets	17.000 – 19.000	4,7 – 5,3	< 15
Astillas	10.000 – 16.000	2,8 – 4,4	< 40
Hueso de aceituna	18.000 – 19.000	5,0 – 5,3	7 - 12
Cáscara de frutos secos	16.000 – 19.000	4,4 – 5,3	8 - 15
Leña	14.400 – 16.200	4,0 – 4,5	< 20
Briquetas	17.000 – 19.000	4,7 – 5,3	< 20

b.h.: base húmeda.

Tabla 10: Propiedades de los principales biocombustibles sólidos.

Fuente: Norma UNE-CEN/TS 14961 EX /IDAE.

A continuación se detallan las características principales de los combustibles sólidos anteriores:

II.4.2.1 Pélets de biomasa:

Los pélets de biomasa son pequeños cilindros de serrín compactado de entre 8 y 6 mm de diámetro y longitud entre 5 y 40 mm, procedente principalmente de la molienda de astillas y virutas secas que tras molerse son y compactadas en un proceso de extrusión a alta temperatura. Los pélets constituyen un combustible estandarizado a nivel nacional e internacional bajo unas normas establecidas. La materia prima que constituye las astillas puede tener diversos orígenes como pueden ser labores forestales, agrícolas o incluso jardinería, también pueden proceder de industrias de la madera o agrícolas como es el caso de los agropélets. Durante el proceso de peletizado no se hace necesario el empleo de productos químicos, únicamente se emplea vapor de agua y presión, no obstante en ocasiones, con objeto de mejorar la compactación del material de origen, se emplean algunos aditivos pero siempre de origen biológico, como puede ser el almidón o la harina de maíz.

En el proceso de comercialización de los pélets, el consumidor ha de conocer a la perfección el origen y tipo de biomasa que conforman el biocombustible, para evitar problemas en los sistemas de producción de energía térmica. El combustible más aceptado y estandarizado en los sistemas generalmente empleados para calefacción, mediante estufas o calderas de biomasa, son los pélets de madera.

	Pélet baja calidad	Pélet estándar	Pélet alta calidad
Poder Calorífico Inferior			
(kcal/kg)	> 3.000	> 4.000	> 4.300
(kJ/kg)	> 12.500	> 16.700	> 18.000
Humedad b.h. (% en masa)	< 12	< 12	< 10
Densidad (kg/m ³)	> 1.000	1.000-1.400	> 1.120
Contenido en cenizas (% en peso)	< 6	< 1,5	< 0,5
Longitud (mm)	< 7 x diámetro	< 50	< 5 x diámetro
Diámetro (mm)	< 12	4-10	< 8

Tabla 11: Propiedades de los pélets.

Fuente: normas DIN Y ÖNORM 7135 para pélets/IDAE.

Propiedad*	A	B	C	Análisis
Origen	Biomasa leñosa sin corteza			Documentación
Diámetro (D) y Longitud (L)	D 6 ± 1 mm ó D 8 ± 1 mm			Muestreo en el almacén
	L 5 - 40 mm			
Humedad b.h. (M)	M 10 ≤ 10%			UNE-CEN/TS 14774-2
Cenizas (A)	A _{0,5} ≤ 0,5%		A _{1,0} ≤ 1,0%	UNE-CEN/TS 14775
Durabilidad (DU)	DU _{96,5} ≥ 96,5%	DU _{97,5} ≥ 97,5%	DU _{95,0} ≥ 95%	UNE-CEN/TS 15210-1
Finos (F)	F _{1,0} ≤ 1%	F _{2,0} ≤ 2%	F _{3,0} ≤ 3%	UNE-CEN/TS 15149-2
Aditivos	Especificar tipo y cantidad			
Poder calorífico (Q)	16,5 (MJ/kg) ó 4,6 (MJ/kg)			UNE-CEN/TS 14918 ó UNE-CEN/TS 15234
Densidad aparente (BD)	≥ 625 kg/m ³ suelto		≥ 600	UNE-CEN/TS 15103

* Las abreviaturas de las propiedades de acuerdo con la versión en inglés

Tabla 12: Propiedades normativas de los pélets de madera según norma UNE-EN ISO 17225-2:2014.

Fuente: norma UNE-EN ISO 17225-2:2014/IDAE /IDAE.

Propiedad Informativa	A	B	C	Análisis
Nitrógeno (% base seca)	≤ 0,3%	≤ 0,3%	≤ 0,5%	UNE-CEN/TS 15289
Azufre	≤ 0,02%	≤ 0,04%	≤ 0,05%	UNE-CEN/TS 15289
Cloro	≤ 0,02%	≤ 0,05%	≤ 0,05%	UNE-CEN/TS 15103
Fusión cenizas (°C)	AM 1 300	AM 1 300	AM 1 150	UNE-CEN/TS 15370-1

Tabla 13: Propiedades informativas de los pélets de madera según norma UNE-EN ISO 17225-2:2014

Fuente: norma UNE-EN ISO 17225-2:2014/IDAE.

Según la norma UNE-EN ISO 17225-2:2014, un buen pélet de madera debe de presentar menos de 10% de humedad y una durabilidad mecánica superior al 95%, el contenido de finos no ha de superar el 2%, siendo las cenizas inferiores al 0,7% y el contenido en azufre deberá ser inferior al 0,05%. Los aditivos, aunque siempre de origen biológico, nunca deben superar el 2% en peso en base seca y que de todos modos su cantidad debe de estar especificada por el fabricante.

El poder calorífico de los pélets de madera de buena calidad se sitúa en sobre las 4.300 kcal/kg, por lo que se puede considerar que entre 2 y 2,2 kg de pélets aportan la misma energía que un litro de gasóleo.

Generalmente los equipos domésticos empleados en calefacción por combustión de biomasa, como son calderas y estufas, admiten pélets de calidades altas y medias, no obstante existen equipos llamados policombustibles que también pueden admitir pélets de calidades inferiores o incluso otros biocombustibles como podrían ser hueso de oliva o cáscara de almendra, para ello los fabricantes disponen, en estos equipos de calefacción, de un display en el cual el usuario tiene la capacidad de modificar el tipo de combustible que va a emplear. Los equipos de última generación ya disponen de un calibrado automático que analiza el combustible empleado y regula de forma autónoma el régimen de los sistemas de calefacción.

Es necesario considerar el carácter higroscópico del serrín que conforma los pélets por lo que pese a tener la ventaja del almacenamiento, los pélets deben de ser acopiados en sitios alejados de la humedad y en todo caso en lugares secos e impermeabilizados.

Del mismo modo para evitar la disgregación del serrín compactado durante las labores de transporte, carga, descarga o envasado el pélet fabricado debe de cumplir con los estándares mínimos de compactación especificados en las diferentes normas, debiéndose evitar determinadas condiciones de transporte y almacenamiento como pudieran ser:

- ✓ Silos de almacenamiento incorrectamente diseñados que puedan presentar pendientes insuficientes o bordes y aristas que impidan el movimiento de los pélets por gravedad.
- ✓ Conducciones de transporte que tengan bordes afilados o soldaduras mal acabadas, conexiones entre conducciones que no sean las propias recomendadas por los fabricantes.

El transporte de pélets a larga distancia mediante bombeo hidráulico o incluso gravedad puede afectar igualmente a la estabilidad mecánica del material, por lo que deben diseñarse las instalaciones con distancias de almacenamiento adecuadas.

Existen maneras sencillas de comprobar si los pélets presentan presión y densidad adecuadas y poder así diferenciar aquellos pélets de muy baja calidad:

- ✓ Coger con la mano una cantidad pequeña de pélets, cerrarlos en un puño y agitarlos energicamente, al abrir el puño los pélets deben de permanecer inalterados en forma y tamaño sin que se hayan producido roturas o descomposición del material.
- ✓ Introducir el pélet en un vaso de agua y comprobar si se hunde o flota, densidades mayores a 1000 kg/m³ provocaran el hundimiento del pélet, si además este permanece más de un minuto hundido y sin deshacerse es que su calidad es buena.

No obstante a lo anterior el método correcto para medir la calidad de los pélets es realizar muestras de control aleatorias y analizarlas mediante los criterios de la normativa vigente, y más concretamente la norma ISO 17225-2.

También se puede solicitar el sello de calidad ENplus® de calidad de pélets a través de la Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM)

“AVEBIOM es la entidad designada por el European Pélet Council para desarrollar el sistema de certificación de la marca ENplus® de calidad de pélets domésticos de madera en España. ENplus® certifica la cadena de suministro de los pélets de madera ensacados hasta el distribuidor final o, en el caso de los pélets de madera a granel hasta el consumidor final.

El proceso de certificación es el siguiente:

- ✓ *La empresa productora o comercializadora que se quiera certificar deberá implantar un Sistema de Gestión de la Calidad y deberá confeccionar un manual de uso interno explicando cómo se implementa éste en la empresa.*
- ✓ *En el momento en el que la empresa ya haya implementado o tenga una fecha prevista para la finalización de su implantación, AVEBIOM le pondrá en contacto con la Entidad Auditora registrada en EPC, para poner en marcha el proceso.*

La auditoría consta de dos partes diferenciadas:

- ✓ *Una auditoría documental y del proceso de fabricación en planta, en el caso de productores, o del proceso de comercialización, en el caso de comercializadores.*
- ✓ *Una toma de muestras en planta y envío a un laboratorio acreditado por EPC para su análisis según la norma ISO 17225-2. En función de los resultados se clasificará en A1, A2 o B.*

El resultado es un informe verificando que los requerimientos de ENplus® se cumplen, y AVEBIOM concederá la marca con un número de registro único e inequívoco para cada empresa.

Anualmente las empresas productoras certificadas deberán pasar una auditoría documental realizada por una entidad auditora registrada en el EPC y un análisis físico-químico en un laboratorio independiente registrado en el EPC. A parte, desde el 1 de abril de 2013, ya se realizan 2 inspecciones sorpresa cada año.

Las empresas comercializadoras certificadas deben igualmente pasar una auditoría anual realizada por una entidad auditora registrada en el EPC desde de agosto de 2015” (AVEBIOM, 2016).

II.4.2.2 Astillas de madera:

Las astillas de madera proceden de procesos mecánicos de trituración o astillado de la madera que dan lugar a trozos de entre 5 y 100 mm de longitud y cuya calidad depende principalmente de la materia prima utilizada y la maquinaria empleada en la recogida y astillado.

Se distinguen dos grupos fundamentales de astillas dependiendo de su origen y calidad:

- ✓ *Astillas de primera calidad: Son aquellas procedentes de la industria de transformación de la madera en primera y segunda instancia y de maderas forestales limpias, presentan humedades inferiores al 30%, aunque en ocasiones esta puede alcanzar el*

45%, son apropiadas para usos domésticos y todo tipo de instalaciones que admitan este combustible.

- ✓ Astillas de segunda calidad: Son aquellas cuya fuente principal de origen es material leñoso procedente de labores forestales, agrícolas o de jardinería, su humedad puede alcanzar hasta el 45% y son utilizadas en instalaciones de gran potencia como pueden ser grandes calderas industriales o district heatings.

Astillas de madera	
Origen	Troncos de madera
Contenido de humedad	≤ 20-30%
Dimensiones de la fracción principal (> 80% en peso)	Dimensión mayor ≤ 63 mm
Densidad energética	< 900 kWh/m ³ apilados

Tabla 14: Propiedades de las astillas de madera para uso doméstico.

Fuente: norma UNE-EN ISO 17225-4:2014IDAE.

La clasificación de la norma austriaca ÖNORM M 7133 de astillas de madera para la producción energética establece las siguientes clases:

Astillas G 30:

- ✓ Sección máxima 3 cm²
- ✓ Uso en calderas de hasta 150 kW

Astillas G 50:

- ✓ Sección máxima 5 cm²
- ✓ Uso en calderas medianas

Astillas G 100:

- ✓ Sección máxima 10 cm²
- ✓ Uso exclusivo en calderas industriales

Categoría de Chip según tamaño	contenido máxico permitido				Valores Extremos permitidos máx. 5%	
	máx.4%	máx. 20%	60-100%	máx. 20%	sección transversal in cm ²	Largo en cm
	Tamaño de partícula en mm ^a					
G30 - TS 150	< 1,0	1,0 - 2,8	2,8 - 16,0	> 16,0	3,0	8,5
G50 - TS 220	< 1,0	1,0 - 5,6	5,6 - 31,5	> 31,5	5,0	12,0
G 100 - TS 330	< 1,0	1,0 - 11,2	11,2 - 63,0	> 63,0	10,0	25,0*
G 120 *** - BKKF 700 hasta < 3 MW	< 1,0	1,0 - 63,0	63,0 - 100,0	> 100,0	12,0	30,0
G 150 *** - BKKF 1030 > 3 MW	< 1,0	1,0 - 100,0	100,0 - 130,0	> 130,0	15,0	40,0

Tabla 15: Propiedades de las astillas de madera según norma ÖNORM M 7133.

Fuente: norma ÖNORM M 7133.

Respecto al contenido en agua, densidad y cenizas las astillas se clasifican del siguiente modo:

Categoría de Chip según contenido de agua ^b	Limite de Categoría contenido de agua en %	Explicación
W 20	< 20	secado natural
W 30	20 - 30	estable para almacenamiento
W 35	30 - 35	almacenamiento restringido
W 40	35 - 40	húmedo
W 50	40 - 50	recién cosechado

Categoría de Chip según densidad aparente ^c	Limite de Categoría en kg/m ³	Explicación
S 160	< 160	baja densidad aparente
S 200	160 - 250	mediana densidad aparente
S 250	> 250	alta densidad aparente

Categoría de Chip según contenido de cenizas	Limite de Categoría en %	Explicación
A 1	< 1	contenido de cenizas bajo
A 2	1 - 5	contenido de cenizas elevado

Tabla 16: Propiedades de las astillas de madera según norma ÖNORM M 7133.

Fuente: norma ÖNORM M 7133.

La ventaja principal de las astillas de madera radica en la facilidad y sencillez de su producción, que con un tratamiento sencillo de secado y astillado o triturado puede dar lugar a un combustible de coste inferior a aquel producido de manera industrial. Esto tiene interés de cara a la producción de astillas a nivel local que además pueden ser empleadas en calderas de cualquier potencia que las admitan. No obstante, cabe recordar ciertos problemas que acarrea el uso de astillas como combustible y que serían los siguientes:

- ✓ Falta de homogeneidad en el combustible que puede dar problemas de atascos en los sistemas de transporte o alimentación de las calderas.
- ✓ Menor densidad del combustible lo que precisa silos de almacenamiento de un tamaño superior considerable.
- ✓ Astillas excesivamente húmedas pueden dar lugar a problemas de condensación y/o corrosión en los equipos de almacenamiento y combustión.

Por todo lo anterior es necesario que el control de calidad sobre el combustible de astilla suministrado sea suficientemente riguroso como para asegurar que los problemas anteriores no se producen, esto es relativamente costoso y aumenta el precio del combustible, reduciendo su competitividad.

II.4.2.3 Residuos agroindustriales:

Desde una visión puramente energética resulta interesante estudiar aquellos residuos provenientes de operaciones agroindustriales que pueden ser asemejados a un combustible más o menos homogéneo y por lo tanto apto para ser utilizado como carburantes en calderas de biomasa que los admitan. Entre estos combustibles, como ya se ha mencionado, por la homogeneidad de sus propiedades se encuentran aquellos que proceden de las industrias agroalimentarias cuya materia prima es la oliva, la uva e incluso los frutos secos como la almendra.

Cáscara de almendra			
Humedad (%)			12
Densidad aparente (kg/m ³)			470
PCI b.s.(kJ/kg)	PCI b.s. (kWh/kg)	15.900	4,4

Tabla 17: Propiedades de cáscara de almendra.

Fuente: IDAE.

Hueso de aceituna			
Humedad (%)			10
Densidad aparente (kg/m ³)			650-700
PCI b.s.(kJ/kg)	PCI b.s. (kWh/kg)	18.000-19.000	5,0-5,3

Tabla 18: Propiedades del hueso de oliva.

Fuente: IDAE.

Estos residuos suelen tener en origen una humedad elevada que es necesario reducir mediante el secado forzado. El hecho de ser remanentes de otros procesos hacen que sean combustibles adecuados a buenos precios, no obstante al igual que sucede en el caso de las astillas es necesario realizar determinados controles de calidad que permitan asegurar una adecuada respuesta durante su combustión.

II.4.2.4 Combustibles tradicionales: leñas y derivados

No podemos olvidar en este apartado el uso tradicional de la madera y sus derivados como combustible, pues actualmente aún se sigue utilizando, principalmente en áreas de fácil acceso a estos combustibles y además existen calderas cuyos sistemas de alimentación permiten el empleo de troncos de madera o briquetas.

La leña viene del troceo de aquellos troncos que no son derivados a la industria maderera, tiene la ventaja de que puede producirse directamente por el propio consumidor de forma manual o mecánica. La energía liberada durante su combustión dependerá del tipo de madera empleada y de su humedad. Los sistemas de calefacción que admiten leña pueden ser

alimentados manualmente aunque existen medios semi-automáticos que, no obstante, requieren de cierta homogeneidad en la leña sobre todo en lo que a tamaño y forma se refiere.



Figura 13: Caldera que permite el uso de leña o briquetas.
Fuente: Lasian Tecnología del Calor, S.L..

Las briquetas, al igual que los pélets son cilindros de biomasa que proceden de un proceso de molienda y extrusión de serrines y virutas, esto tiene como ventaja la reducción de la humedad por debajo del 10% y poder calorífico en torno a las 5.000 kcal/kg, su densidad se sitúa alrededor de los 1.000 kg/m³ y su contenido en cenizas suele ser inferior al 0,7%, por lo que sus propiedades son claramente más ventajosas para su combustión que la propia madera. Además el proceso de fabricación hace que en tamaño y forma las briquetas sean prácticamente idénticas unas a otras por lo que pueden ser empleadas con facilidad en los sistemas de calefacción semi-automáticos mencionados en el párrafo anterior.

II.4.2.5 Pélets torrefactados:

La torrefacción es un proceso utilizado para producir combustible sólido de alto poder calorífico a partir de materia prima vegetal de origen diverso. El producto final es estable, homogéneo, es un biocombustible de alta calidad con bastante más densidad y poder calorífico que el material original, aportando ventajas significantes en materia de logística, manejo y almacenamiento del combustible, lo que abre un ancho campo de usos potenciales (Nunes L., Matias J., Catalão J., 2016).

La torrefacción es un tratamiento termoquímico de la biomasa, consistente en un proceso de en el que se calienta la biomasa con temperaturas de 200 °C a 300 °C. Se realiza bajo presión y en condiciones anóxicas. A lo largo del proceso de torrefacción son liberadas el agua que contiene la biomasa, se produce una descomposición de biopolímeros en la que se emiten diversos compuestos volátiles. El producto resultante es un material sólido, seco y de aspecto carbonizado, también conocido como biomasa torrefactada o bio-carbón.

A lo largo de esta transformación, la biomasa generalmente pierde 20% de su peso y 10% de su poder calorífico, manteniendo el volumen. Tras el proceso de torrefacción el producto final puede ser densificado en forma de briquetas o pélets, esto tiende a mejorar su densidad y por lo tanto contenido energético, mejorando además sus propiedades hidrofóbicas. El producto resultante es capaz de repeler el agua, por lo que puede ser almacenado en aire húmedo o bajo la lluvia, sin que se produzcan deterioros en cuanto a humedad o poder calorífico.

Además la biomasa torrefactada presenta mayor poder calorífico, más homogeneidad, mejor densidad y durabilidad y mayor resistencia a la actividad biológica. Esto tiene como resultado un biocombustible de alta calidad que puede actuar como sustituto del carbón en electricidad y calefacción. Además de que puede ser igualmente utilizado como combustible en procesos de gasificación en la producción de productos químicos (Nunes L., Matias J., Catalão J., 2016).

	Pellet de madera	Pellet torrefactado
Energía	17	21
Densidad (kg/m ³)	650	750
GJ/m ³	11,05	15,75
Capacidad de transporte	4,750 m ³ 2.990 toneladas	
Carga en GJ	50.830	62.790
Costes de transporte (€/GJ)	0,88	0,71

Tabla 19: Energía y densidad de pélet torrefactado frente a pélet de madera y coste aproximado de transporte.

Fuente: A comparative cost analysis between Wood Pélets and Torrefied Biomass Pélets: the case of Portugal

Actualmente se debate si los tratamientos previos utilizados en la cadena de suministro de biocombustibles tradicionales procedentes de la madera, encarecen su producción a valores superiores al proceso de producción de pélets torrefactados.

Nunes L., Matias J., Catalão J., concluyen que aunque en la actualidad el pélet torrefactado puede ser una alternativa al pélet de madera, el tratamiento químico de la torrefacción es mucho más costoso que el peletizado normal de madera, por lo que el beneficio de costes solo aparece en grandes distancias y grandes cantidades de pélet, debido principalmente al mayor poder calorífico y densidad del pélet torrefactado.

II.4.2.6 Cultivos energéticos:

Los cultivos energéticos son aquellos explotados con el único fin de la obtención de biomasa apta para ser empleada como combustible. Su principal propiedad es la posibilidad de prever su disponibilidad, cantidad y espacio necesario para su almacenamiento asegurándose así el suministro.

Esto permite asegurar la producción continua de energía y una gestión mecanizada a bajo coste que además disminuye los gastos en mano de obra.

Los cultivos energéticos se pueden clasificar del siguiente modo:

- ✓ *“Cultivos alcoholígenos para la producción de bioetanol a partir de procesos de fermentación de azúcares.*
- ✓ *Cultivos oleaginosos para producción de aceites que se transforman en biodiesel.*
- ✓ *Cultivos lignoceluloósicos, para la generación de biomasa sólida susceptible de su uso para distintas aplicaciones:*
 - *Térmicas, como climatización de edificios, agua caliente sanitaria, y aplicaciones industriales (preparación de cualquier fluido de proceso).*
 - *Fabricación de combustibles más elaborados, con un valor añadido a la biomasa bruta, como astillas o pélets.*
 - *Cogeneración generalmente asociada a una actividad industrial, o generación eléctrica simple.*
 - *Obtención de biocarburantes de segunda generación” (IDAE, 2007).*

Además los cultivos energéticos destacan por los siguientes aspectos:

- ✓ Suelen constituir cultivos intensivos, es decir grandes producciones por unidad de superficie en mínimos periodos de cultivo.
- ✓ Se emplean sistemas de cultivo que requieren escasos cuidados para reducir el coste de producción, tampoco se suelen emplear sustancias fertilizantes o biocidas.
- ✓ Suelen ser especies de las que se aprovecha todo el material vegetal incluidas semillas y tubérculos, con requisitos de calidad absolutamente diferentes a los empleados en el sector agroalimentario.
- ✓ Las especies cultivadas presentan un balance energético positivo y por lo tanto la energía obtenida en su combustión supera ampliamente la empleada en su producción.
- ✓ Son especies altamente eficientes aprovechando los recursos disponibles como son el agua de riego y los nutrientes.

“La explotación de cultivos con fines energéticos no es una contradicción respecto a la utilización de las biomásas residuales, ya que son una alternativa más viable, desde el punto de vista de la gestión del suministro, al poder centralizar la producción y el acceso, frente a las dificultades de dispersión que puede plantear la biomasa residual. Por otra parte, contribuyen a la reducción de los impactos ambientales derivados de la explotación energética de otros recursos como los combustibles fósiles y son una fuente energética renovable con escasa incidencia en el entorno en las diferentes fases de utilización” (Elías X., 2012).

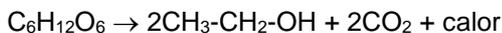
Los cultivos energéticos destinados a la producción de carburantes son aquellos de origen amiláceo (cereal, raíces de girasol, tubérculos) y/o azucarados (caña de azúcar, algarroba, remolacha) para la producción de etanol y los cultivos oleaginosos (colza, girasol, palma) para la producción de biodiesel.

II.4.2.6.1 Bio-alcoholes:

El sistema más rápido de producción de bio alcohol es el de producción de material vegetal con alto contenido en azúcar o almidón y su posterior fermentación. Los productos principales obtenidos son:

- ✓ Etanol o alcohol etílico $\text{CH}_3\text{-CH}_2(\text{OH})$ que procede de la fermentación alcohólica de monosacáridos (caña de azúcar, remolacha, cereales...etc). Puede ser empleado como combustible para motores de combustión aunque determinadas piezas plásticas han de ser modificadas o adaptadas. Es necesario considerar la capacidad corrosiva y disolvente del etanol en el diseño del motor, no obstante en determinados países como EEUU es empleado sin mayor problema ya que además de mejorar las prestaciones del motor, realiza una combustión más completa y por lo tanto se reducen los problemas de contaminación.

Para la transformación de la biomasa en etanol esta ha de sufrir una hidrólisis del almidón para transformarlo en maltosa que posteriormente pasa por un proceso de sacarificación finalizando con la fermentación a presión y destilación. El proceso puede simplificarse según la siguiente reacción:



El bioetanol puede obtenerse igualmente a partir de trigo, en este proceso el subproducto formado por proteínas tiene aplicaciones en el campo de la elaboración de piensos para animales. El objetivo final del etanol producido es que pueda formar parte de una mezcla al 4% en el volumen actual de consumo de gasolina libre de plomo. No obstante, considerando el menor poder calorífico es necesario un mayor depósito de almacenamiento, además de que al presentar un mayor calor latente de vaporización los motores de etanol tienen cierta dificultad en el arranque.

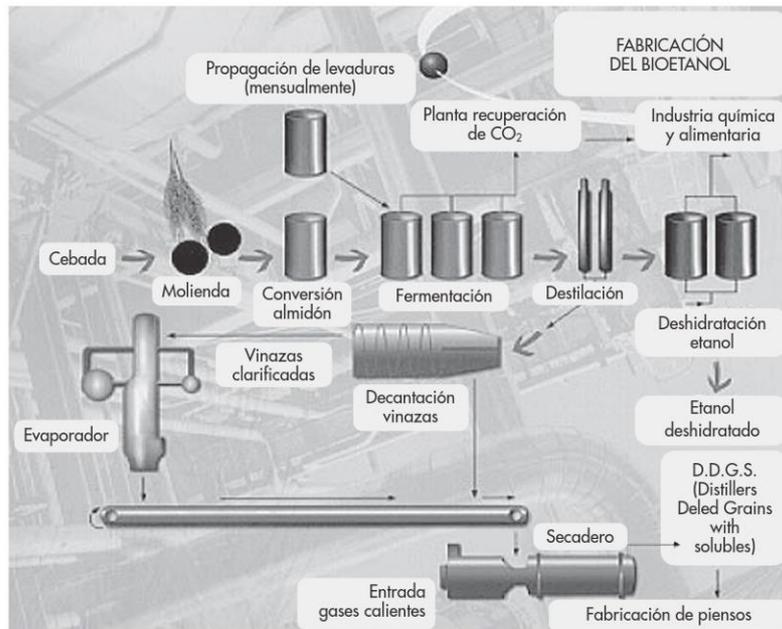


Figura 14: Esquema general de una planta de bio-etanol.
Fuente: Elías Castells X. Los residuos como combustibles

- ✓ Metanol o alcohol metílico $\text{CH}_3(\text{OH})$, se obtiene por destilación de la madera o a partir de gas natural. Actualmente se obtiene de la síntesis del gas natural por lo que no puede entrar directamente en la categoría de bio-alcoholes. Hay que considerar al metanol como un combustible interesante pues en teoría es posible generar energía a través de la conversión energética de los residuos del vehículo. La idea radica en que mediante una planta en miniatura que figuraría en el interior del automóvil se generaría hidrógeno a partir del metanol. Este hidrógeno pasaría a la pila de combustible permitiendo el movimiento del vehículo.

“El desarrollo de pilas de combustibles potencia el uso del hidrógeno como combustible ya que se trata de un combustible que al combinarse con el oxígeno en el seno de la pila de combustible solo genera agua” (Elías X. 2012).

La eficiencia energética de los actuales motores de combustión se sitúa en torno al 18% frente al 34% de las pilas de combustible.

No obstante es necesario tener en consideración la peligrosidad del hidrógeno por lo que el metanol sería el portador ideal, manteniendo el carácter líquido del combustible tal y como lo conocemos en la actualidad.

Para la obtención de metanol a partir de biomasa, esta debe pasar por un proceso de gasificación, mediante una combustión parcial con defecto de oxígeno según el siguiente esquema.

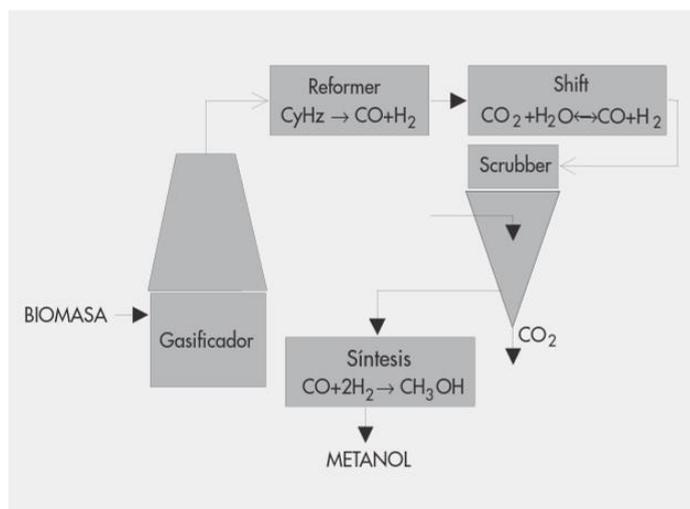


Figura 15: Esquema de producción de metanol a partir de biomasa.

Fuente: Elías Castells X. Los residuos como combustibles

II.4.2.6.2 Bio-aceites:

Los cultivos ricos en aceites vegetales permiten la obtención de bio-aceites que son aptos para su empleo en vehículos con motores diésel. Así los motores originales de ciclo diésel se diseñaron para la combustión de aceites vegetales. Los principales cultivos empleados son la colza, el girasol, la soja y en zonas más orientales el aceite de palma. Las ventajas que presentan es que los residuos se degradan en más de un 98% a los 21 días, que la emisión de aldehídos disminuye hasta un 70% y hasta un 40% la de compuestos aromáticos, se cierra el ciclo del CO₂, no hay gases tóxicos y no es tóxico. En contrapartida hay que considerar ciertos aspectos en el diseño de los motores como son la pérdida de un 5% de potencia, la presencia de residuos en los inyectores, pistones y asientos de las válvulas, mayor gasto de aceite del motor por su capacidad de disolución que actúa de forma negativa en las juntas, su mayor densidad puede acarrear problemas de arranque en frío.

Característica	A. colza	A. girasol	A. soja	Gasoil	Fueloil
Densidad kg/m ³	918	925	919	—	—
°C ignición	142	180	157	55	100
PCI kJ/kg	36.620	36.582	36.795	41.860	39.700
Coque %	0,29	—	—	0,05	15
Cenizas (%)	0,069	—	0,027	0,02	0,2
C (%)	78,2	77,5	76,9	86,5	86,5
H (%)	12,2	11,4	11,3	13,4	11,0
S (%)	0	0	0	0,1	1,0
O (%)	9,6	10,6	10,4	0	1,0

Tabla 20: Características de los bio aceites.

Fuente: Elías Castells X. Los residuos como combustibles

II.4.2.6.3 Cultivos lignoceluloósicos:

Los cultivos destinados a aprovechamiento energético con escasas modificaciones son aquellos de origen lignocelulósico (pajas de cereales, sorgo, cáscara de arroz), lo constituyen aquellos cuya biomasa que una vez cosechada o recogida del campo es trasladada con o sin compactación a una instalación de tipo industrial en la que es transformada en un combustible de características especificables, o es transformada directamente en calor y/o electricidad (IDAE, 2007).

II.4.2.6.4 Especies agrícolas:

Las especies generalmente empleadas para la obtención de biomasa con uso exclusivamente energético son aquellas con semilla oleaginosa de alto contenido energético. Tradicionalmente son especies cuya semilla y frutos se han venido cultivando con fines alimentarios o para industria textil o química. Las exigencias en labores de cultivo y especialmente las necesidades de riego son el factor limitante que define la viabilidad y rentabilidad de estos cultivos.

- ✓ Colza: La colza (*Brassica napus* L.) es una planta herbácea perteneciente a la familia de las Brassicáceas (Crucíferas) que alcanza hasta 2 m de altura y produce una semilla pequeña y redonda, de color negro, marrón o amarillo, de alto contenido de aceite (40-45 % de aceite). El aceite de colza con bajo contenido de ácido erúxico se utiliza como aceite comestible para ensaladas y para cocinar, así como para hacer margarinas. Los aceites de alto contenido de ácido erúxico se utilizan como lubricantes y para la síntesis de plásticos. La harina de extracción posee un alto contenido de proteína (36-37 %) de alto valor nutricional, utilizándose como suplemento proteico. Otro uso del aceite de colza es la producción de biodiesel, el cual es conocido como RME (rapeseed methyl ester) (Cátedra de Cultivos Industriales, Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires).

El cultivo de colza requiere suelos frescos y fértiles, con una climatología no demasiado fría y con un régimen medio de precipitaciones. La adecuada preparación del terreno y dosificación de la semilla durante la siembra es un momento crítico que requiere especial cuidado, se recomienda dosis de siembra de 50 a 100 semillas por m² (IDAE, 2007).



Figura 16: Cultivo de colza.

Fuente: www.spaincenter.org

- ✓ Cereales: Generalmente todos los cereales pueden ser utilizados para la producción energética. Aquellos con una menor relación peso grano / peso total, son las más adecuadas para ser empleadas en aprovechamiento energético de su biomasa. Además los requerimientos menores en nitrógeno suponen un menor coste de producción y por lo tanto mayor balance final para la producción de energía. Los sistemas de cultivo para uso agroalimentario o energético son similares, lo único que difiere es el sistema de recogida que para el caso energético supone la recogida completa de la planta y empaquetado posterior, esta colecta encarece en parte la producción. Se espera que el coste de producción de cereal energético alcance aproximadamente el 20% superior a la producción de grano, lo que se considera un sobrecoste razonable para uso energético.

- ✓ Sorgo: El Sorgo, *Sorghum bicolor*, es una especie de origen tropical de la familia de las gramíneas que se utiliza fundamentalmente en forrajes y producción de grano para alimentación animal. Se pueden obtener de él, almidones, dextrosa y aceites de uso industrial. Se adapta bien a cualquier tipo de suelos aunque prefiere aquellos profundos y bien drenados con adecuada fertilidad. Por sus orígenes soporta mejor que la mayoría de los cereales la falta de precipitaciones y el calor, la temperatura ideal para su crecimiento está en torno a los 30°C. El sistema de siembra y cultivo es similar al del maíz, haciéndose la siembra en primavera, la densidad debe ser de 20 a 30 plantas por unidad de superficie, en este caso el m², y con una separación entre líneas de 25 cm. Del mismo modo que para los cereales el coste de recolección superan aquellos con fin alimentario, aquí ronda los 240 €/ha. Las principales ventajas es el empleo del bagazo en aplicaciones energéticas, no precisa de maquinaria específica y es un cultivo alternativo al resto de cereales. No obstante, presenta ciertos

inconvenientes como la mala conservación de tallos almacenados, compite con los cereales de uso alimentario siendo además menos rentable.



Figura 17: Cultivo de sorgo.

Fuente: www.todoagro.com.ar

- ✓ Caña: La caña, *Arundo donax*., es una especie tropical que no obstante, se encuentra hoy en día en cualquier zona templada, crece de forma abundante en lechos de barrancos y cursos de agua de la cuenca mediterránea, es totalmente indiferente a la naturaleza del suelo y tolera escasas precipitaciones. Su uso energético principal es térmico por su capacidad calorífica durante la combustión. Los costes productivos se sitúan alrededor de los 650 €/ha elevándose en 200 € por costes de mantenimiento. Todo esto hace que sea desaconsejable su cultivo, pudiéndose aprovechar en su caso la presencia de grandes masas en los lechos de barrancos y su fácil mecanización de la labor de cosechado.



Figura 18: Cultivo de *Arundo donax*.

Fuente: www.newenergyfarms.com

- ✓ **Cardo:** El cardo, *Cynara cardunculus*, es una especie herbácea perenne que forma parte de las *Asteraceae*, con hojas espinosas grandes con un talo largo que finaliza en una inflorescencia capitular. Es sensible a las heladas en sus etapas iniciales de desarrollo, aumentando su resistencia al crecer. Requiere suelos calizos ligeros y profundos. El cultivo y la siembra se pueden mecanizar con densidades óptimas de entre 15 a 20 mil plantas por ha. La cosecha puede mecanizarse igualmente con posterior empacado de la biomasa. Como ventajas presenta adaptación a regímenes pluviométricos escasos, con periodos de cultivo en seco de hasta 15 años, escasos costes de mantenimientos y no compite con cultivos alimentarios. No obstante su rentabilidad es menor respecto del uso alimentario de cultivos hortícolas tradicionales como patata o trigo.



Figura 19: Cultivo de cardo.

Fuente: www.energiasrenovadas.com

II.4.2.6.5 Especies forestales:

Al igual que para el sector agrícola, dentro del ámbito forestal es posible el cultivo de especies tradicionalmente empleadas en la industria de la madera o el papel con fines exclusivamente energéticos, existen igualmente nuevas especies introducidas cuya explotación es exclusivamente energética, las labores de cultivo y recolección pueden, en algunos casos, diferir de las labores tradicionales.

- ✓ **Monte bajo tradicional:** Se considera explotación de monte bajo tradicional aquel que procede de reproducción por brotes de cepa y/o raíces, se limita por lo tanto a las especies capaces de brotar, son fundamentalmente las especies frondosas excepto el *Pinus Canariensis*. Además se incluyen, entre otros, las siguientes géneros: *Quercus suber*, *Quercus sp.*, *Quercus sp.*, *Castanea sp.*, *Eucaliptus sp.* y *Salix sp.* En la actualidad debido al cambio en el uso de fuentes de suministro energético de los

últimos 40 años, se localizan en España unos 4 millones de hectáreas de este tipo de cultivo, parte de las cuales se encuentran en estado de semi abandono con el riesgo de enfermedades e incendios que ello conlleva. Es evidente que además de un riesgo es una oportunidad de cultivo que merece ser tenida en cuenta. El método de explotación con fines exclusivamente energéticos, sería el de turnos cortos alternando con uso ganadero. Para ello es necesario que los suelos presenten alta fertilidad y que cierta cantidad de residuos, aquellos de menor interés energético, queden en el suelo para no agotar la fuente de nutrientes. Como ventajas tiene el rápido crecimiento, la producción por unidad de superficie y la recuperación del cultivo tras la corta. Además el método de cultivo requiere escaso tratamiento y la corta es sencilla respetando la parada vegetativa y cortando a ras de suelo. La producción es muy variable en función de las especies y la estación pudiéndose alcanzar crecimientos superiores a los 20 m³/ha/año.

- ✓ Monte alto: Es el que procede del crecimiento vegetativo a partir de semillas, aunque generalmente se ha dirigido hacia fines protectores o productores de madera, en la actualidad es posible añadir el destino energético de estas especies. De forma tradicional aprovechar los residuos obtenidos en montes productores tenía como destino la calefacción de hogares vecinos en forma de leñas, no obstante, actualmente gracias a los avances en materia de generación de combustible sólido es posible generar ingresos a partir de este residuo. Las repoblaciones con fines productoras realizadas en los años 60 han generado masas forestales cuya recolección con fines madereros es económicamente inviable en la actualidad por la baja de los precios del sector. Estas masas, cuyo turno de corta sería el momento actual, permanecen en pie envejeciendo y deteriorando de forma prematura estas áreas forestales, por lo que resulta de interés el aprovecharlas con fines energéticos dada la evolución de la maquinaria y sistemas de recolección. Son las coníferas las especies más cultivadas. Las diferentes aplicaciones que tienen sus maderas, desde estacas, leñas, celulosa, energía, etc. *“Es una de las claves para su implante como una fuente de aprovisionamiento y suministro de biomasa para la generación de energía”* (IDAE, 2007). En zonas más áridas y frías algunas especies de *Quercus* son las más idóneas para su utilización con fines energéticos. No son especies de crecimiento rápido, sin embargo se adaptan adecuadamente a regímenes de turno corto, el cultivo de especies de *Quercus* tiene las ventajas de un bajo coste de mantenimiento, longevidad y beneficios ambientales derivados. Con mecanizaciones simples puede ser cultivado en márgenes de suelos agrícolas como monte bajo de leñas. En cualquier caso su cultivo con fines energéticos precisa de plantaciones a densidades mayores que las empleadas en cultivo tradicional, por lo que cabría plantearse si de este modo aumentan los costes de mantenimiento y producción sin afectar al rendimiento de la

producción. El cultivo de *Populus* tiene ciertas ventajas frente a otros cultivos, se consiguen producciones elevadas en periodos cortos de tiempo, así como turnos cortos de tala, su capacidad para ser regadas con aguas residuales los convierten en filtro verde, las labores de cultivo no son complicadas reduciéndose los costes y al no coincidir con periodos agrícolas no se tienen problemas a la hora de contratar personal.

II.4.3 Aspectos comunes a los combustibles procedentes de la madera:

II.4.3.1 Tamaño del combustible:

El proceso de combustión de la madera tiene lugar en tres fases principales:

- ✓ Evaporación: Consiste en la eliminación del agua existente en la madera en forma de vapor de agua, el tiempo y la energía que requiere este proceso dependerá por lo tanto del contenido en humedad. El factor humedad es lo que más afecta a la madera que está destinada a generación de combustibles puesto que reduce la temperatura de llama, reemplaza al propio material combustible en la composición y absorbe el calor que pierde como vapor recalentado por la salida de humos.
- ✓ Destilación: Entre los 150°C y 540°C se produce la liberación de los polímeros que componen la madera obteniéndose como resultado un gas combustible compuesto por metano y monóxido de carbono.
- ✓ Oxidación del carbono: Este proceso se realiza en ausencia de llama con temperaturas superiores a los 540°C, es cuando se produce la oxidación del carbono que queda fijo tras la sublimación de los compuestos volátiles en la fase de destilación.

Siempre que la madera se presenta en tamaños reducidos la combustión es rápida y precisa de menores aportes de aire, si además esta madera presenta un contenido en humedad inferior al 20% y la regulación de entrada del combustible a la cámara de combustión es adecuada, con excesos de aire de tan solo el 20% es posible conseguir combustiones completas. No obstante el exceso de aire para madera dependiendo de sus características se sitúa en torno al 20% y el 60%.

Por lo general los materiales leñosos, por su condición de sólidos, es necesario que pasen por etapas previas de trituración y calentamiento para que puedan comenzar las fases de evaporación y destilación. Es obligatorio considerar las propiedades de la madera como aislante térmico y es que el serrín presenta una conductividad térmica de entre 0,05 y 0,08 kcal.m/m².h.°C, es decir que es uno de los mejores aislantes térmicos existentes. Por lo tanto en el proceso de combustión esto indica que los materiales procedentes de la madera ofrecen gran resistencia al paso del calor por lo que calentar las capas internas del material es una tarea costosa en energía y tiempo. *“La única forma de minimizar el problema es introducir el*

material en el horno en tamaños que presente un espesor lo más pequeño posible” (Elías X., 2012).

II.4.3.2 El problema del cloro en los combustibles de biomasa:

Una característica muy importante de la biomasa y que va a ser determinante para su desarrollo a nivel industrial, es que la fracción inorgánica del combustible puede causar importantes problemas de deposición y corrosión a altas temperaturas.

Los combustibles procedentes de la biomasa abarcan una gran variedad con diferentes composiciones química y características físicas que tienen efectos durante el proceso de combustión. Así, los residuos de la madera presentan una reducida fracción de cenizas y normalmente no causan problemas en las calderas, sin embargo otros residuos como la paja de cereal y los cultivos herbáceos presentan elevadas concentraciones de metales alcalinos y cloruros.

Los metales pesados están presentes en la biomasa en forma de sales simples o bien como asociación química de la parte orgánica, por lo tanto durante el proceso de combustión se pueden liberar a la fase gaseosa de forma relativamente fácil. *“El azufre y el cloro tienen una gran influencia en el comportamiento termodinámico del potasio durante la combustión de la biomasa. En general, el cloro incrementa la volatilidad del potasio, que se encuentra principalmente como $KCl(g)$ y $KOH(g)$ en la fase gaseosa. A las temperaturas de trabajo de los sobre calentadores, el potasio condensa como sulfato, cloruro y silicato formando depósitos sobre los tubos”* (Berlanga C. y Fernández J., 2006).

Al parecer el cloro actúa como catalizador durante el proceso de corrosión, es el encargado de alejar las moléculas de hierro de los extremos del tubo, esto dificulta la formación de una capa protectora de óxido férrico. La máxima gravedad ocurre en los sobre calentadores, sobre todo para el caso de temperaturas por encima de $400^{\circ}C$. También se ha observado el fenómeno en vaporizadores, en el caso de alta carga de álcalis condensados (Díez L., 2006).

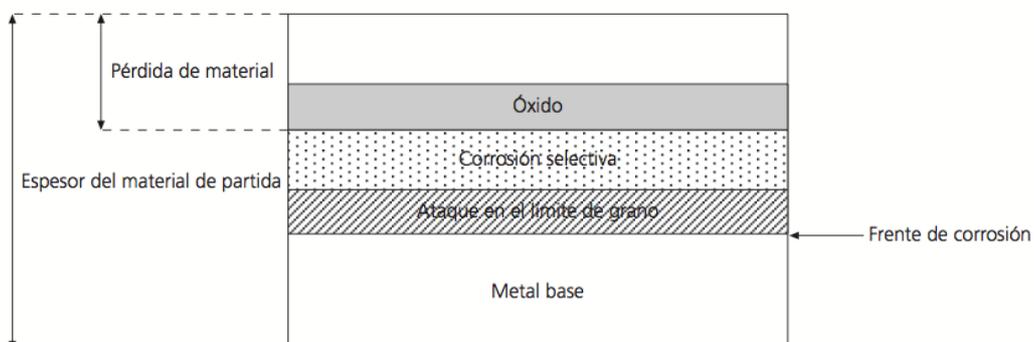


Figura 20: Estructura del ataque corrosivo de los aceros inoxidable.

Fuente: C. Berlanga-Labari y J. Fernández-Carrasquilla

“Existe consenso entre los investigadores en que la presencia de cloruros alcalinos produce altas velocidades de corrosión muy por debajo del punto de fusión de las sales puras”. “Las primeras investigaciones se centraron en ver el efecto del NaCl(s) en las aleaciones, ya que este era el componente principal de los depósitos formados durante la combustión del carbón. Aunque, en las plantas de biomasa, el componente principal de los depósitos es el KCl(s), los estudios realizados con el NaCl(s) son validos ya que, químicamente, son dos compuestos similares. Hancock describe como la deposición de NaCl(s) puede causar agrietamiento de la capa de óxido si las partículas de sal permanecen en contacto con la superficie de dichas capas a 700°C. Grabke realizó experimentos de corrosión con NaCl(s) puro y cenizas volantes provenientes de la combustión de una planta incineradora de residuos y las depositaron sobre diferentes tipos de acero. Se encontró que la adición de NaCl(s) encima del acero causaba oxidación activa a 500°C y que la velocidad de corrosión era proporcional al área cubierta con NaCl(s), lo cual está muy por debajo del punto de fusión del NaCl(s) (801°C). Demostraron que la temperatura tiene una gran influencia en la ganancia de masa. A 450°C, la velocidad de oxidación es bastante pequeña, aunque se incrementa a más altas temperaturas” (Berlanga C. y Fernández J., 2006).

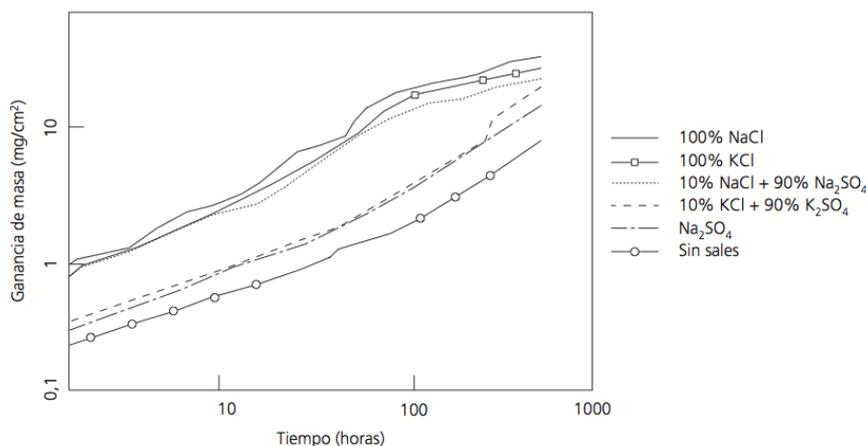


Figura 21: Efecto de diferentes recubrimientos salinos en el comportamiento del acero 9Cr-1Mo en aire a 600o C.

Fuente: C. Berlanga-Labari y J. Fernández-Carrasquilla

Existen dos estrategias para evitar los problemas de corrosión en plantas de biomasa y, de esta forma, favorecer nuevos proyectos. La primera, es tratar de evitar la formación de depósitos de KCl (s) sobre los tubos y, la segunda, pretende encontrar nuevas aleaciones resistentes al ataque del cloro (Berlanga C. y Fernández J., 2006).

El potasio es el metal alcalino más significativo. Con contenidos del mismo en las cenizas por debajo del 7% este factor no resulta problemático.

El contenido de óxidos alcalinos ($K_2O + Na_2O$) por unidad de energía tiene en cuenta también el sodio y el porcentaje de cenizas. Por debajo de 0,17 kg/GJ PCS no resulta problemático. Entre 0,17 y 0,34 kg/GJ PCS los riesgos son significativos y por encima de 0,34 inadmisibles. Contenidos de cloro y azufre inferiores a 0,1% en masa sobre seco no son problemáticos (Díez L., 2006).

II.4.3.3 Poder calorífico de los combustibles sólidos:

La capacidad de un biocombustible para liberar la energía que contiene cuando se le somete a un proceso de transformación energética y su facilidad o dificultad a la combustión, son los principales factores que miden la calidad de un combustible sólido.

“El poder calorífico de un combustible es la cantidad de energía medida en KJ o Kcal que produce la combustión de 1 kilo del mismo. El poder calorífico superior (PCS) es el calor que desprende 1 kg de combustible completamente seco, contando con el calor latente de vaporización del agua formada por la combustión del hidrógeno (si lo hay)” (Elías, X, 2012).

Dado que no se aprovecha la energía de condensación del vapor de agua, generalmente para la caracterización de combustibles se habla de poder calorífico inferior (PCI), en aquellos combustibles que carecen de hidrógeno los valores de PCI y PCS son idénticos. En el caso de combustibles con cierto grado de humedad es necesario mencionar el concepto de poder calorífico inferior útil que se obtiene de la siguiente expresión:

$$PCI \text{ útil} = PCI \times (1 - \% \text{humedad}) - 600 \times \% \text{humedad}.$$

La determinación del PCI de un combustible determinado puede obtenerse a partir de los poderes caloríficos de los elementos químicos que conforman el combustible según la siguiente fórmula del profesor Dulong.

$$PCI = 7,813 C_{org} + 35,932 \times (H - O/8) + 2,212 S - 3,545 C_{inorg} + 1,187 O + 578 N$$

No obstante, generalmente resulta más fácil y práctico la obtención del PCI de un combustible de forma experimental.

La siguiente tabla muestra el poder calorífico de los combustibles sólidos más utilizados en función de la humedad contenida en los mismos.

Producto	PCS (kcal/kg) Humedad = 0%	PCI a la humedad x (kcal/kg)			
		x	PCI	x	PCI
Leñas y ramas					
Coníferas	4.950	20%	3.590	40%	2.550
Fronosas	4.600	20%	3.331	40%	2.340
Serrines y virutas					
Coníferas	4.880	15%	3.790	35%	2.760
Fronosas autóctonas	4.630	15%	3.580	35%	2.600
Fronosas tropicales	4.870	15%	3.780	35%	2.760
Corteza					
Coníferas	5.030	20%	3.650	40%	2.650
Fronosas	4.670	20%	3.370	40%	2.380
Vid					
Sarmientos	4.560	20%	3.280	40%	2.310
Ramilla de uva	4.440	25%	2.950	50%	1.770
Orujo de uva	4.820	25%	3.240	50%	1.960
Aceite					
Hueso	4.960	15%	3.860	35%	2.810
Orujillo	4.870	15%	3.780	35%	2.760
Cáscaras frutos secos					
Almendra	4.760	10%	3.940	15%	3.690
Avellana	4.500	10%	3.710	15%	3.470
Piñón	4.930	10%	4.060	15%	3.830
Cacahuete	4.250	10%	3.480	15%	3.260
Paja de cereales					
	4.420	10%	3.630	20%	3.160
	4.420	30%	2.700		
Cascarilla de arroz					
	4.130	10%	3.337	15%	3.150
Girasol					
Residuo de campo	4.060	10%	3.310	15%	3.090

Tabla 21: Poder Calorífico de biomasa.

Fuente: IDAE 2007

II.5 Aprovechamiento energético de la biomasa:

La posibilidad de los distintos aprovechamientos de la biomasa está asociada a los tratamientos a que se puede someter la misma, que puede ser utilizada en forma, sólida, líquida o gaseosa. Al margen de las consideraciones de carácter ambiental, el uso de un sistema u otro obedece a un mayor rendimiento de la transformación energética (Elías, X. 2012).

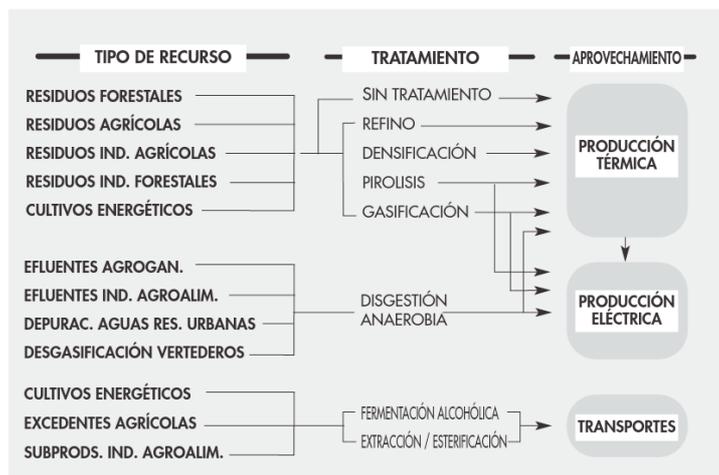


Figura 22: Transformaciones energéticas de la biomasa.

Fuente: Elías Castells X. Los residuos como combustibles

Por lo general los combustibles sólidos están orientados a aplicaciones térmicas o eléctricas, los biocombustibles líquidos tienen como fin una aplicación como carburantes en transporte y por último la fracción gaseosa de la biomasa suele estar dirigida hacia generación eléctrica en cogeneración.

Las transformaciones energéticas de la biomasa se agrupan según los procesos sufridos por la materia prima en los siguientes grupos:

- ✓ **Combustión:** Se refiere a la reacción directa de combustión de sólidos procedentes de la madera, en hogares o quemadores e incluso hornos de lecho fluido. Este proceso es empleado en centrales eléctricas. Permite ser menos exigentes en cuanto al tipo de combustible así son empleados combustibles como carbón, biomasa, RSU, etc., en este caso se obtienen altos rendimientos con un buen aprovechamiento del combustible. Generalmente el lecho fluido está formado por el combustible aproximadamente en una proporción del 2-5% del peso total del lecho, el resto lo constituyen las cenizas, piedra caliza u otro material adicional. Esto hace que no se produzca la fundición del lecho. Normalmente la temperatura se mantiene cercana a 850-900°C. El lecho fluido es el soporte del combustible, el aire es bombeado hacia la parte superior durante la combustión. Como resultado se obtiene la formación de remolinos que contribuyen a la mezcla del gas y del combustible.

- ✓ **Procesos bioquímicos:** Se refiere a transformaciones anaerobias y fermentaciones alcohólicas que dan lugar a los bio-alcoholes. Generalmente este tipo de reacciones se producen a temperatura ambiente o similar.

- ✓ **Procesos termoquímicos:** Son procesos bajo determinadas condiciones de presión y temperatura la fracción sólida de biomasa sufre una transformación a productos sólidos, líquidos o incluso gaseosos óptimos para ser empleados en aquellos procesos en los que sean más rentables energéticamente. Por lo general los productos obtenidos son gases que se emplean en cogeneración eléctrica, pueden igualmente obtenerse combustibles sólidos como en el caso de los pélets torrefactados.

II.5.1 Aplicaciones industriales:

El aprovechamiento de biomasa sólida constituye una buena oportunidad para un gran número de industrias que presentan necesidades de calor en alguno o varios de sus procesos. Las propiedades de la biomasa en cuanto a su capacidad calorífica, su bajo coste y su aceptación como combustible hace que sea de interés su uso en el sector industrial. Los combustibles sólidos más comúnmente empleados son el hueso de oliva, la cáscara de almendra, el orujillo,

la astilla de origen agrícola y también el serrín. La variedad existente en cuanto a combustibles y la versatilidad de las tecnologías existentes de aprovechamiento energético de estos combustibles hacen posible que hoy en día numerosas actividades y procesos industriales que requieren energía sean satisfechos total o en parte mediante el empleo de biomasa. Gracias a la calidad de los equipos que existentes en el mercado pueden obtenerse rendimientos de hasta el 105% con sistemas de condensación que permiten la recuperación del calor generado.

Las aplicaciones industriales de la biomasa incluyen un gran número de posibilidades, desde operaciones de secado, producción de agua caliente, vapor, aceite térmico y calefacción de edificios industriales. Aunque en origen y por lógica fue el sector de la madera el pionero, pues empleaba parte de sus residuos en la producción energética, en la actualidad cualquier sector industrial tiene la posibilidad de emplear estos biocombustibles.

II.5.1.1 Combustión industrial de la biomasa:

Las técnicas más empleadas para la combustión de biomasa en procesos industriales son descritas a continuación, su elección dependerá en gran medida, de la humedad y tamaño del residuo aprovechable.

- ✓ Combustión en masa: Se trata de aquel proceso de combustión que se realiza mediante hogar rotativo o parrilla vibrante, en este caso el material de origen puede tener gran tamaño y alto contenido en humedad. El combustible cae en la parrilla lecho hasta completar su proceso de secado y combustión. Puesto que el combustible no precisa de tratamientos previos específicos lo convierten en un sistema muy versátil aunque de elevado coste.
- ✓ Combustión en suspensión: En este caso el combustible unas veces transportado neumáticamente desde el depósito, es proyectado a la cámara a través de un quemador, produciéndose la reacción de combustión en suspensión, similar al Gas-Oil, en este caso el combustible no alcanza a depositarse en el fondo o las paredes del hogar. Se ajusta bien a combustibles muy secos y granulometría reducida.
- ✓ Combustión en semi suspensión: Es un sistema mixto de los dos anteriores, donde un combustible de tamaño entre 5 y 50 mm es depositado en una parrilla de forma que la fracción ligera combustiona en suspensión y la fracción más pesada en la parrilla.

Los sistemas de aprovechamiento energético de la biomasa más comúnmente empleados en aplicaciones industriales son los descritos en los siguientes apartados.

II.5.1.2 Sistemas de parrilla:

Los sistemas de parrilla disponen en la base del hogar de una estructura metálica que permite el paso del aire necesario para la correcta combustión, la superficie de paso oscila entre 25% y 45% de la superficie total de la base del hogar en función de la biomasa que se vaya a utilizar como combustible, así biomasas de menor tamaño precisan huecos menores y biomasas de mayor tamaño precisan huecos mayores. Las parrillas presentan sistemas mecánicos de eliminación de in-quemados que son empujados o barridos hasta los depósitos de cenizas, del mismo modo las parrillas deben ser enfriadas mediante sistemas de refrigeración entre los que se encuentran circuitos de agua fría o inyección de aire.

Los principales sistemas de parrilla son los descritos a continuación:

- ✓ Sistemas de parrilla fija, estos son adecuados para combustibles sólidos de pequeño tamaño y escasa humedad, la combustión se realiza en diversas etapas en función de la proximidad del combustible a la base de la parrilla.
- ✓ Sistemas de parrilla inclinada, son óptimos para combustibles de tamaños y humedades muy diversas que tras la combustión dan lugar a gran cantidad de cenizas. Estos residuos precisan ser evacuados por gravedad para asegurar la continuidad y la correcta combustión. Para ello se dispone la parrilla en forma inclinada a efectos de que las cenizas resbalen hasta el depósito de cenizas donde son evacuadas mecánicamente.

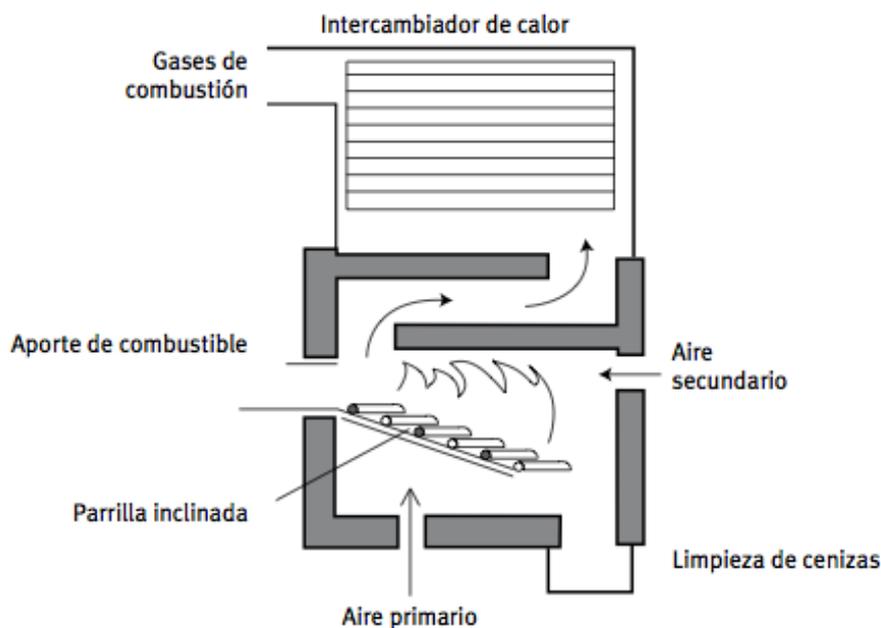


Figura 23 Esquema de sistema de parrilla inclinada.

Fuente: IDAE 2008. Biomasa Industria.

- ✓ Sistemas de parrilla móvil, se emplean con combustibles que presentan gran cantidad de inertes que producen escorias tras la combustión, y que, por lo tanto, han de ser eliminadas de forma constante mediante un sistema mecánico hacia el depósito de cenizas.
- ✓ Sistemas de parrilla vibratoria, estos sistemas alternan la eliminación de las cenizas mediante una vibración que se puede calibrar en función del contenido en inertes del combustible, generalmente este sistema se encuentra refrigerado por un circuito de agua.

II.5.1.3 Sistemas rotativos:

En estos sistemas la combustión se produce en hogares cilíndricos que giran constantemente por acción de un motor. Se emplea para biomásas y combustibles muy heterogéneos que presentan muy diversas propiedades en cuanto a tamaño, poder calorífico y humedad. La variación de la rotación permite prolongar la permanencia del combustible en el hogar, ajustando así la combustión a la materia utilizada.

II.5.1.4 Sistemas de tornillo:

Son aquellos sistemas más comúnmente empleados en instalaciones de potencias inferiores a los 7 MWh. Los combustibles empleados pueden contener una humedad de hasta el 35% y alcanzar tamaños de hasta 30 mm. Las limitaciones de volumen durante la combustión hacen que se produzcan gran cantidad de escorias.

II.5.1.5 Sistemas de cámaras torsionales:

En estos sistemas el combustible, cuyo tamaño ha de estar comprendido entre 0,1 mm y 30 mm, como es el caso de los serrines, la cascara del arroz o de pepita de girasol, es inyectado mediante un pulverizador. Este sistema neumático de pulverización genera, junto al aire de combustión, un movimiento helicoidal que permite a las partículas mantenerse en suspensión mientras combustionan dando lugar un proceso de volatilización.

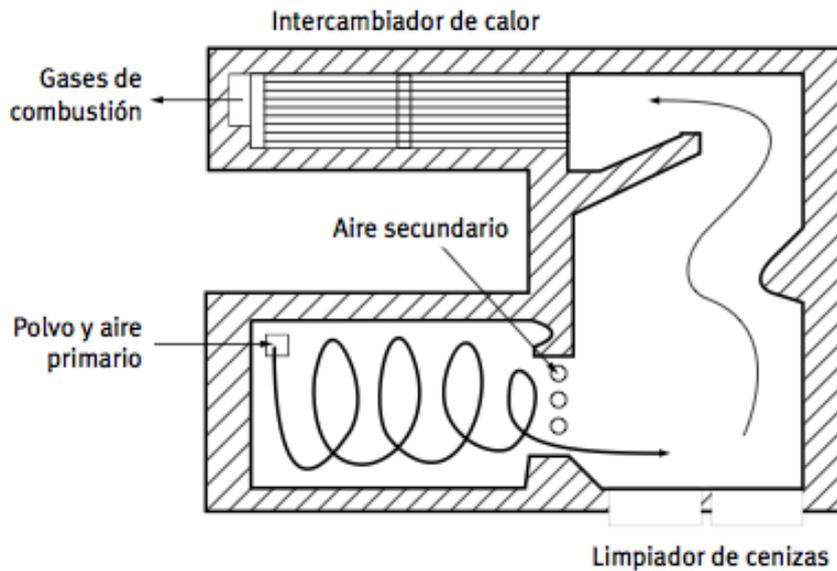


Figura 24. Esquema de sistema de cámaras torsionales.

Fuente: IDAE 2008. Biomasa Industria.

II.5.1.6 Sistemas de combustión en lecho fluido:

En estos sistemas la biomasa combustiona junto con el material inerte que compone el lecho. Por lo general, el lecho suele ser arena de sílice, alúmina o cenizas a los cuales se le añade caliza que actúa como absorbente. El combustible y el lecho se mantienen en suspensión gracias a una corriente de aire, esto hace que los principales factores de la reacción sean controlados para poder aprovechar el calor generado a una temperaturas de entre 800 y 900 °C. Esta temperatura que es inferior a la alcanzada en las calderas convencionales, evita la formación de emisiones de contaminantes y los problemas de escorias.

Los sistemas de lecho fluido que permiten recuperación de energía, gracias a los efectos termodinámicos generados en el interior del quemador, consiguen una combustión completa y uniforme. Esto es fundamental para controlar la emisión de contaminantes, además el mayor rendimiento de estos sistemas les permite emplear combustibles de bajo poder calorífico y alto contenido en humedad. Dentro de los sistemas de lecho fluido existen métodos que operan a presión atmosférica y métodos que operan a presiones de hasta 20 bar. Por lo general este tipo de sistemas son empleados en la producción eléctrica.

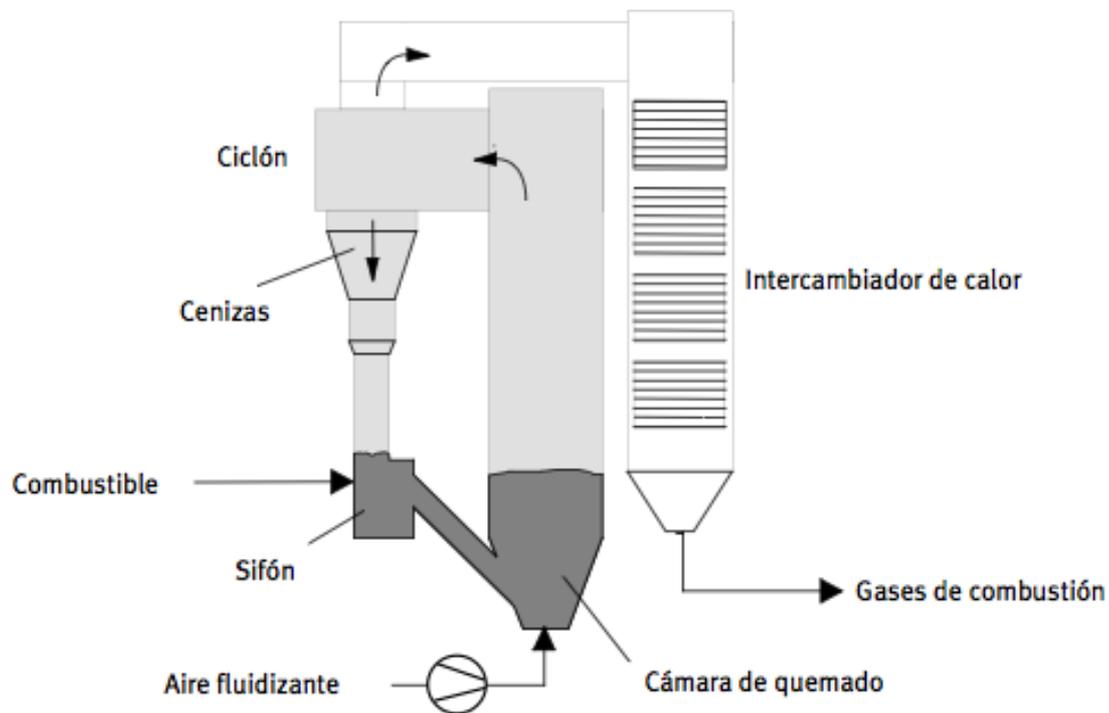


Figura 25. Esquema de sistema de lecho fluido.

Fuente: IDAE 2008. Biomasa Industria.

II.5.1.7 Sistemas basados en la gasificación del combustible:

En estos sistemas lo que se realiza es un acondicionamiento de la biomasa para proceder a su gasificación y posterior depuración, de forma que el gas generado puede ser empleado tanto para la generación de energía térmica como eléctrica en procesos similares a los empleados para el gas natural. Los sistemas más comúnmente empleados para la gasificación de la biomasa son la gasificación en contracorriente, en corrientes paralelas y en lecho fluido. La determinación del sistema más adecuado depende del tipo de biomasa empleado y el proceso industrial en el que va integrado.

II.5.2 Producción eléctrica y cogeneración:

II.5.2.1 Situación general:

La cogeneración reside en la obtención de forma simultánea de energía térmica y eléctrica con capacidad para ser empleada en procesos industriales o ser suministrada a redes de distribución. Se denomina Trigeneración si a lo anterior se añade la producción de frío (agua fría, hielo, aire frío, etc). *“La principal ventaja de la cogeneración es su mayor eficiencia energética ya que se aprovecha tanto el calor como la energía mecánica o eléctrica de un único proceso, en vez de utilizar una central eléctrica convencional y para las necesidades de calor una caldera convencional. Al generar electricidad mediante una dinamo o alternador,*

movidos por un motor térmico o una turbina, el aprovechamiento de la energía química del combustible es del 25% al 40% solamente, y el resto se disipa en forma de calor. Con la cogeneración se aprovecha una gran parte de la energía térmica que normalmente se disiparía a la atmósfera o a una masa de agua y evita volver a generarla con una caldera. Evita también los posibles problemas generados por el calor no aprovechado. El proceso de cogeneración tiene un reparto más o menos fijo entre producción eléctrica/mecánica y calor. Como las necesidades de ambas energías pueden variar de forma diferente es frecuente que haya un excedente de alguna de ellas. La energía de cogeneración se incluye en el Régimen Especial de Energía que permite utilizar la cogeneración para proveerse de todo el calor que necesite e inyectar en la red eléctrica la energía eléctrica que no necesite a una tarifa fija. De esta forma se evita que otra central produzca esa energía de forma menos eficiente.” (MINETUR, IDAE, 2012).

La producción eléctrica mundial mediante el empleo de combustibles sólidos ha crecido desde 95,2 TWh a 184,3 TWh entre 1990 y 2016, con una ratio de crecimiento de 2,6% anual (International Energy Agency, 2017). Después de la hidroeléctrica, la eólica y la solar fotovoltaica el empleo de biomasa sólida para la producción eléctrica es la cuarta en orden de magnitud en cuanto a las renovables se refiere, en el año 2016 supuso el 7,1% del total de energía eléctrica producida por renovables. Siendo EEUU el mayor productor con el 24,6% (45,3 TWh) seguido de Japón con el 18,1% (29,3 TWh), seguidos por Reino Unido (19,6 TWh), Alemania (11 TWh) y Finlandia (10,8 TWh).

Los biocombustibles aportan el 18% de la producción eléctrica renovable de la Unión Europea. El 60,4% de la electricidad generada con biomasa tiene su origen en las plantas de ciclo combinado de energía térmica y eléctrica. En comparación con la generación eléctrica tradicional la situación es exactamente la contraria, en el mix global energético de la UE las plantas de ciclo combinado o CHP únicamente representan el 11,7%, mientras que las plantas de generación eléctrica en exclusiva suponen el 88,3%. Esto indica, por lo tanto, que el empleo de biomasa como combustible es una buena oportunidad para el desarrollo de plantas de ciclo combinado en Europa.

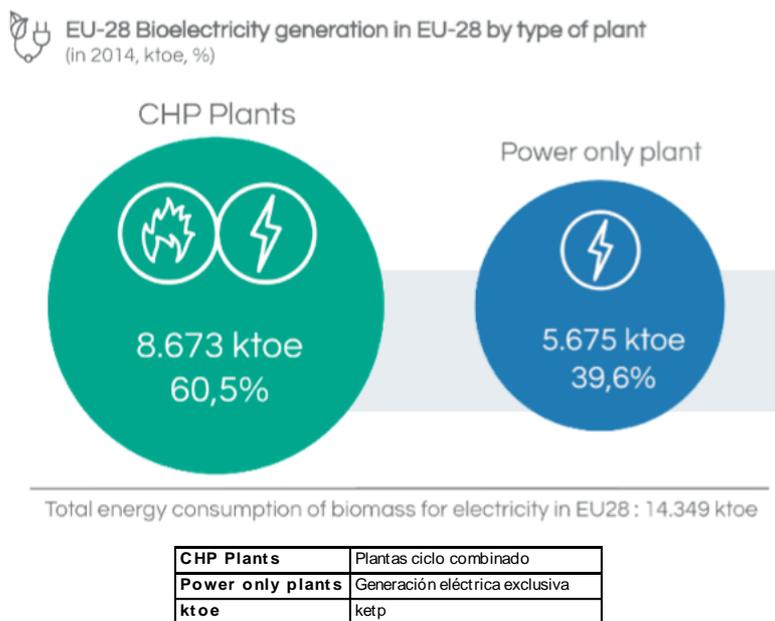


Figura 26. Generación bioeléctrica en UE-28 por tipo de planta.

Fuente: AEBIOM Eurostat, 2017.

Los cinco países de la UE-28 más importantes en lo que a generación bioeléctrica se refiere son Alemania (19 MTep), Francia (13 MTep), Italia (10,6 MTep), Suecia (10,4 MTep) y Finlandia (MTep), estos cinco países producen el 68% de toda la bioelectricidad europea. Mientras que en Alemania e Italia la mayor parte de la bioelectricidad se produce en un gran número de plantas de biogás de tamaño pequeño/mediano, Reino Unido está mostrando claramente una alternativa a este modelo con un número limitado de grandes instalaciones consumidoras de pélets de madera. Los combustibles sólidos aportan más de la mitad del biocombustible empleado en la generación bioeléctrica de la UE-28.

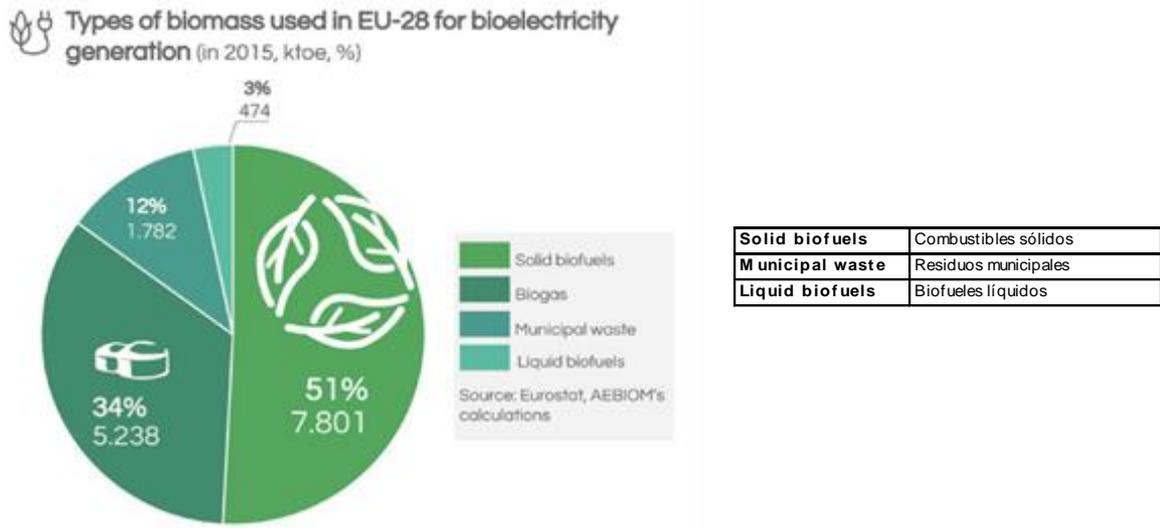


Figura 27. Generación bioeléctrica en UE-28 por tipo de combustible.

Fuente: AEBIOM Eurostat, 2017.

La generación bioeléctrica en Europa se dobló entre los años 2000 y 2005 y se ha triplicado entre 2000 y 2015, esto se ha debido principalmente a la conversión de antiguas calderas de carbón a calderas que permiten el uso de biocombustibles sólidos procedentes de la madera. Esta tendencia ha sido encabezada principalmente por Bélgica, Holanda, Reino Unido y Dinamarca. No obstante últimamente este crecimiento ha venido siendo más modesto debido a una reducción significativa en los apoyos dados a la cogeneración en aquellos sitios donde existía. A corto término se espera que el crecimiento de la bioelectricidad permanezca estable en países como Bélgica o Reino Unido y crezca de forma importante en países como Dinamarca al igual que en el norte y el este de Europa, donde las fuentes de biomasa sólida en grandes cantidades son más accesibles. El desarrollo reciente de certificaciones de combustibles por organismos externos, ha ganado el suficiente reconocimiento para garantizar que el empleo de biomasa en grandes cantidades para la generación eléctrica es sostenible (Ryckmans, Y., 2017).

En el mix de generación eléctrica nacional del año 2015, el conjunto de las energías renovables abarcan el 34,6% de la producción eléctrica total. La energía eólica supuso el 51% y la energía hidráulica supuso el 29% de las producciones eléctricas obtenidas mediante el empleo de energías renovables, el 14% fue aportado por la energía solar y el 6% restante por los recursos procedentes de la biomasa, el biogás y los RSU.

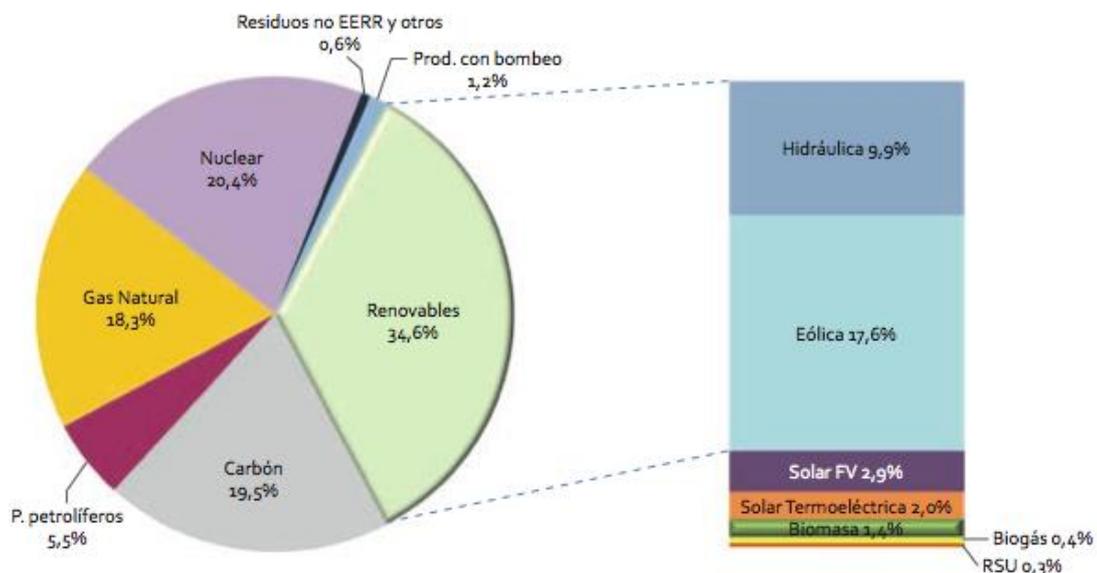


Figura 28. Estructura de generación eléctrica del año 2015.

Fuente: MINETUR 2016.

En 2015 el empleo de biomasa como combustible para la generación de energía eléctrica produjo 3.818 GWh.

	Generación Eléctrica renovables en 2015		
	Potencia (MW)	Producción (GWh)	Producción Energía Primaria (ktep)
Hidráulica (1)	20.094	27.870	2.397
Biomasa	681	3.818	1.716
R.S.U.	234	883	260
Eólica	22.975	49.335	4.243
Solar fotovoltaica	4.798	8.198	705
Biogás	223	1.174	390
Solar termoelectrica	2.300	5.680	2.231
TOTAL ÁREAS ELÉCTRICAS	51.304	96.958	11.941

Tabla 22. Producción eléctrica con renovables del año 2015.

Fuente: MINETUR 2016.

Pese al crecimiento registrado del 2,5% de la demanda final de electricidad en 2015, la producción bruta de electricidad solo aumentó en un 0,6% al que hay que añadir el 97% de las importaciones Francesas. Una disminución de los recursos hidráulicos y eólicos ha dado lugar a que de los 280 TWh producidos únicamente 97 TWh lo fueran con recursos renovables que, conjuntamente, cifraron una reducción en sus producciones del 12,1%. Por tanto la producción eléctrica con recursos hidráulicos y eólicos se redujo en un 28,2% y un 5,3%. Sin embargo la producción eléctrica con biogás y RSU destacaron por su crecimiento del 29%. La energía solar termoelectrica experimentó un incremento del 4,1% y, por último, la energía solar fotovoltaica y la biomasa han mantenido prácticamente sus producciones eléctricas (MINETUR

2016), desde el año 2015 hasta el 2019 la tendencia mostrada se mantiene en niveles similares.

	2014	2015	2015/2014
Hidroeléctrica	35.855	23.993	-33,1%
Térmica	136.474	151.837	11,3%
Nuclear	57.305	57.277	-0,0%
Antracita	4.393	6.332	44,1%
Lignito negro	2.924	3.547	21,3%
Hulla	35.831	42.488	18,6%
Gas siderúrgico	1.347	1.381	2,5%
Gas natural	23.309	27.966	20,0%
Prod. petrolíferos	11.365	12.847	13,0%
Hidroeléctrica	7.115	7.164	0,7%
Eólica	52.013	49.335	-5,1%
Fotovoltaica	8.218	8.198	-0,2%
Termosolar	5.455	5.680	4,1%
Carbón	635	563	-11,5%
Gas siderúrgico	164	277	69,2%
Gas natural	23.964	23.339	-2,6%
Prod. petrolíferos	2.756	2.445	-11,3%
Biomasa	3.821	3.818	-0,1%
Biogas	907	1.174	29,4%
R.S.U. renovable	686	883	28,7%
R.S.U. no renovable	686	883	28,7%
Otras fuentes	-00	892	-
Total producción bruta	278.750	280.481	0,6%
Consumos propios	10.369	11.267	8,7%
Consumo en bombeo	5.202	4.565	-12,2%
Importación -exportación	-3.406	-154	-95,5%
Demanda nacional (GWh bc)	259.773	264.494	1,8%

Tabla 23. Producción eléctrica por combustibles años 2014 - 2015.

Fuente: Red Eléctrica Española y MINETUR 2016.

“Realizando un sencillo análisis entre los datos de las tablas de la evolución de los usos eléctricos de la biomasa y la cantidad potencial de biomasa disponible se puede indicar que si se aprovecha toda la biomasa potencialmente disponible con las mismas consideraciones sobre las horas de utilización y el rendimiento medio (6.000hs/año y un 20%), la potencia total instalada podría llegar a los 6.627 MW que producirían una energía eléctrica de 39.759.273 MWh o sea casi un cinco veces superior a la evolución prevista por el PER 2011 2020.” (Míguez Gómez C.D., 2013).

La eficiencia energética en las centrales de generación con carbón tiene utiliza el mismo ciclo Rankine que las plantas de biomasa, si en vez de utilizar la biomasa en instalaciones con una

potencia nominal de 10 MW y un rendimiento medio del 20% lo hacemos en plantas de potencia media de 200 o más MW con un rendimiento del 40% como en el caso de las centrales de carbón de alta eficiencia, se podría obtener el doble de potencia instalada y de energía generada, con la característica respecto de otras renovables de actuar como plantas de generación convencional reemplazando el uso actual de las plantas de carbón como apoyo a la generación eólica y solar (Menéndez E, 2004).

La tecnología de generación eléctrica partiendo de la biomasa es muy heterogénea con un grado de maduración inferior a otras tecnologías. Para la producción de energía eléctrica y cogeneración empleando biomasa como combustible son válidos todos los ciclos que se aplican a otros combustibles.

“En ciclos Rankine existen ciertas limitaciones en cuanto a 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. 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.” (IDAE, 2008).

Los sistemas de gasificación del combustible son comúnmente empleados para todas las potencias, e incluso las inferiores a 2 MW, debido a la posibilidad de utilización de tecnologías existentes para gases evitándose la utilización de la caldera de vapor.

II.5.2.2 Producción industrial:

La producción industrial se realiza en centrales térmicas en las cuales la energía calorífica producida en un determinado punto es transformada en energía mecánica de rotación a través de una turbina y, después, en energía eléctrica mediante un generador. La diferencia está en que el combustible fundamental utilizado para producir la energía térmica en el caso de las centrales de biomasa lo constituyen principalmente los residuos forestales, los cultivos de energéticos, o los residuos agrícolas (Asociación Española de la Industria Eléctrica).

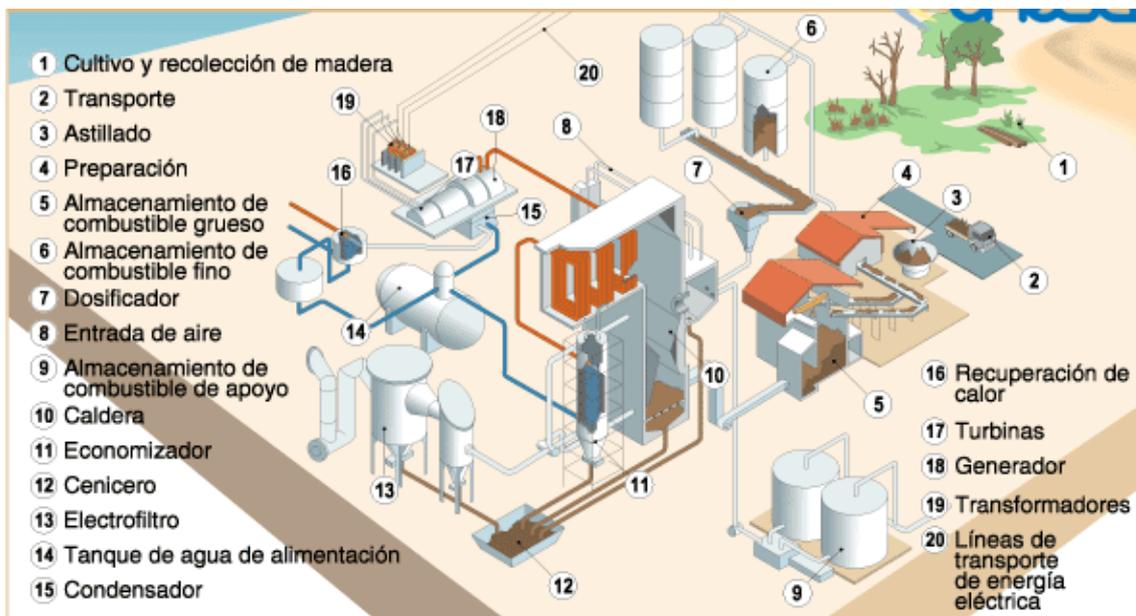


Figura 29. Esquema de funcionamiento de una central térmica de biomasa.

Fuente: UNESA. 2016.

“En primer lugar, el combustible principal de la instalación, residuos forestales, agrícolas o cultivos de plantas energéticas (1), es transportado y almacenado en la central. En ella puede ser sometido a un tratamiento de astillado (2) para reducir su tamaño, si ello fuera necesario. A continuación, pasa a un edificio de preparación 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, 5 y 6).

El combustible, una vez preparado, se lleva 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 un derivado del petróleo) procedente de su almacén (6), para ser quemado de la forma más eficiente posible.

El agua que circula por el interior de la caldera proviene del tanque de alimentación (10); antes de entrar allí, el agua ha pasado generalmente por un economizador, donde es precalentada mediante el intercambio de calor con los gases de combustión 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 in-quemados y así, aprovechar al máximo el poder energético y reducir las emisiones atmosféricas.

Asimismo, los gases de combustión son limpiados por los equipos de depuración (9), antes de ser vertidos 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.

Al igual que se hace en otras centrales térmicas convencionales, el vapor generado en la caldera se expande en la turbina de vapor (12) que mueve el generador eléctrico (13), donde se

produce la energía eléctrica que, una vez elevada su tensión en los transformadores (14), se vierte a la red general mediante las líneas de transporte (15) correspondientes.

El vapor de agua proveniente de la turbina es transformado en líquido en el condensador (11), y de ahí es enviado nuevamente al tanque de alimentación (10), cerrándose así el circuito principal del agua en la central' (Asociación Española de la Industria Eléctrica).

II.5.2.3 Producción doméstica.

Actualmente la producción combinada de energía térmica y eléctrica para pequeñas potencias está sufriendo un interesante progreso gracias a la aparición de modernas tecnologías y la fiabilidad y el rendimiento de los combustibles sólidos.

Es por ello que el sector terciario tiene un gran potencial para el progreso pues al precisar de energía térmica, ya sea calor frío o ACS, durante todo el año, aumenta las horas de funcionamiento de los sistemas de cogeneración, disminuyendo los costes fijos y mejorando el rendimiento.

Esta tendencia se vio reflejada en junio de 2016 en el que se presentó un nuevo proyecto de cogeneración doméstico con biomasa. "El concepto es el de un sistema compacto y sobre todo eficiente. Éste consta de dos módulos: uno en el cual se gasifica la leña y el gas generado se filtra, y el otro es el de la cogeneración en sí: por un lado genera 20 kW eléctricos y por otro 60 kW térmicos. El sistema aprovecha el calor generado en la unidad de gasificación, en el motor de cogeneración y en el generador eléctrico. De esta manera el aprovechamiento energético es muy alto. Además, ambas unidades están cubiertas por una carcasa insonorizada, lo que posibilita un funcionamiento muy silencioso. Existen varias instalaciones funcionando de manera muy fiable y rentable desde hace unos años." (Hargassner, 2016).

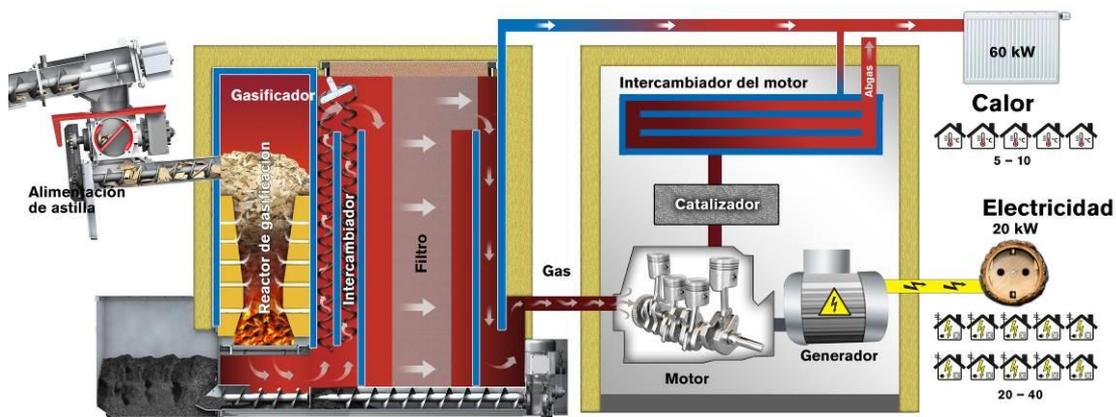


Figura 30. Esquema de proyecto de cogeneración doméstico.

Fuente: Hargassner.2016.

II.5.2.4 Cocina y electricidad:

Como curiosidad merece la pena destacar una idea brillante como la propuesta por ECOFRICALIA S.L. en la Feria EXPOBIOMASA 2017, la cocina de pélets Powerpélet:



Figura 31. Fotografía de la cocina de pélets Poerpélet.
Fuente: ECOFRICALIA S.L. 2017.

Consistente en una pequeña cocina de pélets que durante el proceso de combustión, gracias a la tecnología termoelectrica y el uso de pélets como combustible, produce una corriente eléctrica de 10 W a 14 V, con un consumo aproximado de 1 kg de pélet a la hora. La corriente eléctrica permite la carga de baterías teléfonos y dispositivos móviles, así como baterías de 12 V e incluso es capaz de dar suministro hasta 20 bombillas Leds mientras se cocina.



Weight / Peso	13 kg
Height / Alto	51 cm
Width / Ancho	45 cm
Length / Largo	22 cm
Max power /Potencia Máxima	10 W
Max voltage /Tensión máxima	14 V
Power (sustained) / Potencia continua	8 W
Lifespan / Vida útil	50,000 h
Operating temperature / Temperatura de funcionamiento	150 °C - 650 °C
Consumption per Hour / Consumo por hora	1 kg pellet / h

Figura 32. Características de la cocina de pélets Powerpélet.

Fuente: ECOFRICALIA S.L. 2017.

Esta cocina está destinada a los mercados de las zonas en desarrollo y es que según los datos de la Organización Mundial de la Salud, el uso de combustibles sólidos para cocinar es uno de los principales factores causantes del riesgo de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) –una afección potencialmente mortal– en la mujer. Una tercera parte de la carga total de mortalidad y morbilidad por esta causa en las mujeres se debe a la exposición en espacios interiores al humo producido al cocinar a fuego abierto o con hornillos y cocinas ineficientes (OMS, Salud de la mujer, Nota descriptiva N°334, Septiembre de 2013).

Esta cocina aumenta la eficiencia de combustión desapareciendo prácticamente en su totalidad las partículas del humo que causan la EPOC, por lo que no solo es capaz de aportar una corriente eléctrica renovable allí donde no la hay sino que además mejora la combustión durante el proceso de cocinado.

II.5.3 Producción de energía térmica:

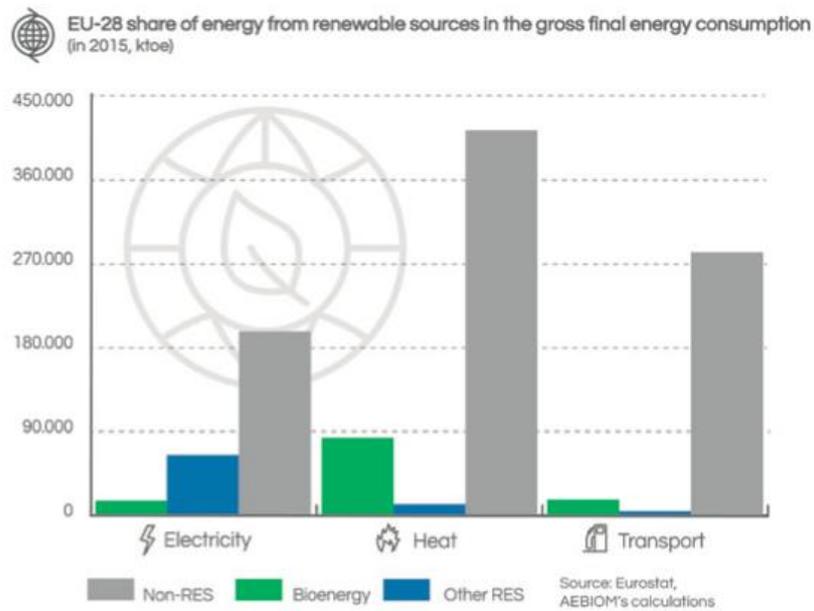
II.5.3.1 Situación general:

Generalmente las renovables están asociadas a la generación eléctrica y al transporte. No obstante, la energía térmica ya sea tanto frío como calor, constituye un sector ciertamente subestimado. Aun así este sector muestra un margen de progresión muy importante. La energía térmica supone alrededor del 50% del total de energía consumida en la UE-28, siendo el 82% aportada por energías fósiles, algo que permanece prácticamente estable desde el año 2014. En el total de energía térmica las renovables aportan el 18,6%, de los cuales el 89% procede de los biocombustibles.

Entrando en detalle en lo que a energía térmica se refiere, se puede decir que es el subsector residencial el líder, con más de la mitad de la energía térmica consumida. Aunque el subsector es muy heterogéneo todas las nuevas instalaciones han de contar con la normativa europea en su diseño y certificar un mínimo de emisiones y una determinada eficiencia energética.

Aun así queda pendiente el reto de substituir instalaciones antiguas o incluso chimeneas mediante sistemas que aseguren mejor eficiencia y menores emisiones. El subsector residencial es el que predomina en materia de energía térmica en todos los países de la UE-28, excepto Chipre, Dinamarca, Finlandia, Luxemburgo, Suecia y Eslovaquia donde el aporte de este subsector es inferior al 40%.

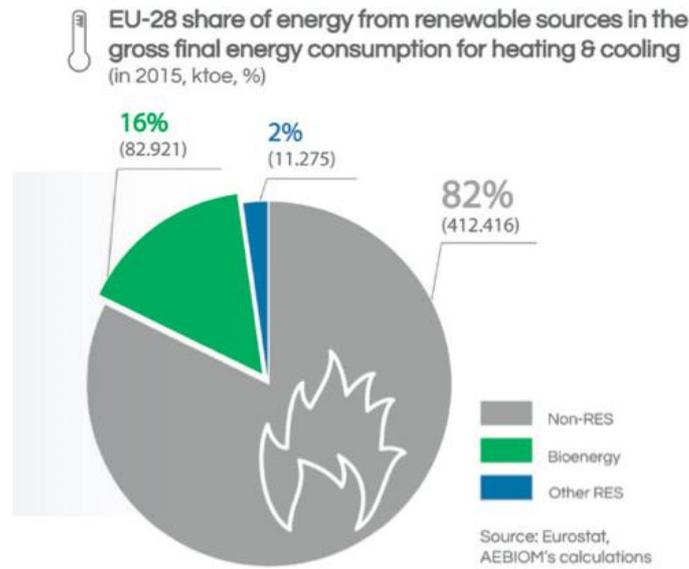
El subsector industrial y la producción centralizada de calor (district heating) están en segunda y tercera posición con el 26% y 15% respectivamente.



Electricity	Electricidad
Heat	Calor
Transport	Transporte
Non-RES	No renovables
Bioenergy	Bioenergía
Other RES	Otras renovables

Figura 33. Aporte de las renovables en el consumo energético de la UE-28 por tipo sector.

Fuente: AEBIOM Eurostat, 2017.



Non-RES	No renovables
Bioenergy	Bioenergía
Other RES	Otras renovables

Figura 34. Aporte de las renovables en el consumo térmico de la UE-28 por tipo de combustible.

Fuente: AEBIOM Eurostat, 2017.

Los países con mayor consumo de energía térmica renovable son Bélgica, Finlandia, Irlanda, Portugal, Suecia y Eslovaquia. Mientras que los países con mayor consumo térmico renovable en district heatings son Dinamarca, Lituania y Suecia con más del 30%. La bioenergía térmica por district heatings es muy reducida en países como España, Grecia y Portugal.

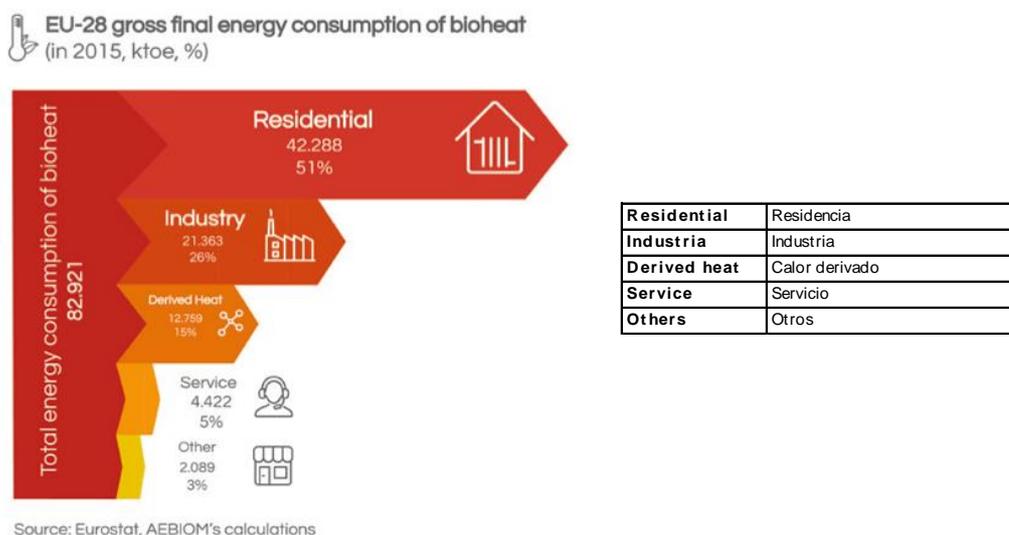


Figura 35. Consumo térmico de la UE-28 por subsectores en 2015.

Fuente: AEBIOM Eurostat, 2017.

Del mismo modo, tanto el sector público como el de servicios tienen un gran potencial para el impulso de la bioenergía térmica puesto que solo aporta el 5% del consumo total en 2015. Estos subsectores están hoy en día discutiéndose en la agenda de la UE para el cumplimiento de los objetivos planteados en la cumbre de París COP-21.

Los 5 países con mayor consumo de bioenergía térmica son Alemania (12 Mtep), Francia (9 Mtep), Suecia (8,4 Mtep), Italia (7,8 Mtep) y Finlandia (6,6 Mtep). Esta tendencia es similar al consumo bioeléctrico puesto que la bioenergía térmica supone alrededor del 75% del total consumo bioenergético.

La biomasa sólida es de lejos (91%) la primera fuente de combustible empleado en la generación de bioenergía térmica. Tanto por razones económicas y medioambientales la biomasa tiene generalmente su origen en operaciones de gestión forestal y de la industria maderera. Alternativas como los cultivos energéticos o los restos de poda pueden complementar la demanda por lo que las políticas europeas y determinados proyectos europeos como Europrunning están buscando una solución para incluir los restos de operaciones agrícolas en fuente de suministro de combustible sólido para energía térmica.

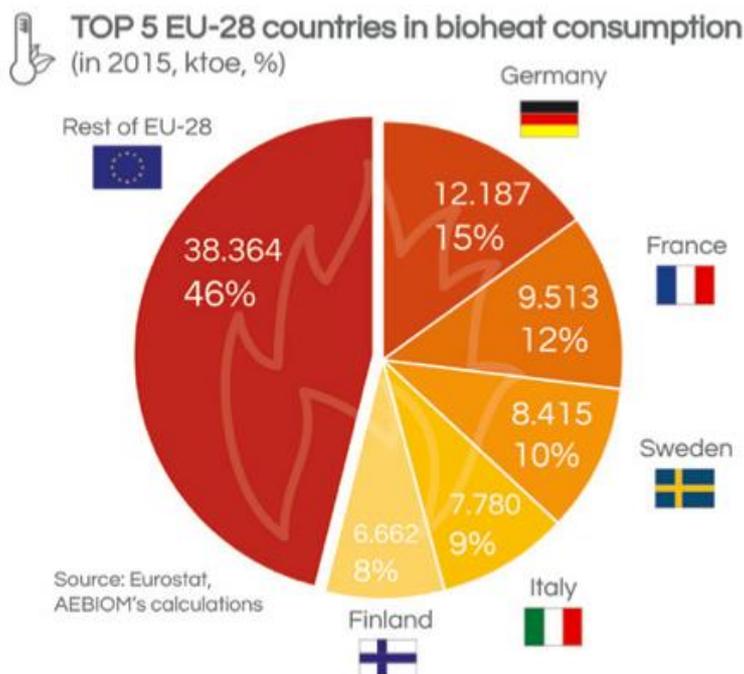
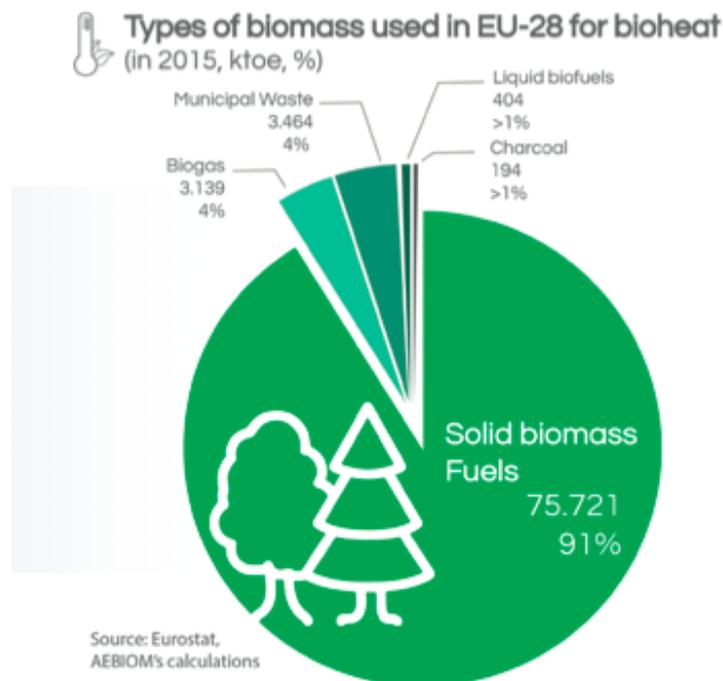


Figura 36. Consumo térmico de la UE-28 por países en 2015.

Fuente: AEBIOM Eurostat, 2017.



Solid biomass biofuels	Combustibles sólidos biomásicos
Municipal waste	Residuos municipales
Liquid biofuels	Biofueles líquidos
Charcoal	Carbón vegetal

Figura 37. Biocombustibles empleados en la generación de energía térmica en la UE-28 en 2015.

Fuente: AEBIOM Eurostat, 2017.

La bioenergía térmica es el héroe olvidado de la bioenergía. Por su propia naturaleza, la biomasa empelada, las soluciones tecnológicas empleadas, los modelos de negocio y financiación varían en gran medida a lo largo de Europa, las instalaciones biotérmicas van desde grandes instalaciones industriales de cientos de MW a pequeñas instalaciones domésticas de pocos KW, desde estufas que aportan calor suplementario en salones de viviendas a calderas industriales que aportan energía en ciclos combinados de instalaciones municipales e industriales que distribuyen tanto frío como calor a través de redes de energía. En general, el desarrollo de la bioenergía térmica llega sin necesidad de ayudas o subsidios de larga duración. Al contrario, las tecnologías y el empleo de instrumentos que permiten medir la reducción de CO₂ junto con las políticas que favorecen fiscalmente estas aplicaciones generan un ambiente propicio para el crecimiento de la bioenergía térmica. En cualquier caso subvencionada o no cada una de las instalaciones biotérmicas ha remplazado en mayor o menor medida un sistema basado en combustibles fósiles o ha evitado la implantación de uno nuevo, reduciendo el aporte de CO₂, creando nuevo empleo o apoyando la permanencia del ya existente mediante el valor añadido que aporta la bioenergía a cada kTep sustituido. La energía biotérmica aporta todos estos beneficios sociales, económicos, medioambientales y climáticos mientras que el volumen de biomasa disponible para su uso energético sigue acumulándose en

las regiones europeas. Quizás las mejor de las noticias es que de la energía térmica consumida en Europa el más del 80% sigue proviniendo de combustibles fósiles. Esto hace que conjuntamente con otras medidas, tales como la eficiencia energética y la reutilización térmica de los residuos la biomasa está preparada para el reto que se plantea (Sherrard, A., 2017).

La situación en España, al igual que para el conjunto de los países desarrollados, es que a finales del siglo XIX quedó sustituida la fuente de energía principal que era la biomasa tradicional, por los primeros combustibles fósiles, en este caso el carbón, pasando durante el siglo XX a aquellos derivados del petróleo e instalaciones eléctricas de gran potencia.

El empleo de biomasa como combustible quedó reducido al propio sector forestal, el agrario y cierto sector industrial como el cerámico. No obstante el consumo de biomasa con usos térmicos quedó centrado en instalaciones tradicionales de calefacción o agua caliente sanitaria o cocina, mediante el uso de sistemas clásicos como estufas de leña o chimeneas.

La mayor parte de la biomasa tiene un origen forestal y ha sido empleada de forma tradicional en el sector residencial de forma poco eficiente como son el empleo de leñas o calderas de industrias forestales.

En la actualidad el sector doméstico residencial consume el 47,9% de biomasa con fines térmicos del país. Le siguen de lejos el sector papelerero con el 17,4% y el sector del mueble y la madera con el 12,1%, en cuarta posición están las instalaciones de ciclo combinado con un consumo de 8,1%.

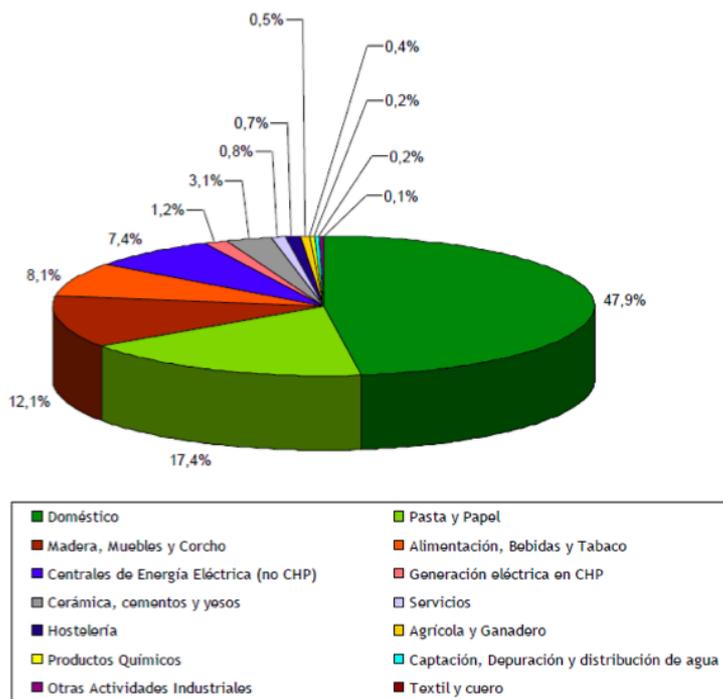


Figura 38. Consumo de biomasa en España por sectores.

Fuente: IDAE, 2012.

Durante los años 2005 a 2009 el modelo energético español ha sentado las bases de un cambio hacia una menor dependencia de las energías fósiles tradicionales, jugando la biomasa y en su conjunto, los combustibles sólidos, un papel importante, no obstante los resultados obtenidos aún están lejos de las expectativas alcanzadas.

El uso térmico de la biomasa tecnificada en España ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, tanto en el número de instalaciones, entre estufas y calderas, como en potencia instalada. En 2016 se instalaron cerca de 39.0000 nuevas estufas, record registrado por el Observatorio Nacional de Calderas de Biomasa (ONCB) desde que comenzó su actividad en 2008. (Ramos J.J., Herrero. J., 2017)

Entre los años 2008 y 2016 el número de instalaciones domésticas de calefacción que emplean biomasa tecnificada se ha multiplicado por 20 pasando de una cifra inferior a las 10.000 a las 200.000 contabilizadas a finales de 2016 por el ONCB. Este crecimiento continuo ha tenido su máximo exponente en los últimos 5 años, así desde el año 2012 el número de instalaciones se ha triplicado con independencia de las variaciones de los precios de venta de los combustibles fósiles y de la situación económica que ha arrevesado el país. Esto se explica fácilmente por el ahorro económico inmediato que experimentan particulares, empresas y administraciones al substituir antiguos sistemas de calefacción por nuevos equipos de biomasa, cifrado en cientos y miles de euros anualmente.

Según los datos del OCNB el número de equipos de biomasa instalados en 2016 ascendió a 38.851, superando en 22% la cifra del año anterior, no obstante aunque la potencia total instalada es superior al TW, es un 23% inferior al año 2015. El número de estufas vendidas por determinadas marcas fue superior a las mil unidades mientras que unas pocas superaron las cinco mil unidades, con una potencia media de 11,3 kW. La comercialización de estufas ha derivado hacia los grandes almacenes de bricolaje poniendo a disposición del particular equipos de potencia menor pero altamente tecnificados. Al igual que en el resto de Europa, la tendencia creciente en instalación de equipos domésticos de biomasa en España continua aunque a menor ritmo de lo previsto.

Respecto a las calderas la tendencia es la inversa, en el año 2016 se instalaron un 16% de equipos de potencia inferior a 50 kW, menos que en 2015. Del mismo modo se han reducido la venta de equipos de alta gama y de importación. La potencia media instalada para el caso de las calderas es de 34,4 kW. En lo que respecta a las calderas industriales con potencias superiores a los 50 kW, la tendencia es idéntica reduciéndose la instalación en un 15%. Esto tiene su explicación en la bajada de los combustibles derivados del petróleo combinada con la

inestabilidad política además de la subida general de temperaturas e inviernos suaves debido al Cambio Climático.



Figura 39. Número de instalaciones de biomasa por CCAA.

Fuente: ONCB, 2017.

La implantación de equipos de biomasa difiere mucho según las comunidades autónomas, Andalucía lidera el sector con cerca de 55.000 instalaciones, le siguen Castilla León (30.000), Cataluña (20.000), Castilla La Mancha (15.000), Madrid, Galicia y Comunidad Valenciana (10.000), en todos los casos se experimentaron crecimientos significativos desde el año 2008. La tendencia es idéntica en el caso de las potencias instaladas, lidera de nuevo Andalucía con más de 1,8 MW. Cabe destacar que el mayor número de instalaciones (175.000 equipos) corresponden a estufas siendo el 90% de los equipos instalados, mientras que solo el 10% corresponde a calderas (24.000 equipos), de estas solo el 44% superan los 50 kW de potencia.



Figura 40. Potencia instalada en equipos de calefacción por biomasa por CCAA.

Fuente: ONCB, 2017.

Las previsiones para 2017 es un aumento en España del 17% en la instalación de estufas y calderas con respecto a 2016, lo que se traduce en 45.000 nuevos equipos y una potencia de 1.100 MW.

II.5.3.2 Centrales de distribución de calor o “District heating”.

En lo que a eficiencia se refiere son las redes de calor por distrito, o como se denominan en inglés “District heating” los sistemas más eficientes. En estos sistemas el calor se produce en unas instalaciones centrales y se reparte hasta los usuarios mediante un sistema de canalizaciones subterráneas isotérmicas que transportan un fluido que generalmente es agua pero puede ser un vapor o un líquido ya sea calorífico o refrigerante. Los usuarios a los que va destinada esta energía térmica pueden ser vecinos de residencias, edificios públicos como escuelas, universidades u hospitales o privados que alberguen empresas o comercios.

Este sistema centralizado tiene las ventajas de generar la energía térmica en una sola instalación, unificando por lo tanto el rendimiento y las pérdidas, que debido a las buenas propiedades aislantes de los materiales empleados en el transporte del fluido, suelen ser mínimas. Además se centraliza igualmente el suministro de combustible y la emisión de gases procedentes de la combustión por lo que se facilita el control de las emisiones.

Nos obstante lo anterior, en lo que se refiere a su implantación en el territorio nacional es reducida, si se compara con otros países, incluso con condiciones climáticas similares.

En este sentido es necesario destacar el proyecto de “District heating” de la ciudad de Soria, que se ha convertido en uno de los ejemplos del uso de la biomasa como fuente de energía de agua caliente sanitaria y de calefacción. La red de calor abastece ya a unos 8.000 clientes en una primera etapa. Y tiene como objetivo, con su crecimiento hacia la zona central y sur de la ciudad, multiplicar por dos dichas cifras. En la actualidad produce genera unos 45 millones de Kw/hora al año, con un consumo de biomasa forestal de 16.000 ton/año. El circuito cerrado tiene una longitud de 28 km y abastece a comunidades de propietarios, edificios públicos como colegios, hospitales, residencias de ancianos o instalaciones deportivas. La central de producción está compuesta por tres calderas de 6 Mw cada una de potencia. Una subestación de intercambio se sitúa en cada inmueble que contrata el servicio, esto permite, únicamente facturar por la energía consumida. Además de este proyecto existen otros en Castilla y León, donde ya comenzaron con las redes de calor en el año 2012 en la localidad soriana de Olvega. Igualmente se trabaja en un proyecto para abastecer unas 3.000 viviendas en la localidad de Aranda de Duero que está prevista que entre en funcionamiento en el plazo de dos años con una inversión de 8 millones de euros (Energíacastillayleon, 2017)

Los elementos principales son:

“Central de generación: *la producción de calor o frío en estos sistemas se realiza de manera centralizada para los distintos consumidores en la central de generación. De esta manera pueden eliminarse los equipos individuales en los puntos de consumo, ya sean viviendas o edificios, al mismo tiempo que es posible disponer de tecnologías con mejor eficiencia energética como la cogeneración, el uso de calor residual o las energías renovables (biomasa, solar, geotermia), equipos más eficientes por factor de escala y gestionados profesionalmente.*” (AVEBIOM, 2018).

Red de canalizaciones de distribución de energía térmica: El entramado de canalizaciones y conducciones a través del cual se distribuye la energía térmica transportada en forma de fluido térmico, esta generalmente compuesta por tuberías fabricadas con material aislante, puede ser una única conducción en forma de anillo por la que discurre el agua desde la central o una malla con un circuito de ida y otro de retorno. *“La red también dispone de un circuito de retorno a la central. Habitualmente, las tuberías se distribuyen en zanjas subterráneas que siguen el trazado de las calles en zonas urbanas.”* (AVEBIOM, 2018)

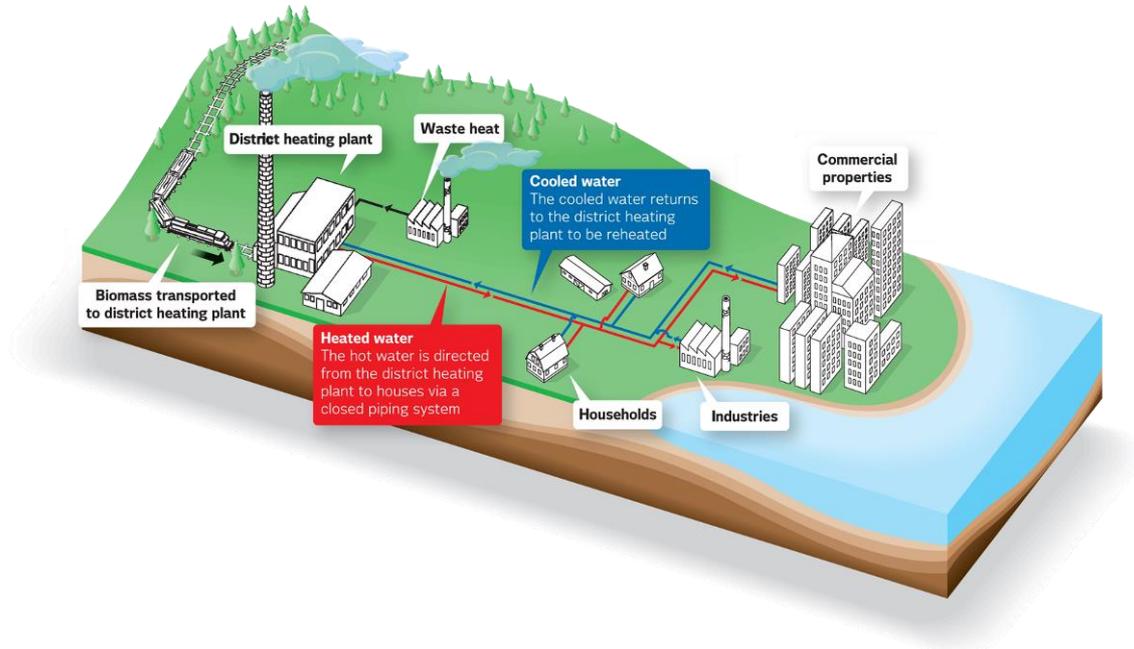
“Subestaciones: *la transferencia térmica entre la red de distribución y los consumidores (edificios o viviendas) se realiza a través de una subestación formada por un intercambiador y los elementos que regulan y controlan que el funcionamiento sea el correcto, así como los elementos de medición para facturar las energías.*” (AVEBIOM, 2018)

En este sentido se derivan ventajas y beneficios que todos los agentes implicados pueden aprovechar, las administraciones públicas aprovechan la energía térmica para los edificios públicos y las empresas suministradoras aunque aportan el capital pueden recuperarlo mediante la gestión de la red de calor, los usuarios obtienen una energía térmica no contaminante a mejor precio:

- *“Mejoran imagen de la ciudad, aumentando la sostenibilidad urbana, mejorando el paisaje, reduciendo el impacto ambiental y el consumo del recurso energético.*
- *Usan una energía renovable y local que genera riqueza y empleo en el entorno, a la vez que reduce su dependencia energética.*
- *Reducen los gastos (energía, mantenimiento e inversión)”* (AVEBIOM, 2018)

“Los Usuarios, son los más beneficiados como clientes que eligen una tecnología colectiva frente a una individualizada. Ahorran espacio, inversión y mantenimiento en equipos de calefacción y chimeneas. Ahorran en los la energía que consumen, reducen vibraciones, ruidos, riesgos, etc. y mejoran la calificación energética” (AVEBIOM, 2018).

Las potencias de las calderas en la central de distribución depende del diseño del proyecto y de las necesidades a cubrir, no obstante se suelen emplear calderas industriales con potencias superiores a los 100 kW, generalmente se emplean dos o más calderas que pueden funcionar de forma conjunta o por separado de forma que una cubra las necesidades puntuales en caso de avería.



Waste heat	Calor residual
District heating plant	Central de distribución de calor
Biomass transported	Biomasa transportada
Commercial properties	Propiedades comerciales
Households	Zona residencial
Industries	Industrias
Heated water	Agua calentada
Cooled water	Agua enfriada

Figura 41. Esquema de distribución de District heating.

Fuente: Vattenfall, 2017.

II.5.3.3 Calderas domésticas.

El funcionamiento de las calderas de biomasa no difiere por lo general de aquellas calderas cuyo combustible es de origen fósil, así la combustión de la biomasa en el quemador produce una llama que caliente un circuito de agua interior que o bien es distribuido de forma inmediata o bien se acumula en un depósito de inercia que se mantiene a la temperatura de trabajo de la instalación. El agua caliente puede alimentar un circuito de radiadores o un intercambiador de calor para generar agua caliente sanitaria.

A diferencia de las calderas de gas natural, las calderas de biomasa precisan un espacio anexo para acumular el combustible sólido, este espacio, que se asemeja a un silo, puede ser de

obra, de acero e incluso de tela, el combustible se traslada desde el silo a la caldera ya sea mediante tornillos sinfín o por acción neumática.

Una vez en la caldera el combustible se lleva al quemador, por gravedad o empujado mecánicamente, aquí mediante una ventilación forzada se produce una combustión eficiente que genera los menos gases y residuos posibles, las cenizas son generalmente eliminadas de forma automática y retiradas de forma periódica.

Las calderas de biomasa se suelen clasificar en función del tipo de combustible que son capaces de emplear.

Según tipos de combustible, diferenciamos dos tipos de caldera:

- Calderas convencionales de pélets, suelen ser de dimensiones reducidas y potencias entre media y baja, destacan por sus altos coeficientes de eficiencia. Es necesario decir que el diseño ha mejorado presentándose modelos compactos en los últimos años que son menos exigentes en cuanto al espacio. Estas calderas generalmente solo admiten pélet de alta calidad, pero en ocasiones el fabricante incluye distintos programas de combustión que pueden admitir pélets de calidades diferentes.



Figura 42. Caldera de pélets de 25 a 32 kW con tolva de 230 kg.

Fuente: Lasian S.L., 2016.



- 1 - Cuerpo BioMaster
- 2 - Cámara de combustión
- 3 - Quemador abatible
- 4 - Bandejas cenizas
- 5 - Intercambiador con limpieza automática
- 6 - Extractor de humos
- 7 - Mirilla
- 8 - Caja de humos
- 9 - Tapa de inspección con sistema antideflagración
- 10 - Material refractario cerámico

Figura 43. Esquema interior de caldera de pellets de 25 a 32 kW.

Fuente: Lasian S.L., 2016.

- Calderas de biomasa denominadas policombustible: Son al igual que antes calderas de biomasa pero en este caso admiten varios tipos de combustible, gracias a un sistema que incluye por una parte una mejor eliminación de las cenizas producidas por aquellos combustibles de menor calidad y por otra parte admiten variaciones en el régimen de combustión adaptándose al combustible empleado.



Figura 44. Caldera policomcombustible de 65 kW.

Fuente: Lasian S.L., 2016.

Esquema de funcionamiento

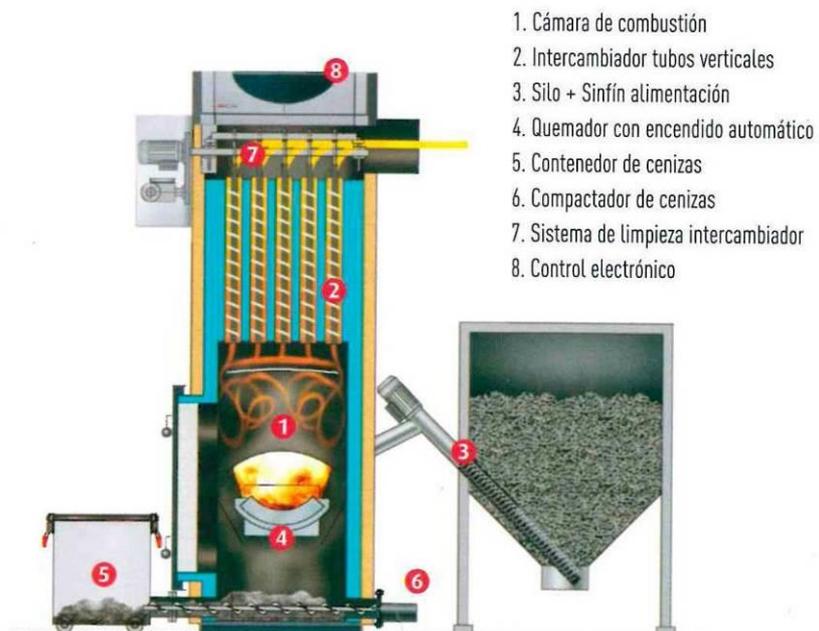


Figura 45. Esquema funcionamiento caldera policomcombustible de 65 kW.

Fuente: Lasian S.L., 2016.

De acuerdo a su tecnología, las calderas se dividen en cuatro grupos:

- *“Calderas convencionales adaptadas para biomasa, suelen ser antiguas calderas de carbón adaptadas para poder ser utilizadas con biomasa o calderas de gasóleo con un quemador de biomasa. Aunque resultan baratas, su eficiencia es reducida, situándose en torno al 75-85%. Suelen ser semi-automáticas ya que, al no estar diseñadas específicamente para biomasa no disponen de sistemas específicos de mantenimiento y limpieza.*
- *Calderas estándar de biomasa, diseñadas específicamente para un biocombustible determinado (pélets, astillas, leña,...), alcanzan rendimientos de hasta un 92%. Generalmente se trata de calderas automáticas ya que disponen de sistemas automáticos de alimentación del combustible, de limpieza del intercambiador de calor y de extracción de las cenizas.*
- *Calderas mixtas, las calderas mixtas permiten el uso alternativo de dos combustibles, haciendo posible el cambio de uno a otro si las condiciones económicas o de suministro de uno de los combustibles así lo aconsejan. Necesitan un almacenamiento y un sistema de alimentación de la caldera para cada combustible, por lo que el coste de inversión es mayor que para otras tecnologías. Su rendimiento es alto, cercano al 92%, y son calderas totalmente automáticas.”* (Observatorio Nacional de Calderas de Biomasa ONCB, 2017).
- *Calderas de pélets a condensación, pequeñas y automáticas, sin embargo únicamente admiten pélet certificado de alta calidad como combustible, a diferencia de las anteriores, estas calderas recuperan el calor latente de condensación, bajando de forma progresiva la temperatura de los gases hasta que se condensa el vapor de agua en el intercambiador. De esta forma aumenta el rendimiento de hasta el 103%. Las características principales de las calderas de condensación son:*
 - Pueden funcionar indistintamente en condiciones de condensación / sin condensación, sin realizar cambios mecánicos o eléctricos.
 - No tienen límite a la temperatura de retorno, ni inferior ni superior.
 - Doble consigna de temperatura de impulsión, que le permite elegir el rendimiento óptimo para varios circuitos independientes.
 - El cuerpo está construido en acero inoxidable, dotándola de una resistencia y longevidad sin precedentes.
 - Limpieza automática mediante inyectores de agua del intercambiador patentado.
 - Limpieza automática del plato de combustión gracias al sistema de ejes basculantes.
 - Modulación automática de la potencia, que le permite trabajar siempre en el punto óptimo.
 - Rendimientos superiores al 100% en condiciones de condensación.

- Emisiones mínimas, cumpliendo la legislación medioambiental más exigente.
- Sonda lambda incorporada.
- Servidor web para el control remoto de la caldera a través de Ethernet integrado.

(Biocurve, 2016).



Figura 46. Esquema de caldera de pellets de condensación de 25 a 100 kW.

Fuente: Biocurve, 2016.

“Las instalaciones de calderas cuya potencia sume más de 70kw deben tener en cuenta las consideraciones para una sala de calderas del RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios) y para instalaciones de menos de 70 kW se debe considerar las indicaciones del fabricante e instalador. Por otro lado, recordar que la instalación de calderas de biomasa de tipo atmosférico, es decir, en las que el hogar o cámara de combustión se encuentra a presión ambiente, que son la mayoría, está permitida en base al propio RITE y al Real Decreto 1027/2007”. (IDAE, AVEBIOM, 2016)

II.5.3.4 Calderas de gran potencia:

Las calderas de gran potencia, se consideran generalmente aquellas de potencia superior a 100 kW, son las instaladas en sistemas de calefacción que alimentan edificios cuyas superficies son mayores y requieren por lo tanto grandes necesidades de energía calorífica.

Destacan las calderas con *“una cámara circular de combustión ciclónica en el corazón de la caldera garantiza la entrega óptima de calor al agua de calefacción. El sistema suministro de aire con turbulencia cruzada asegura un óptimo provecho calorífico de combustibles sólidos. Hay bloques fundidos refractarios de alta temperatura que conducen el aire primario hacia el área de combustión. A través del revestimiento de la cámara de combustión se suministra aire secundario dirigido al proceso de combustión logrando así una explotación calorífica máxima. Todo lo que se gasifique y/o queme con lentitud, se transporta despacio y continuamente hacia el recogedor de cenizas permitiendo así una combustión completa.”* (Heizomat, 2017)

Estas calderas permiten, mediante simples ajustes técnicos, el uso de distintos tipos de biomasa existente desde triturado de jardinería y poda, astilla forestal, pélets, cáscara de almendras, hueso de oliva e incluso serrín procedente de la industria de la madera.

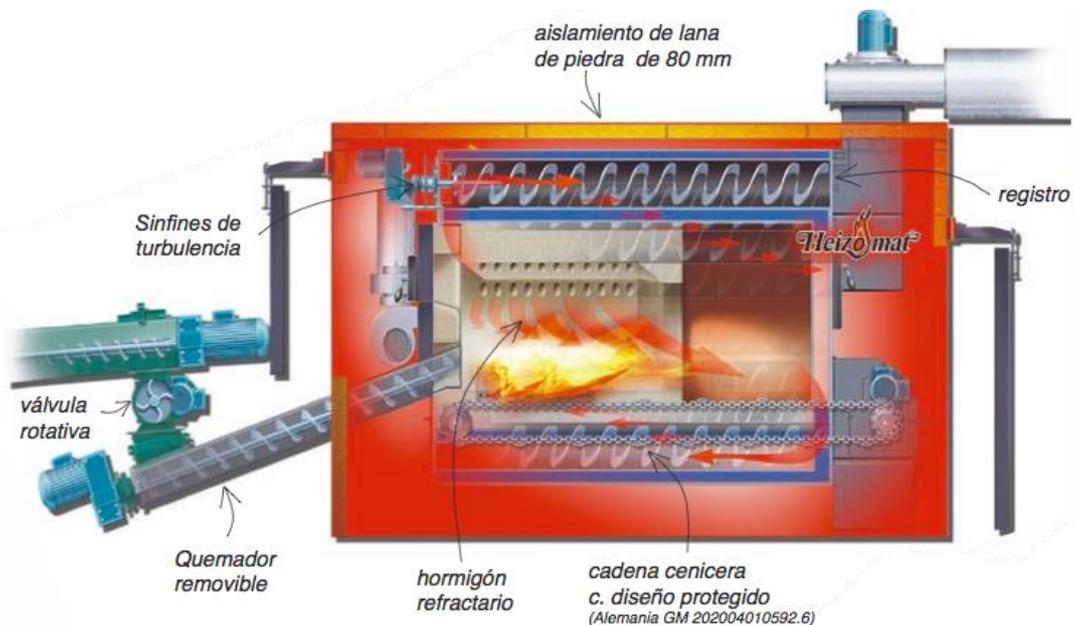


Figura 47. Esquema de caldera de biomasa de 30 a 990 kW.

Fuente: Heizomat, 2016.

II.5.3.5 Estufas y termoestufas.

Las estufas de pélets son instalaciones de calefacción de tamaño reducido capaces de quemar combustibles sólidos con gran eficacia. De esta forma se distribuye el aire caliente producido y se elimina el humo de la combustión mediante una salida de humos.

Las estufas son instalaciones domésticas de reducido tamaño generalmente menos de 0,3 m³, que admiten pélet como combustible para producir un aire caliente que o bien es dirigido directamente hacia el exterior o bien se canaliza mediante conducciones.

El sistema a es similar al de las calderas de biomasa pero con una diferencia clara en cuanto a tamaño y potencia, las estufas oscilan entre los 5 y los 15 kW, y admiten una carga de pélets en el silo de entre 15 y 30 kg.

Al igual que para las calderas el pélet es conducido a la cámara de combustión donde una resistencia provoca el encendido mediante combustión espontánea, posteriormente la llama y la combustión se mantiene gracias a una ventilación forzada que mejora la eficiencia del combustible. El aire caliente se distribuye por ventiladores y los humos son evacuados por una conducción que debe de conducir al exterior, las cenizas caen en una pequeño receptáculo que debe de ser retirado de forma periódica en función del uso que se le dé a la estufa.

Las estufas pueden admitir únicamente pélet como combustible o ser poli combustibles con lo que también admiten pélet de baja calidad, hueso de oliva, astilla e incluso cáscara de almendra. Estéticamente las estufas han mejorado de forma clara los últimos años, de forma que se integran perfectamente en espacios residenciales y además ofrecen el atractivo de visualizar la llama a través de un cristal termo resistente.

Ciertas estufas disponen además de una conexión a internet que permite al usuario encender o apagar la estufa en función de sus necesidades. Al igual que para las calderas de biomasa las estufas precisan de un mínimo mantenimiento periódico que asegure su limpieza.

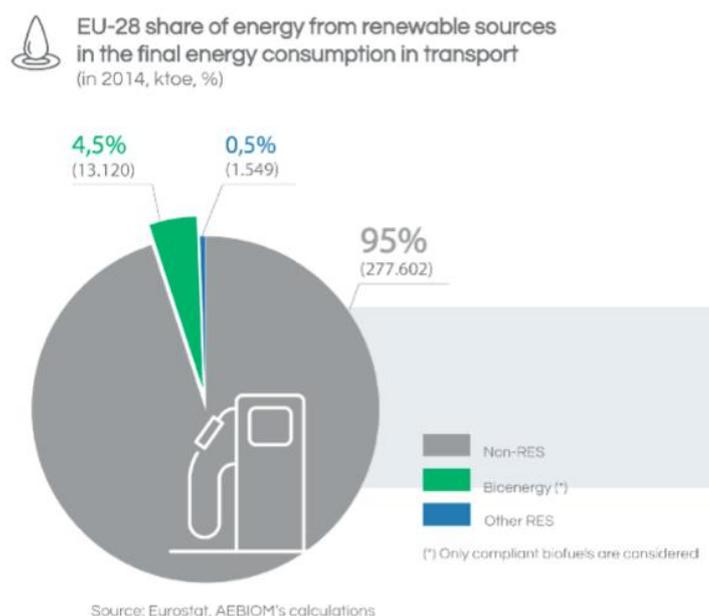
Respecto a los materiales en los que están fabricadas las estufas es necesario hacer incidencia en el boom de estos equipos en las grandes superficies comerciales, con equipos que no siempre garantizan una calidad y rendimientos adecuados. Así estufas fabricadas con buenos materiales y buen aislamiento suelen tener un precio más elevado y estufas de peores calidades suelen tener un precio más reducido y aunque su venta es mayor en inicio su peligrosidad por la falta de aislamiento y pérdida de eficiencia hacen que su compra no sea recomendable.

Las termo estufas se pueden definir como mini calderas de biomasa que adoptan la forma y el aspecto de estufas pero que transmiten el calor producido a un circuito de agua caliente y radiadores. Las necesidades de mantenimiento son similares a las de las estufas convencionales.

Respecto al precio de las estufas de pélets, que pueden sustituir viejas calderas contaminantes y caros sistemas de calefacción, requieren una inversión mucho menor que montar una caldera. Las estufas hay que limpiarlas a menudo, y aunque sólo se tardan cinco minutos, se hará semanalmente o cada pocos días para retirar las cenizas y limpiar el cristal. Ante la variabilidad y altos precios del gasoil, el gas o la electricidad, los biocombustibles ofrecen estabilidad y bajos precios. Incluso cuando más barato ha estado el petróleo, calentarse con pélets seguía siendo más económico que hacerlo con gasoil o gas, que ni bajan proporcionalmente y cuando sube, su precio se dispara” (ONCB, 2017).

II.5.4 Biomasa y transporte:

El sector del transporte siempre ha sido el reto de las renovables en lo que respecta a su implantación en el mercado. Las renovables representan tan solo el 5% (14.669 kTep) del consumo total de la Europa de los 28 en lo que respecta al transporte. 90% de esa cantidad (13.120 kTep) la aportan los bio-fueles. Resulta un reto particularmente interesante observar como los bio-fueles (en particular bio-fueles de primera generación) continúan su evolución. El reciente marco legislativo de la UE, como la directiva sobre el cambio del uso indirecto del suelo (ILUC) de septiembre de 2015, ha establecido una cuota para estos bio-fueles.



Non-RES	No renovables
Bioenergy	Bioenergía
Other RES	Otras renovables

Figura 48. Aporte de las renovables al consumo total energético en el sector del transporte en EU-28 en 2014.

Fuente: AEBIOM, 2017.

Las actuales estadísticas del efecto de las energías renovables en el sector transporte pueden ser engañosas en lo que respecta a la producción actual. Considerando a que debido al efecto de la aplicación de la directiva energías renovables, se emplean diversas reglas sobre para la

contabilización, las cifras pueden estar aumentando artificialmente el aporte de las renovables al consumo total en el sector del transporte, aumentando hasta en un 0,9%, pasando de un 5% a un 5,9%. La directiva ILUC ha profundizado más en este sentido, aplicando un factor multiplicador a favor del empleo de los residuos, subproductos y transporte eléctrico, distorsionando en parte la situación actual del mercado. Esta energía virtual no está reflejando realmente el montante total de los combustibles fósiles remplazados por renovables en el caso del transporte.

En cualquier caso el transporte sigue siendo la gran asignatura pendiente de las renovables, quedando más del 94% de la energía aportada por combustibles fósiles tradicionales. Ejemplos como el proyecto Waste to Energy Agency de la Ciudad de Oslo aportan una dimensión de las posibilidades de las renovables en el transporte. En esta instalación el tratamiento biológico de 50.000 toneladas anuales de residuo alimentario produce biogás suficiente para alimentar 87 autobuses de servicio público y 74 camiones municipales de recogida de RSU. Genera además 90.000 m³ de fertilizante apto para su uso directo en agricultura. Por otra parte la incineración de 410.000 toneladas al año de residuos aptos para combustión generan 730 GWh de energía térmica distribuida mediante District Heating y 160 GWh en energía eléctrica que se inyectan a la red.

II.6 Gestión de la biomasa e incendios en la interfaz Urbano-Forestal

II.6.1 Interfaz Urbano-Forestal:

El concepto de interfaz Urbano Forestal (IUF) es ciertamente complejo para ser contenido en una única definición, por su naturaleza y los diversos factores que engloba como zona de encuentro entre masa forestal y estructuras de carácter antrópico, precisa *“ser definido abordando toda su magnitud a fin de poder entender todos los riesgos que los incendios en estas zonas pueden tener, así como la dificultad con la que se encuentran los medios de extinción cuando un incendio forestal se da en estas áreas de interfaz, o bien cuando el incendio avanza desde zonas forestales al uso hacia este tipo de zonas”* (Canales, 2015).

El concepto de Interfaz urbano forestal proviene del inglés *“Wildland Urban Interface (WUI), The Wildland Urban Interface is the area where houses meet or intermingle with undeveloped wildland vegetation”* (United States Department of Agriculture, USDA 2001). Según esta definición es por lo tanto el área donde las viviendas y estructuras humanas se encuentran o se entremezclan con la vegetación silvestre. Por lo tanto la IUF es también un área donde se determinados conflictos entre el ser humano y el medio ambiente, tales como pérdida de bienes viviendas por el efecto de incendios forestales, fragmentación de la superficie natural, introducción de especies invasoras o exóticas y degradación de la biodiversidad (Radeloff V.C. et al. 2005).

Una revisión de la definición de la UIF por parte de los departamentos de interior (USDI) y de agricultura (USDA) del gobierno de los Estados Unidos introdujo el concepto de combustibles, definiendo la IUF como aquella comunidad donde los humanos y su desarrollo se entremezclan con los combustibles silvestres o salvajes, es decir lo que entendemos en esta tesis como biomasa forestal.

A lo largo de su evolución en cualquier definición de la UIF se dan tres componentes, presencia humana, vegetación silvestre o salvaje y una distancia que limite la extensión de los riesgos potenciales más allá de los terrenos vecinales (Stewart S. et al. 2007). Más allá de estos tres conceptos los debates sobre la IUF son ciertamente imprecisos en lo que ha de incluirse y lo que no. La presencia humana puede deducirse de la densidad de viviendas, densidad de población, número de viviendas o incluso disposición de las viviendas o características del desarrollo urbanístico. La vegetación silvestre o salvaje se menciona en todas las definiciones, pero la densidad, extensión y tipo de vegetación que ha de considerarse realmente aquella silvestre o salvaje no suele quedar correctamente definido. Por último la distancia sobre la que la IUF se extiende hacia el interior de la zona forestal o hacia la zona urbana ha sido descrita de maneras muy distintas, incluyendo la distancia que cubre el vuelo de una bola de golf lanzada desde el porche de una vivienda o la distancia que una pavesas pueden sobrevolar

hasta alcanzar las estructuras urbanas en caso de incendio forestal, no obstante en general distancias específicas raramente son mencionadas (Stewart S. et al. 2007).

Las viviendas que se encuentran en espacios naturales y por lo tanto forman parte de la IUF, tienen por lo general un fuerte atractivo por la mejora de la calidad de vida gracias a su proximidad y contacto con la naturaleza, no obstante estas áreas no están exentas de riesgo. El fuego forma parte del proceso ecológico natural, vivir adyacente a la naturaleza significa vivir bajo la constante amenaza del fuego. El fuego por su naturaleza es muy frecuentemente impredecible y de una fuerza incontrolable (U.S. Fire Administration, 2012).

En resumen la definición de la IUF del Registro Federal de la USDA y el USDI sería el área donde las viviendas existen con una densidad de más de una unidad de vivienda por cada 40 acres, es decir unas 16 hectáreas, entendiendo como unidad de vivienda la compuesta por apartamentos, viviendas unifamiliares, vacantes u ocupadas incluyendo segundas residencias. En lo que a vegetación se refiere la IUF es aquella área donde la vegetación silvestre o forestal cubre un área superior al 50%, o aquella área donde la vegetación silvestre o forestal cubre menos del 50% de la superficie pero existe a menos de 1.5 millas (2,4 kilómetros) una gran superficie superior a 1,235 acres (0,5 hectáreas) cubierta al 75% por vegetación silvestre o forestal (Stewart S. et al. 2007).

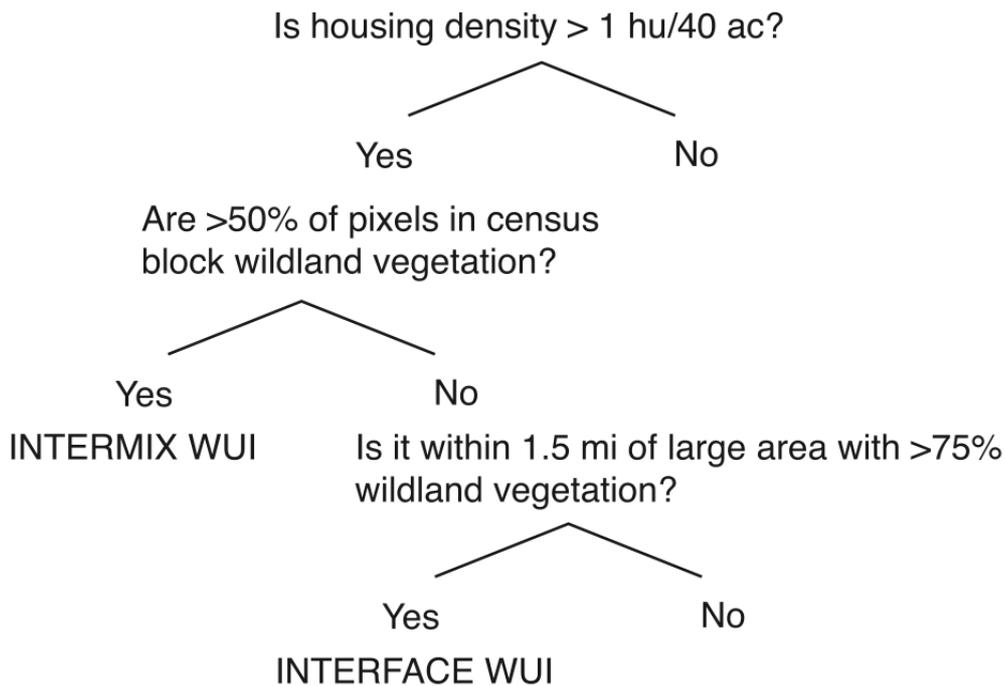


Figura 49. Definición de la Interfaz urbano forestal.

Fuente: Stewart S. et al. 2007.

La incidencia de la política de extinción de incendios forestales en Estados Unidos puso el foco en la IUF como respuesta al urbanismo desarrollado en los últimos años. Los nuevos propietarios desean instalarse cerca de espacios abiertos y en contacto con la naturaleza. Desde el año 1.940 al año 2.000, tuvo lugar un crecimiento significativo del número de viviendas en espacios suburbanos y áreas rurales, especialmente cerca de los bosques (Radeloff V.C. et al. 2005). Los efectos del abandono de la gestión forestal, del cambio climático y de las plagas de insectos, junto con el crecimiento continuado de viviendas en el mundo rural en zonas de alto riesgo de incendio forestal han generado una urgente necesidad de comprensión y gestión del riesgo de incendio en la IUF. La Administración es a todos los niveles responsable en materia de prevención y protección contra los incendios forestales en la IUF (Stewart S. et al. 2007).

El Observatorio Europeo para la Interfaz Urbano Forestal, WUIWATCH Project, fundado por la Dirección General de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea (Acuerdo ECHO/SUB/2014/694556). Define la Interfaz Urbano Forestal como aquella zona generada como consecuencia de la expansión de las áreas urbanas y el abandono de los parajes rurales. De forma que las viviendas y servicios se entremezclan con superficies de vegetación silvestre y por tanto quedan asociadas específicamente al riesgo de incendios forestales. Esto precisa un alto nivel de coordinación entre diferentes agentes. Estas zonas se caracterizan además por la falta de procedimientos claros en materia de prevención y de gestión frente a las emergencias así como de aprendizaje de experiencias anteriores. *“La gestión de los incendios forestales se dificulta enormemente en las áreas forestales que circundan los núcleos urbanos y en las que se dan cita factores singulares. En estas zonas donde se mezcla el terreno forestal con el desarrollo urbanístico, la protección de vidas humanas, propiedades y medio natural obliga frecuentemente a tomar decisiones comprometidas”* (Caballero D., 2015).

Según la Guía Metodológica de Actuaciones de Prevención, Defensa y Autoprotección en la Interfaz Urbano-Forestal publicada en el año 2014 por la Generalitat Valenciana la interfaz urbano forestal está compuesta por *“las áreas donde la población humana y las infraestructuras que le acompañan se entremezclan con la vegetación forestal.”* (Generalitat Valenciana, 2014).

Parece por lo tanto quedar claro que la definición de Interfaz Urbano Forestal incluye los tres elementos principales comentados con anterioridad, la presencia de infraestructuras humanas, la presencia de vegetación en estado silvestre o con escasa gestión y por último la existencia de un riesgo potencial de incendios forestales. Así el Real Decreto 893/2013, de 15 de noviembre, por el que se aprueba la Directriz básica de planificación de protección civil de emergencia por incendios forestales define en el punto 1.4 del Título primero la Interfaz urbano forestal como:

“Zona en las que las edificaciones entran en contacto con el monte. El fuego desarrollado en esta zona, no sólo puede alcanzar las edificaciones, sino que además puede propagarse en el interior de las zonas edificadas, cualquiera que sea la causa de origen.”

Una de las legislaciones más avanzadas en España para la prevención de incendios forestales es la de Extremadura, con su Plan de Prevención de Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma de Extremadura (Plan PREIFEX).

En ellos, ya se puede obtener una idea de cómo caracterizar nuestro Ámbito Periurbano. En su Capítulo I (Disposiciones Generales), en el artículo 2, “Definiciones”, dice así:

“Franja Periurbana – Es la franja donde se aplican las medidas preventivas de incendios forestales en torno a los núcleos urbanos. Se dispondrá de manera sensiblemente circundante, y con una anchura promedio de 400 metros para los núcleos urbanos en Zonas de Alto Riesgo o Protección Preferente, y de 200 metros para el resto de casos. Esta anchura puede ser modificada en función de los condicionantes físicos y requerimientos preventivos contra incendios.”



Figura 50. Grafiado de la zona de IUF de anchura 400 m en verde, grupos de viviendas en rojo.

Fuente: Incendiosurbanoforestales.com 2014.

En este momento surge una nueva duda, ¿a qué se refiere con zonas de alto riesgo? Esta definición la encontramos de nuevo en el Real Decreto 893/2013, de 15 de noviembre, por el

que se aprueba la Directriz básica de planificación de protección civil de emergencia por incendios forestales:

“Zonas de Alto Riesgo de Incendio (ZAR)

Áreas en las que la frecuencia o virulencia de los incendios forestales, y la importancia de los valores amenazados, hagan necesarias medidas especiales de protección contra los incendios y así sean declaradas por la correspondiente Comunidad Autónoma, de acuerdo a la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, modificada por la Ley 10/2006, de 28 de abril.”

En lo que respecta a la Comunidad Valenciana ni la Ley 3/1993, de 9 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, Forestal de la Comunidad Valenciana ni el Decreto 98/1995, de 16 de mayo, del Gobierno valenciano, por el que se aprueba el reglamento de la Ley 3/1993, de 9 de diciembre, Forestal de la Comunidad Valenciana, hacen mención alguna a la IUF.

El Decreto 58/2013, de 3 de mayo, del Consell, por el que se aprueba el Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana, define la Interfaz urbano forestal como la zona en la que se encuentran o mezclan viviendas e instalaciones con vegetación forestal, ya sea en edificaciones dispersas o en el borde de núcleos compactos.

II.6.2 Gestión de la biomasa en la IUF:

Se consideran en este apartado las actuaciones sobre la biomasa cuyo objetivo es reducir el nivel de peligro sobre las infraestructuras en caso de incendios forestales.





Figura 51. Esquema de acción sobre la vegetación.

Fuente: Guía para la planificación de la interfaz urbano forestal, Generalitat Valenciana, 2007.

“Durante el incendio en zonas de interfaz con edificaciones en situación de riesgo, los equipos de extinción tienen que decidir qué edificaciones deben protegerse. Es inútil pretender la protección de edificaciones rodeadas de una masa densa de combustible forestal. Algunos bomberos han pagado este esfuerzo con su vida. Las edificaciones desprotegidas, cuyos dueños no han tomado medidas preventivas, pueden dejar de ser prioritarias en la actuación de los equipos de protección civil. Es necesaria la colaboración de los propietarios para garantizar la defensa de las edificaciones en las zonas de interfaz. En este capítulo se proporciona a los propietarios, comunidades y autoridades concienciadas, información detallada de las opciones más adecuadas para la protección frente el fuego en el interfaz urbano-forestal. Los principales aspectos y líneas de actuación para mitigación del riesgo de incendio en zona de interfaz se organizan en tres ámbitos: manejo de la vegetación, medidas sobre las edificaciones, y sobre la infraestructura de defensa” (Generalitat Valenciana, 2007).

La U.S. Fire Administration (USFA), propone como concepto el de Fire-Adapted Communities, comunidades adaptadas o preparadas frente a los incendios. Este concepto mantiene que con la preparación adecuada de la comunidad en toda su extensión, los humanos y sus infraestructuras pueden resistir frente a los efectos devastadores de los incendios forestales, reduciendo al mínimo el riesgo de pérdida de vidas y propiedades. Esto depende en gran medida de cuan estrecha sea la colaboración entre todos los agentes implicados desde la población, las corporaciones privadas y la administración en toda su vertiente, desde la local hasta la nacional. Que cada uno de los agentes implicados asuma su responsabilidad para mejorar la seguridad de la comunidad en caso de incendio (USFA, 2012).

En lo que respecta a la vegetación La USFA define los siguientes conceptos:

- **Espacio defendible:** Es el espacio que se encuentra entre una edificación y la vegetación que le circunda. Esta área crea una zona de amortiguación entre las estructuras humanas y los incendios, aumentando la capacidad de resistencia de las edificaciones ya sea por radiación o por acción directa del fuego, el radio mínimo de esta área tomando como centro la edificación principal, debe estar entre los 10 y 30 metros.
- **El problema de las pavesas:** Las pavesas y brasas que arrastran las corrientes de aire constituyen un asunto crucial en la IUF. Muchas estructuras no se ven afectadas por la acción directa de las llamas, pero sí por la lluvia de pavesas, estas pueden proceder del frente del incendio aunque se encuentre lejos de las estructuras, pues las pavesas son transportadas por el viento hasta largas distancias. Al caer estas pavesas pueden generar incendios en las infraestructuras, que en numerosas ocasiones no se detectan inmediatamente, del mismo modo estas pavesas pueden quedar latentes e incluso generar incendios después de pasar el frente principal del incendio.
- **Refuerzo de viviendas:** La USFA recomienda igualmente la protección de las viviendas frente a los incendios, así el empleo de materiales con determinada resistencia al fuego en fachadas, ventanas, cubiertas, ventilaciones etc. Puede aumentar las posibilidades de pervivencia de las estructuras en caso de incendio.
- **Área de ignición de vivienda:** Una zona de alto riesgo para las viviendas es aquella incluida en un radio, tomando como centro la vivienda, de 60 metros, dentro de la cual conviene hacer un tratamiento adecuado de las especies para reducir la carga de combustible.



Figura 52. Esquema de las zonas de protección recomendadas por la USFA.

Fuente: U.S. Fire Administration, 2012.

Las actuaciones preventivas que plantea el manual de recomendaciones en la Interfaz Urbano Forestal del FIRESmart Manual publicado por The British Columbia Ministry of Forests, se dividen en tres aspectos:

1. Acciones sobre la masa vegetal en función de las diferentes zonas de prioridad de protección.
2. Tratamientos sobre los elementos constructivos de viviendas y/o edificaciones.
3. Actuaciones sobre las infraestructuras de defensa contra incendios forestales, tanto activas como pasivas.

“Otros factores relevantes en la toma de decisión de la comunidad sobre el manejo de la vegetación son el mantenimiento, las necesidades hídricas, las capacidades de la población, el control de la erosión y los patrones históricos del clima y el comportamiento del fuego. Se proponen recomendaciones de actuación para cada estrategia de manejo de la vegetación. Existen estándares especiales para comunidades con necesidades de protección máxima” (Generalitat Valenciana, 2007).

Del mismo modo el manual FireSmart divide las zonas de protección en función de la prioridad de acción en tres según el siguiente esquema:

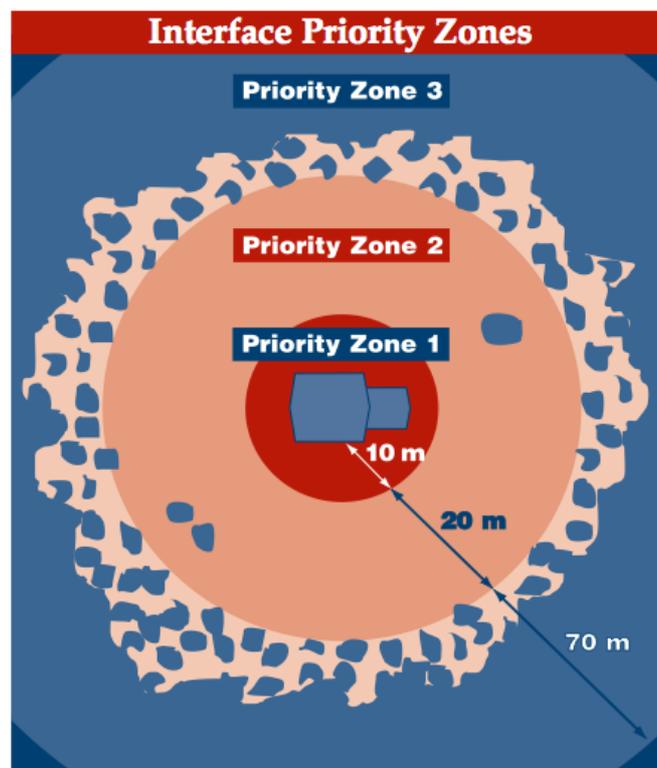


Figura 53. Esquema de zonas de priorización para la planificación preventiva.

Fuente: Home Owners FireSmart Manual, The British Columbia Ministry of Forests, 2003.

Zona prioridad 1: Se refiere al área más próxima a la vivienda o edificio, debe de ocupar un mínimo de 10 metros de diámetro en terreno plano, es el área más importante y se suele denominar “espacio de defensa”. El fin es que en este área la vegetación sea la adecuada para resistir al incendio, por lo general se suele eliminar por completo o componerse de especies que no propaguen el fuego, generalmente la gestión de este área es competencia directa del propietario del edificio.

Zona Prioridad 2: Se refiere al área que se extiende desde el borde exterior de la zona de prioridad 1 y se extiende hasta los 30 metros, el tratamiento que debe sufrir aquí la vegetación es el adecuado para soportar incendios de baja intensidad y con velocidades de propagación reducidas.

Zona Prioridad 3: Se refiere al área que abarca desde los 20 metros de la edificación hasta un mínimo de 70 metros, en estos casos se trata la vegetación cuando existe una combinación de desniveles orográficos con densa vegetación y el tratamiento de la masa vegetal en la zona de prioridad 2 se considera insuficiente.

Las acciones que se realicen para reducir al mínimo el riesgo de incendios forestales consisten básicamente en por una parte evitar el inicio del fuego y por lo tanto erradicar posibles focos de ignición y por otra parte actuar para que en caso de que el fuego se inicie el avance y evolución del mismo sea el menor posible.

“La reducción del riesgo de incendios sobre combustibles capaces de soportar incendios de alta intensidad y velocidad de propagación requiere una intervención significativa: eliminación, reducción o transformación del combustible. Es necesario aplicar estas recomendaciones de actuación sobre la vegetación de acuerdo con las condiciones estéticas y de naturalidad del entorno del área amenazada, llegando a un consenso con la comunidad en el grado de tratamiento admisible y deseable. Los residentes en las zonas de interfaz deben acordar un grado aceptable de reducción del riesgo de incendio previamente a la implantación de las medidas oportunas. Las autoridades competentes deberán apoyar esa fase de diálogo mediante la organización de reuniones y el suministro de información objetiva sobre los pro y contra de las posibles estrategias.” (Generalitat Valenciana, 2007).

Las acciones sobre la biomasa en la zona de prioridad 2 consisten básicamente en podar y reducir la densidad los ejemplares arbóreos de forma que formen espacio entre ellos y así evitar incendios de copas altas de alta intensidad. En esta zona es preferible reducir la densidad de vegetación a eliminarla por completo. Las acciones deberán realizarse sobre todo en especies de coníferas o mixtas, no se recomienda la eliminación de especies caducifolias ya

que estas dificultan la propagación del fuego la mayor parte del año. Aunque el radio de esta zona se extiende entre 20 y 30 metros, en zonas inclinadas conviene aumentar esta distancia sobre todo en el aval. Las acciones sobre la biomasa en esta zona requieren de un importante esfuerzo inicial, no obstante, una vez realizado el trabajo inicial, las labores de mantenimiento son relativamente sencillas.

“La reducción de la vegetación inflamable en la Zona de Prioridad 2 contribuye de manera notable a la minimización del riesgo de incendio. Este tipo de estrategia contempla el aclareo de la cubierta vegetal y la poda de las ramas inferiores. El aclareo conlleva la corta de árboles previamente seleccionados, especialmente aquellos ejemplares de especies inflamables. El objetivo del aclareo es dejar una masa de especies más resistentes al fuego o menos densa. Debe procurarse que las copas no se toquen ni solapen, con objeto de que esta separación dificulte la propagación lateral del fuego de una copa a otra. Las masas continuas de arbolado están poco espaciadas y es habitual el contacto o solape entre copas.” (Generalitat Valenciana, 2007).

Las acciones sobre la biomasa en la zona de prioridad 3 tienen como objetivo el crear una discontinuidad sobre la masa vegetal al efecto de evitar incendios de copas de alta densidad. Es necesario actuar en esta zona en caso de pendiente excesiva o cuando no se haya retirado convenientemente la biomasa en el área de prioridad 2. Al igual que para la zona 2 se recomienda la conservación de ejemplares caducifolios en masas mixtas, por sus propiedades de ralentización de propagación de incendios durante buena parte del año.

II.6.2.1 Labores de aclareo:

“El aclareo conlleva la corta de árboles previamente seleccionados, especialmente aquellos ejemplares de especies inflamables. El objetivo del aclareo es dejar una masa de especies más resistentes al fuego o menos densa. Debe procurarse que las copas no se toquen ni solapen, con objeto de que esta separación dificulte la propagación lateral del fuego de una copa a otra. Las masas continuas de arbolado están poco espaciadas y es habitual el contacto o solape entre copas.” (Generalitat Valenciana, 2007).

Es recomendable eliminar árboles viejos, enfermos o muertos por su bajo contenido en humedad y facilidad para arder y propagar el fuego. Pese a tener valor ecológico como cobijo de biodiversidad es conveniente que no existan en la zona de prioridad 2.

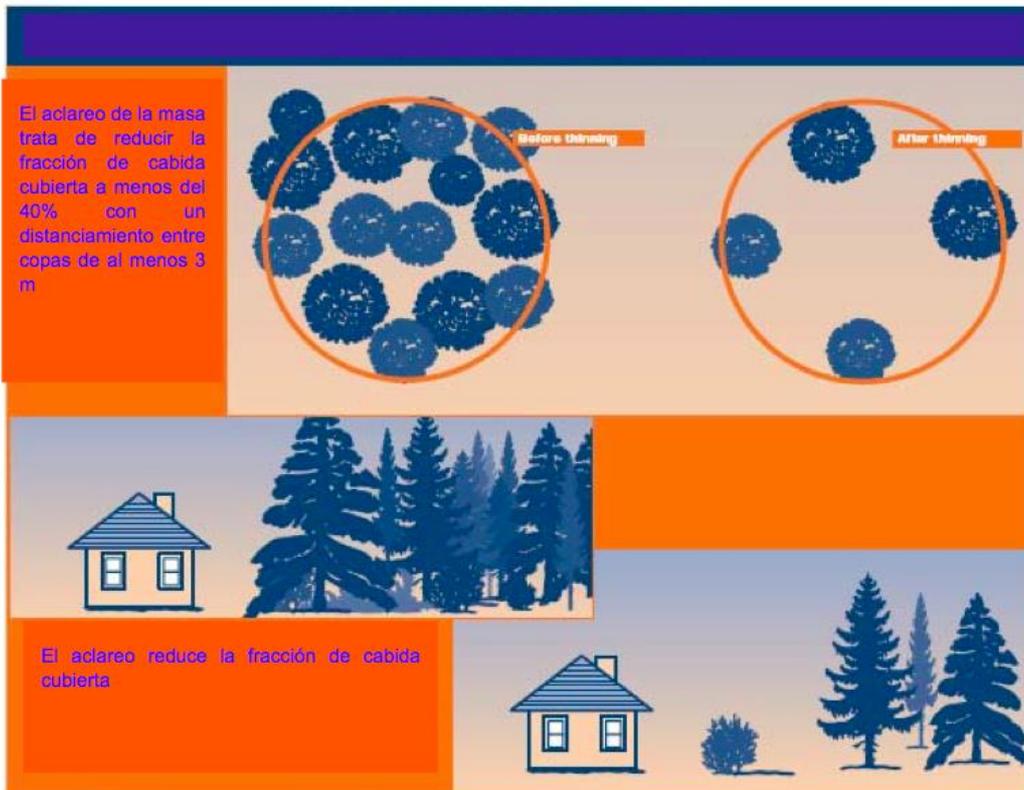


Figure 54. Tratamientos sobre la vegetación en la Zona de Prioridad 2.

Fuente: Guía para la planificación de la interfaz urbano forestal, Generalitat Valenciana, 2007.

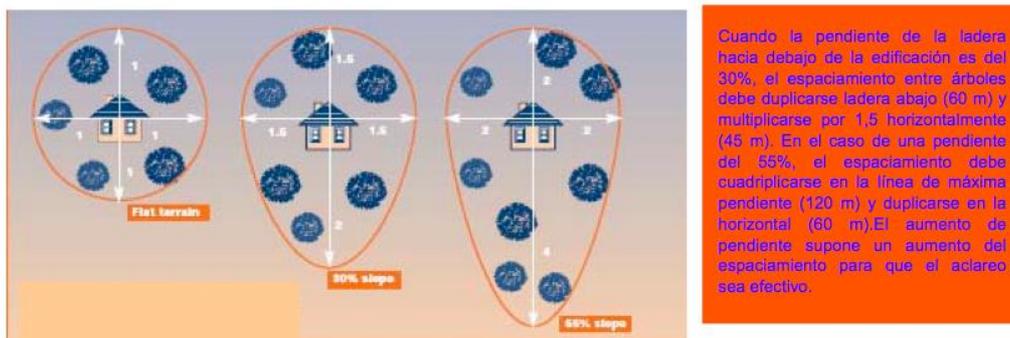


Figure 55. Tratamientos sobre la vegetación en la Zona de Prioridad 2 en ladera.

Fuente: Guía para la planificación de la interfaz urbano forestal, Generalitat Valenciana, 2007.

II.6.2.2 Claras por lo bajo:

Estas labores tienen como objetivo la eliminación de los árboles y arbustos de menor tamaño, su función es, por una parte, reducir la propagación del incendio a nivel del suelo y por otra evitar el desarrollo vertical del mismo hacia las copas.

Se recomienda eliminar los ejemplares que se encuentren bajo el dosel de un árbol de mayor tamaño y altura. En el caso de dejar en pie árboles de distintas edades, es importante aislar

aquellos más jóvenes para evitar la formación de pequeñas masas y con una densidad aproximada de un ejemplar por cada 10 m².

II.6.2.3 Poda de ramas bajas:

Aquellas especies de coníferas de mayor tamaño que acumulan ramas en sus partes bajas constituyen un serio peligro en caso de incendio, por una parte las ramas bajas forman una masa continua en superficie, facilitando la propagación horizontal y por otra parte son una magnífica vía de comunicación del fuego con las copas. Además la tendencia general de crecimiento del árbol hace que las ramas bajas presenten una humedad muy baja, o están directamente muertas, siendo un combustible altamente inflamable.

Es por lo tanto recomendable la eliminación de estas ramas bajas en todas las especies de coníferas. Se considera razonable eliminar todas las ramas bajas vivas o muertas hasta una altura de 2-3 metros desde el suelo.

Esta poda no debe realizarse en ejemplares jóvenes con alturas inferiores a los 10-8 metros, en este caso se debe dejar un espacio alrededor de estos ejemplares de unos 10 m², esto tiene como objetivo la pervivencia de la masa forestal y su diversidad en edad y tamaño.

En el caso de masas cuya especie dominante es el pino, se recomienda realizar la poda solo en los pinos, aquellos árboles no podados deberán aislarse de forma similar a la descrita en el párrafo anterior.

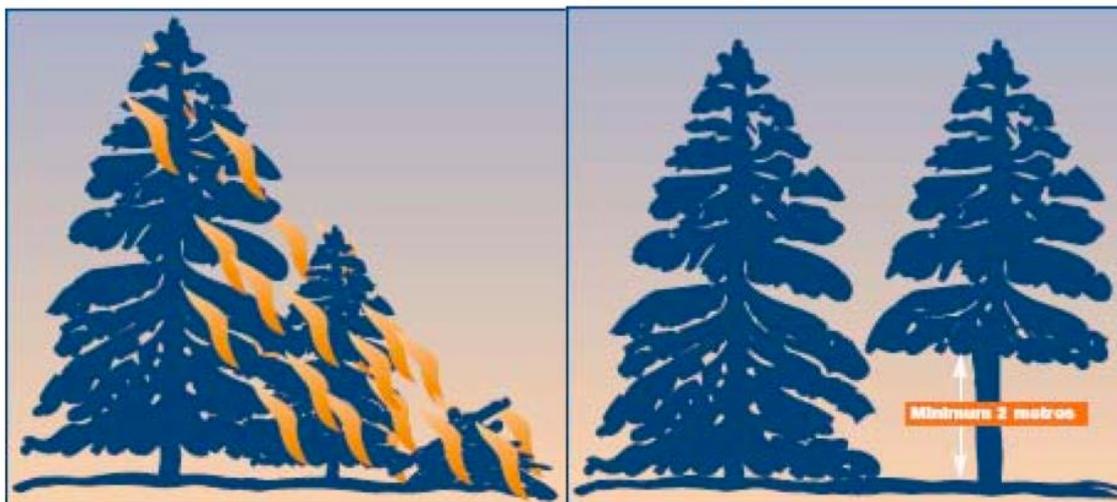


Figure 56. Propagación vertical del fuego y recomendación de poda de ramas bajas.

Fuente: Guía para la planificación de la interfaz urbano forestal, Generalitat Valenciana, 2007.

II.6.2.4 Gestión de los residuos generados:

“El manejo de la vegetación puede producir una cantidad enorme de material que debe ser adecuadamente eliminado. Si este material combustible se abandona en el lugar puede generar riesgo adicional de incendio.” (Generalitat Valenciana, 2007).

La rápida eliminación de los residuos generados en los trabajos de control de la biomasa descritas en los apartados anteriores es absolutamente obligatoria, pues su permanencia sobre el terreno sin tratamiento alguno puede suponer el tanto aumento del riesgo de incendios y como la aparición de plagas.

Los residuos se pueden tratar de diferente forma tal y como se expone a continuación:

1. Transporte a gestor autorizado: Los restos generados pueden cargarse en transportes adecuados y depositarse en plantas de tratamiento del residuo verde. Esta operación suele llevar acarreada costes de transporte y depósito en planta, cuyo coste va en función de las toneladas de residuo. Es recomendable informarse del método de tratamiento y valorización que se le da a los residuos, eligiendo plantas que realicen un aprovechamiento ya bien sea energético u otro modo de reaprovechamiento de la biomasa, que puede por una parte ser transformada en combustible sólido, entrar en digestores de biogás o ser empleado como material estructurante en la fabricación de compost de alta calidad.
2. Astillado y extendido sobre el terreno: Este método consiste en apilar los restos enteros para realizar un astillado mecánico posterior y extender las astillas generadas sobre el terreno. Estas astillas, cuyo contenido en humedad puede ser superior al 40%, no son propagadoras de incendios además de que se descomponen con rapidez siendo una fuente de nutrientes para el suelo y la vegetación circundante. La extensión de la capa de astillas tiene un efecto "mulch" en el terreno, esto quiere decir que retiene la humedad, favorece el crecimiento de la vegetación y ayuda a evitar procesos erosivos del terreno. Al igual que en el caso anterior la trituración y extendido tiene un coste que puede ser elevado en función de las características del terreno y del tipo de biomasa tratada. Generalmente una ejecución adecuada de la extensión de la capa de astilla puede aumentar el coste en mayor medida.
3. Aprovechamiento de leñas: Este suele ser un método tradicional de eliminación de los residuos, que se apilan en montones más pequeños y cerca de vías forestales para que los vecinos de las poblaciones próximas y propietarios de pequeñas industrias artesanales o restauradores, recojan la leña para su aprovechamiento a pequeña escala. Aunque este método tiene un coste menor a los anteriores presenta el problema de tener que hacer las pilas de residuos accesibles y que no existe un verdadero control sobre la eliminación pues no hay certeza sobre el momento de su

retirada y cantidad efectiva, pudiendo quedar restos no retirados que puedan suponer aumento del riesgo de incendio y aparición de plagas.

4. Producción de combustible sólido: Este método consiste en apilar el material vegetal para posteriormente realizar un astillado mecánico sobre el terreno y un transporte de la astilla como producto final una vez alcance humedades inferiores al 30%, o como producto intermedio para la fabricación de pélets o briquetas. Los residuos también puede ser clasificados en troncos y ramaje fino. Los troncos son transportados para la fabricación de astillas o pélets de madera, mientras que el ramaje fino se puede triturar in situ para extenderlo sobre el terreno o ser aprovechado energéticamente. Por último las técnicas de obtención de pélet torrefactado permiten el uso de material sin clasificar por lo que los restos serían retirados en grueso para ser transportados a plantas de hidrólisis termal. Este método tiene el inconveniente del aumento del coste por las acciones de triturado, transporte y posterior tratamiento, si fuera el caso, no obstante permite obtener un combustible con calidad adecuada para ser puesto en el mercado y obtener así una rentabilidad que puede ayudar a paliar parte o la totalidad de los trabajos de eliminación de los residuos.

II.6.2.5 Quemadas prescritas para el control de la vegetación:

Las quemadas prescritas consisten en *“pequeños fuegos controlados en épocas húmedas que no afectan a las especies arbóreas y ayudan a eliminar combustible muerto seco”*. *“El uso preventivo del fuego mejora la formación del operativo”*. *“Practicando en tiempos de paz, se es más eficiente en tiempo de combate”*. (Dalmau F., 2017)

El empleo del fuego mediante la ejecución de quemadas prescritas se constituye como una herramienta útil para el control de la vegetación, con diferentes usos o aplicaciones: medida preventiva y pre-supresora de incendios forestales, la preparación del terreno para la regeneración natural o artificial, el manejo de la composición de especies, la sucesión y la competencia, el control de plagas y enfermedades forestales, la producción de pastos para ganado y fauna silvestre, medio de capacitación y educación, etc. Sin embargo, las quemadas conllevan una serie de riesgos que hacen necesario la planificación de su aplicación en el territorio (Generalitat Valenciana, 2013).

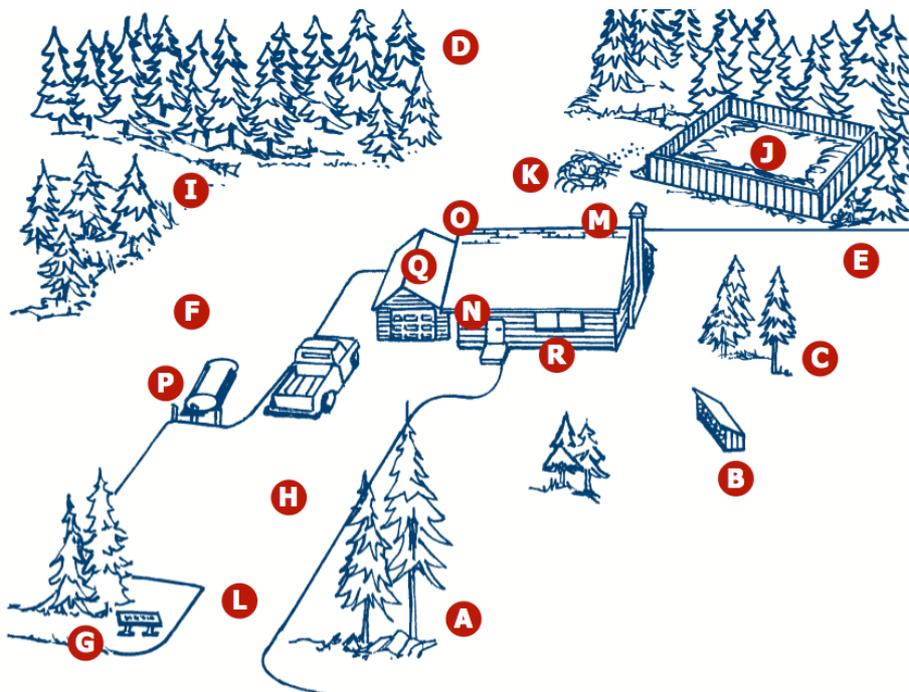
“La prescripción de quema define el rango aceptable de temperatura, humedad relativa, humedades de los combustibles y dirección y velocidad del viento para alcanzar el objetivo deseado. También esquematiza los trabajos a realizar durante la quema, desde la ignición a la liquidación; e incluye una descripción de la vegetación y de sus especies, de la pendiente y de la exposición, así como el propósito de la quema. También, se debe preparar una estimación de impacto ambiental. Por último, debe contener mapas, estimación de costes, objetivos,

descripción del área”, y también, un seguimiento del grado de cumplimiento de los objetivos (Molina, D. 2000).

Durante el año 2015 en materia de prevención de incendios el equipo de estadísticas del Área de Defensa contra Incendios Forestales, destaca entre otras acciones, “el tratamiento de 1.888 hectáreas mediante la ejecución de 274 quemas controladas, todas ellas conducentes a reducir el riesgo de incendios forestales disminuyendo el combustible y creando discontinuidades en la vegetación, al tiempo que se alcanzan otros objetivos como la mejora de pastos, favorecer el hábitat de diversas especies o mejorar la accesibilidad en el monte, entre otros”. Sin embargo se prepararon 899 parcelas para la realización de quemas, aunque las condiciones meteorológicas no permitieron la ejecución de todas ellas (MAGRAMA, 2016).

II.6.3 Incendios en la IUF:

“Desde el punto de vista de los medios de extinción de incendios, la IUF tiene unas características propias que hasta el momento no se han mencionado, ya que la ocurrencia de incendios en este tipo de zona implica la activación de una respuesta a emergencia integral, debido a que no sólo hay que contemplar la vertiente de daño medioambiental que puede provocar el incendio, sino que frente a ello hay que anteponer la protección de personas y bienes materiales. Esto implica una activación de diferentes medios de emergencias y seguridad, los cuales sólo pueden ser coordinados de manera eficiente bajo un único puesto de mando, figura que no todas las comunidades tienen aprobada en sus procedimientos operativos.” (Canales P., 2015).



A. Poda de ramas bajas hasta una altura mínima de 2m.

- B. Apilados de madera o combustible sólido a distancia superior a 10 de las viviendas.
- C. Eliminación de todos los árboles, arbustos, matorral, restos vegetales a e incluso pinocha en un radio mínimo de 10 metros de las viviendas.
- D. Reducción de la densidad arbórea con una separación de 6 metros para los árboles que se encuentren a 30 metros de las viviendas.
- E. Eliminación de toda la vegetación que se encuentre bajo las líneas de suministro.
- F. El terreno y la hierba que se encuentre a menos de 10 metros de las viviendas debe de ser humedecida de forma periódica mediante riegos.
- G. Identificar con claridad nombre, dirección, datos y número de los residentes para facilitar las labores de los medios de extinción y evacuación.
- H. El ancho de las vías y caminos de acceso es suficientemente ancho y espacioso para la entrada y salida de vehículos de extinción.
- I. Es necesario que exista una vía de salida alternativa a la principal.
- J. Existencia de un estanque o balsa de emergencia con reserva de agua.
- K. Existencia de un quemador de residuos vegetales alejado de la vivienda más de 10 metros.
- L. En las vías de acceso debe de realizarse clareo de árboles a una distancia de 3-4 metros desde el margen lateral de la vía.
- M. Las salidas de humos deben de tener mallas que eviten por completo la salida de chispas o pavesas.
- N. Las ventilaciones de las viviendas deben de poder clausurarse en caso necesario.
- O. Los materiales de construcción de fachadas, cubiertas y carpinterías deben de presentar cierta resistencia al fuego.
- P. Los depósitos de GLP deben de estar a más de 10 metros de distancia de las viviendas, limpiando por completo toda la vegetación circundante en una radio de 3 metros.
- Q. Es conveniente el uso de retardantes al fuego en las cubiertas y en los paramentos exteriores.
- R. Persianas, contrapuertas o contraventanas de metal ayudan a la protección en caso de incendio.

Figura 57. Esquema de acciones a tener en cuenta en caso de incendio forestal en la IUF.

Fuente: Home Owners FireSmart Manual, The British Columbia Ministry of Forests, 2003.



Figura 58. Resultado de vivienda adecuadamente protegida.

Fuente: <http://www.napafirewise.org>, 2017.

El DECRETO 58/2013, de 3 de mayo, del Consell, por el que se aprueba el Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana recoge en su artículo 32 las condiciones de seguridad que debe cumplir la IUF:

“Artículo 32. Condiciones de seguridad en la interfaz urbano-forestal

1. La zona de discontinuidad entre los terrenos urbanos y las formaciones de vegetación forestal ha de tener la anchura correspondiente a un área cortafuegos de orden dos, según la metodología establecida por el Plan de Selvicultura Preventiva de la Comunitat Valenciana, aplicando una corrección en función de la pendiente. La anchura mínima será de veinticinco metros, más un vial de cinco metros de anchura, según marca el artículo 25bis del Decreto 67/2006, de 19 de mayo, del Consell. Dicha distancia se ampliará en función de la pendiente del terreno, alcanzando, como mínimo, los cincuenta metros cuando la pendiente sea superior al treinta por ciento. En el caso de los establecimientos industriales de riesgo medio y alto situados en lugares de viento fuerte, la discontinuidad será de cincuenta metros en el lado de los vientos más desfavorables.

2. Las viviendas aisladas situadas en entornos forestales, o colindantes a los mismos, deberán disponer de un área de defensa frente al riesgo de incendios forestales de, al menos, treinta metros. Dicha distancia se ampliará en función de la pendiente del terreno, alcanzando, como mínimo, los cincuenta metros cuando la pendiente sea superior al treinta por ciento. Estas anchuras podrán reducirse cuando se incorporen infraestructuras que propicien la misma protección frente al incendio forestal que la franja, tales como muros.

3. La responsabilidad de la ejecución y mantenimiento del área de defensa o zona de discontinuidad corresponde al propietario o propietarios de las viviendas o terrenos urbanos.

4. Cuando la distancia del suelo urbano al terreno forestal sea menor de cien metros deberán realizarse las siguientes actuaciones:

a) En la vegetación interior de la zona urbanizada, que incluya solares, rotondas y jardines particulares y públicos, se reducirá el estrato arbóreo a una fracción de cabida cubierta por debajo del cuarenta por ciento y el arbustivo por debajo del diez por ciento.

b) Poda del arbolado hasta dos tercios de su altura y un máximo de tres metros.

c) Evitar el contacto de la vegetación con las edificaciones, separando las ramas de cualquier tipo de construcción, ya sea auxiliar o principal, a una distancia mínima de tres metros.

d) No acumular residuos o material combustible (leñas, restos de jardinería y otros) o situarlos en zonas protegidas de un eventual incendio.

e) Evitar los setos vivos como elementos de cierre de parcelas.

5. La Administración promoverá la aprobación de una normativa respecto a la prevención de incendios en la interfaz urbano-forestal en la que se regule, entre otras, las obligaciones de los propietarios en la realización y mantenimiento de los espacios de defensa, ya sea individualmente o en órganos de gestión o juntas de propietarios.”

II.6.3.1 Origen de los incendios forestales que afectan a la IUF.

“De forma general, las causas de los incendios forestales se clasifican en cinco grandes grupos: rayo, negligencias y causas fortuitas, intencionados, desconocidas y reproducciones de incendios anteriores”. “La intencionalidad incluye tanto la acción dolosa como la culposa del causante y, por ello, se incluyen las quemas agrícolas, de eliminación de matorral y de regeneración de pastos que se dejan arder de forma incontrolada, abandonando el causante el lugar, y pasan al monte, aunque no sea intención del autor hacer daño en otros terrenos forestales.” Respecto a las motivaciones destacan aquellas relacionadas con “quemas agrícolas y ganaderas, así como pirómanas, venganzas y las relacionadas con problemas de caza.” (Ministerio de Medio Ambiente, 2006).

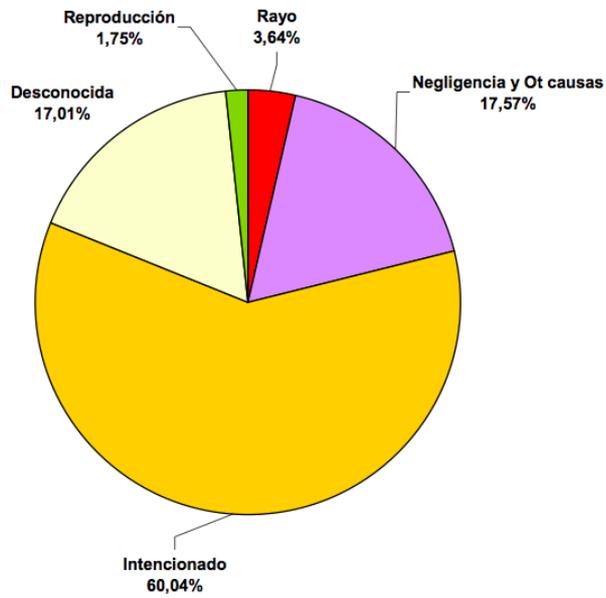


Figura 59. Siniestros por causa. Decenio 1996-2005.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2005.

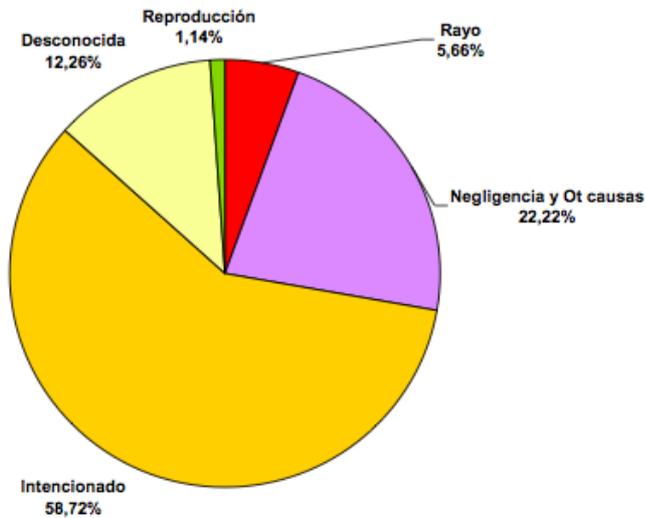


Figura 60. Superficie forestal afectada por causa. Decenio 1996-2005..

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2005.

Más del 60% de las causas de los incendios forestales se deben a actos intencionados, el 78% de los incendios están causados por factores antrópicos, además estos siniestros son los que afectan a una mayor superficie generando el 80,94 % de la superficie forestal calcinada durante el decenio 1996 a 2005.

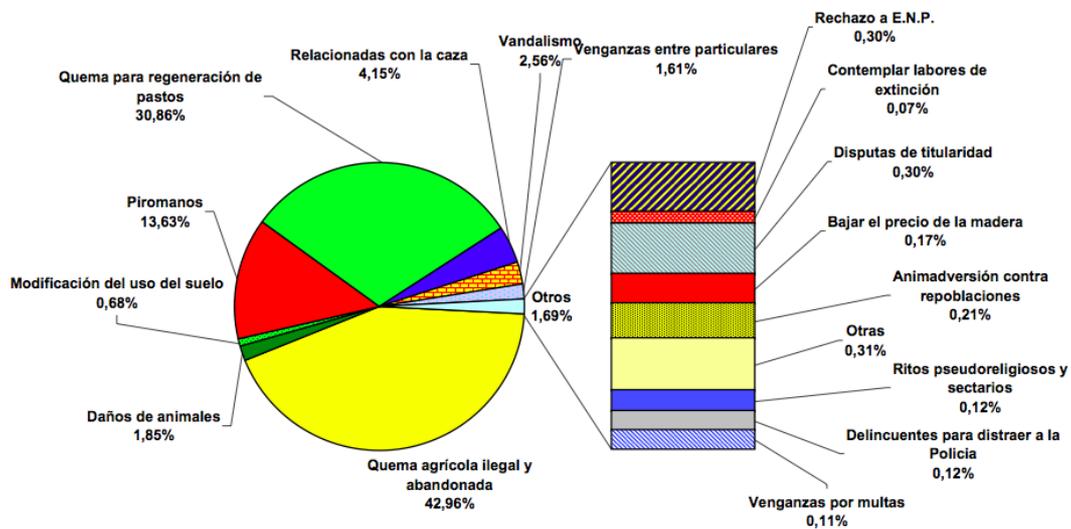


Figura 61. Motivaciones de los Incendios Intencionados. Decenio 1996-2005.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente 2005.

El uso del fuego relacionado con la actividad agrícola, ya sea como quemas ilegales o incontroladas o quemas para la recuperación de pastos, está detrás del 72% de las motivaciones de los incendios intencionados.

Las conclusiones del Área de Defensa contra Incendios Forestales, de la Subdirección general de política forestal y desertificación del Ministerio de Medio Ambiente, tras el decenio 1996-2005, ya preveían lo que está sucediendo actualmente, y es que se tendrían a “estabilizar ó incluso reducir el número de siniestros y que la mayoría de los incendios forestales serian controlados más rápidamente. Por el contrario, habría un reducido número de fuegos que escaparían del ataque inicial alcanzando grandes dimensiones y serían responsables de la mayoría de los daños. Hay varios elementos estructurales que contribuyen a la ocurrencia de los grandes incendios.

- La creciente acumulación de combustibles en los montes provocada por la falta de rentabilidad de los aprovechamientos forestales y el empleo de combustibles fósiles, el abandono de los cultivos agrícolas que hacen de áreas cortafuegos y la reducción de la ganadería extensiva que contribuye a reducir el combustible favorecen la existencia de grandes espacios continuos de vegetación natural con gran carga de combustible sin elementos de corte necesarios para la frenar el desarrollo de los grandes incendios.
- El envejecimiento de la población rural y despoblamiento de amplias zonas del interior del país reduce la mano de obra cualificada para los trabajos de mantenimiento del espacio forestal y la dotación de personal de las brigadas de extinción.
- La cada vez mayor superficie de la interfaz urbano-forestal y la necesaria obligación de anteponer la defensa de vidas y bienes humanos frente al propio espacio forestal facilitan el desarrollo de los grandes incendios.

- *El incremento de las temperaturas provocado por el cambio climático aumentará las condiciones de aridez de la península ibérica. La previsión de cada vez más frecuentes episodios de largas sequías y situaciones puntuales de fuertes vientos favorecerán las condiciones de propagación del fuego necesarias para la ocurrencia de incendios de grandes dimensiones.” (Ministerio de Medio Ambiente, 2006)*

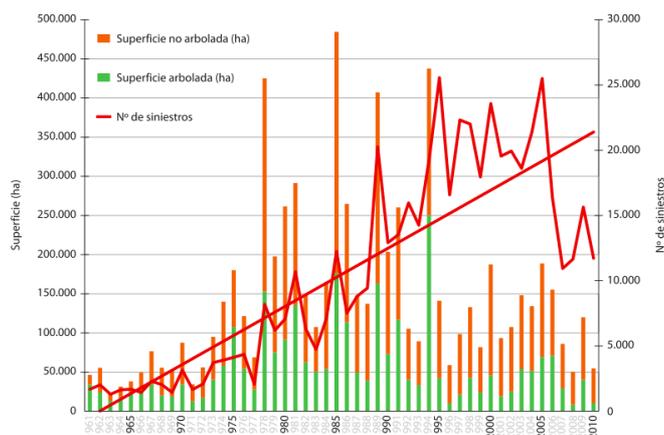


Figura 62. Evolución del número de siniestros y superficies afectadas, 1961-2010

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012.

“La tendencia del número de siniestros en el periodo comprendido entre 1961 y 2010 es creciente. En este análisis hay que tener en cuenta la mejora de la recogida de la información a lo largo de los años que ha permitido en la actualidad el registro de todos y cada uno de los siniestros forestales, aunque en ellos no hayan intervenido medios de extinción, mientras que esto no era así en las décadas de los sesenta y setenta. En el periodo 1991-2000 se dobla el número de siniestros respecto del decenio anterior, alcanzándose una media de 19.097 siniestros al año, disminuyendo esta hasta 17.127 en el periodo 2001-2010, debido a los años 2007- 2010, periodo en el que se aprecia por primera vez una tendencia decreciente.

El análisis de las superficies afectadas sin embargo nos revela una evolución diferente, siendo la tendencia creciente hasta mediados de los años 90, y sufriendo posteriormente un notable descenso, debido, no a la disminución en el número de siniestros, si no, a la implementación y constante crecimiento de los dispositivos de extinción de incendios forestales autonómicos tras el traspaso de competencias de los años 80 y el incremento de su eficacia.” (Cubo, M. et al. MAGRAMA 2012).

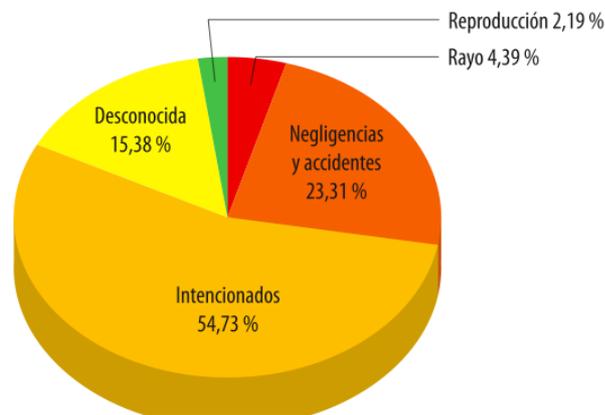


Figura 63. Número de siniestros por causa, 2000-2010

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012.

Durante el decenio comprendido entre los años 2000 y 2010, más del 84% de los incendios o conatos tiene causa conocida. *El 78 % del total de los siniestros tienen origen antrópico, bien sean debidos a negligencias y causas accidentales, bien sean intencionados, afectando éstos al 82,6 % de la superficie total forestal.* (Cubo, M. et al. MAGRAMA 2012).

Nuevamente en el decenio 2000 a 2010 el uso del fuego como herramienta agrícola está detrás de más de la mitad de los siniestros, en el caso de los accidentes y negligencias que suponen más del 23,31% de los incendios y 23,15% de la superficie afectada, aquellos relacionados con la actividad agrícola se sitúan cerca del tercio 8,21%, afectando al 5,17% de la superficie.

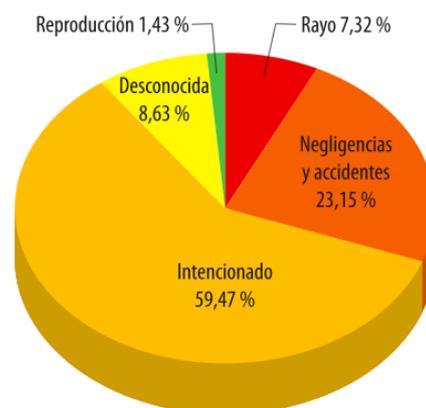


Figura 64. Superficie forestal afectada por causa, 2000-2010

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012.

Cabe destacar que en la región mediterránea las negligencias suponen el 46,14% de los siniestros, calcinando junto con los intencionados el 85% de la superficie forestal.

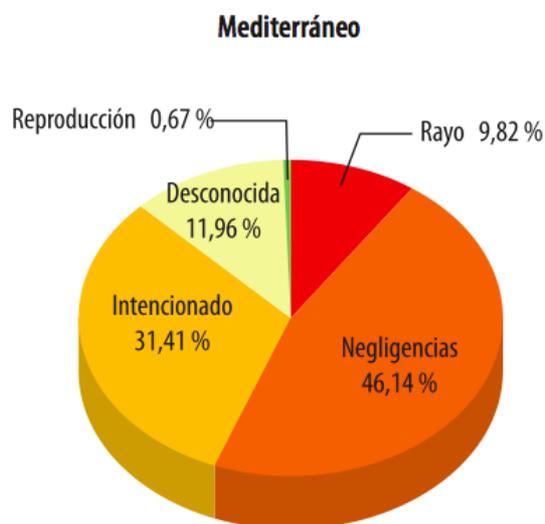


Figura 65. Siniestros por causa y área geográfica, 2000-2010
 Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012.

Del mismo modo en cuanto a las motivaciones, destacan nuevamente las quemas agrícolas y ganaderas para la regeneración de pastos alcanzando el 68% del total de siniestros intencionados. En cuanto a los grandes incendios es en Galicia y el Noroeste donde más incide la intencionalidad, distribuyéndose de forma heterogénea por el resto de territorio.

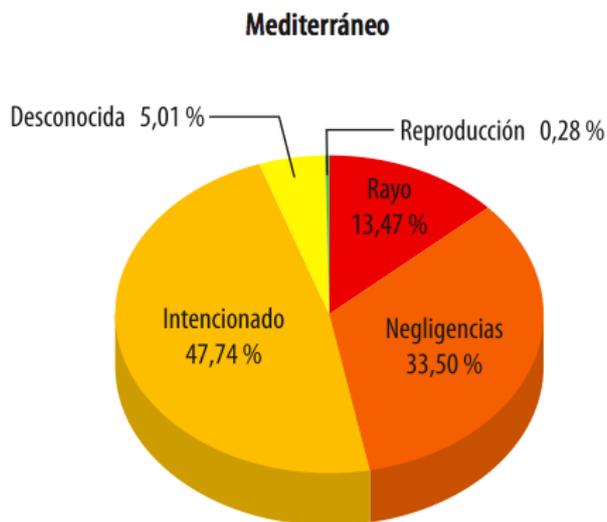


Figura 66. Superficie afectada por causa y área geográfica, 2000-2010
 Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012.

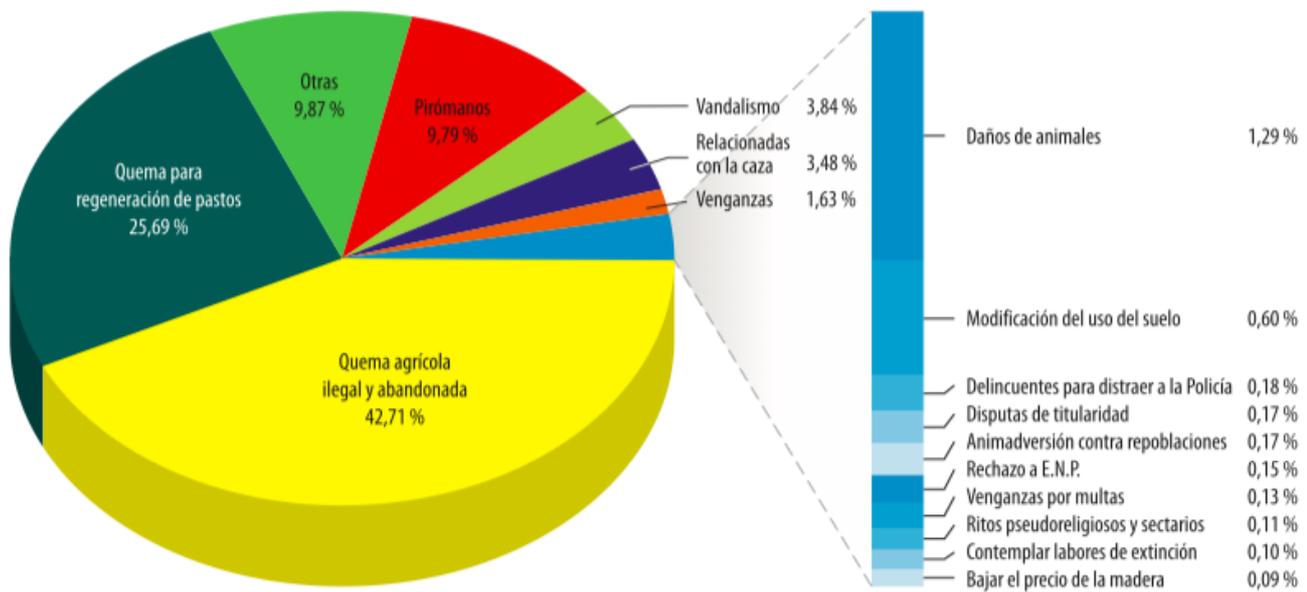


Figura 67. Motivaciones de incendios intencionados, 2001-2010

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012.

Respecto a la evolución de los incendios a lo largo de los años siguientes al decenio 2000-2010 cabe destacar sobre todo la menor siniestralidad. No obstante ocurre lo contrario con la superficie afectada, apareciendo un pico destacable en el año 2012 debido a los incendios ocurridos en el mes de junio en la Comunidad Valenciana.

La región Noroeste registra un mayor número de incendios con el 52,29%, seguida de las Comunidades Interiores con el 31,44%, la región Mediterránea y Canarias con el 15,49% y el 0,77% respectivamente.

Considerando la superficie forestal afectada, la región Noroeste representa el 53,70% del total, seguida por la región de las Comunidades Interiores 29,35%, la región del Mediterráneo 16,8% y, con valores muy inferiores, Canarias 0,10% (MAGRAMA, 2016).

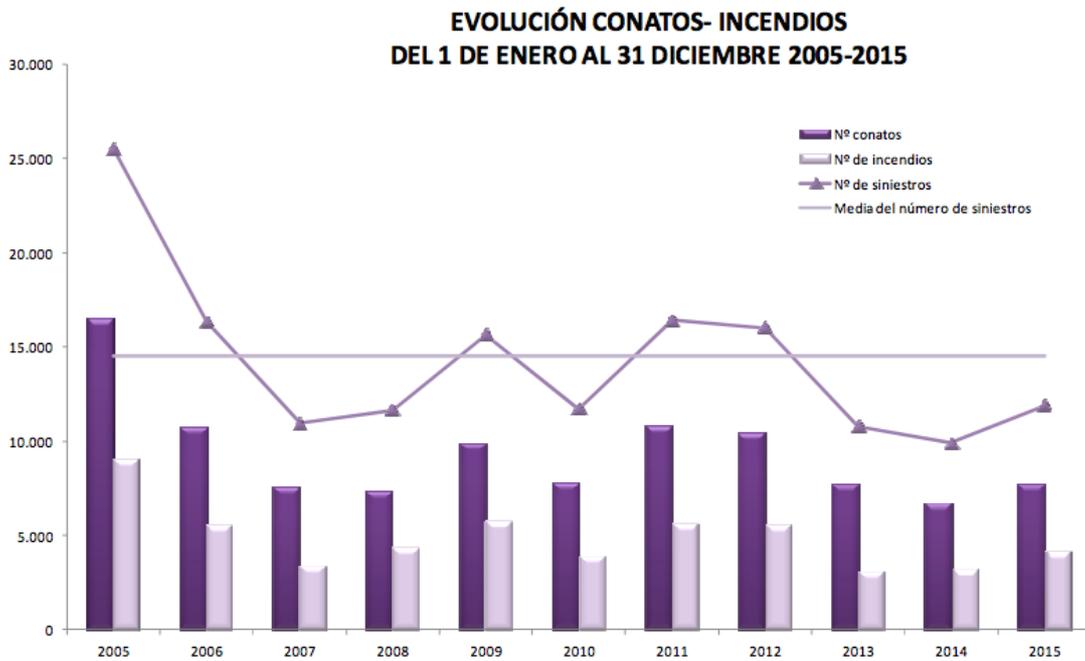


Figura 68. Evolución conatos incendios 2005-2015

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2016.

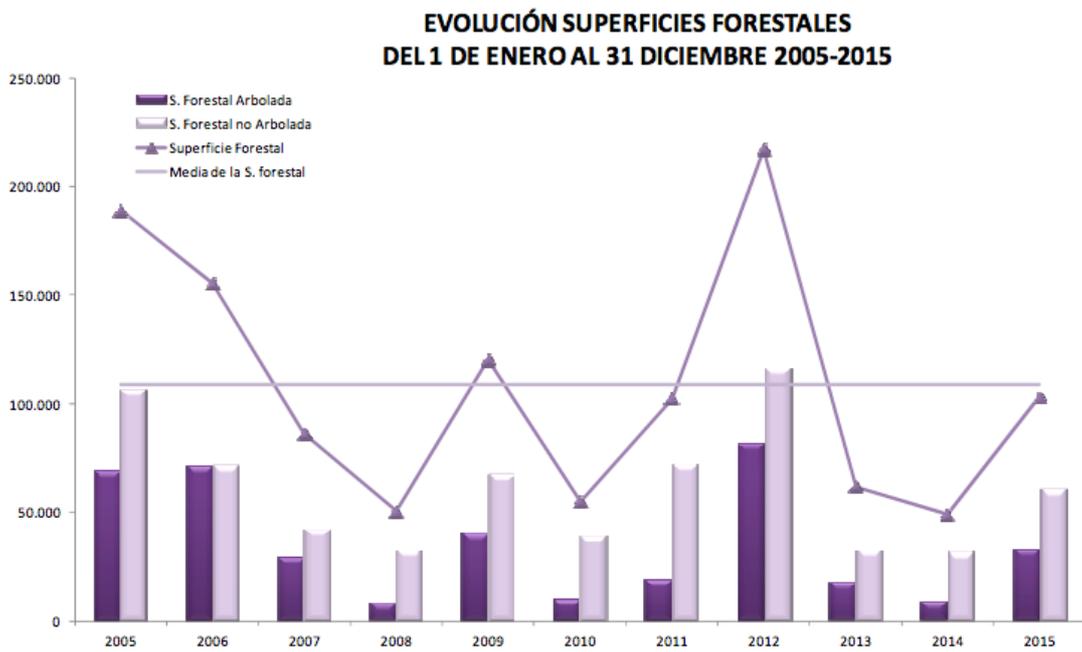


Figura 69. Evolución superficie forestal afectada 2005-2015

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2016.

II.6.3.2 Incendios de sexta generación:

Los incendios evolucionan, “el abandono de usos, costumbres y espacios ha provocado progresivamente la desvinculación de la cultura agroforestal rural en favor de una perspectiva urbana en las sociedades modernas durante la segunda mitad del siglo XX” (Dalmau F, 2017). La falta de actividad poco a poco ha favorecido el crecimiento exacerbado de la vegetación. Esto unido a la inexistencia de políticas y gestión forestal provocan incendios cada vez más graves.

- *“Mayo de 2016 un incendio forestal en Canadá impacta contra la ciudad de Fort McMurray (Alberta),. La ciudad desaparece. El fuego obliga a evacuar a sus 80.000 residentes, destruye más de 2.400 casas y quema 590.000 hectáreas antes de ser controlado el 5 de julio de 2016. Según la MacEwan University (Edmonton, Canadá) el fuego de McMurray provoca daños por un coste de 8,86 billones de dólares (miles de euros). 2 muertos durante la evacuación.*
- *Agosto de 2016 en Madeira se produce un incendio devastador que genera 1.000 evacuados, destruye a Funchal (la capital de la isla) más de 300 edificios. Genera daños por importe de más de 61 millones de euros a más de 80 heridos y 4 muertos.*
- *Enero 2017. Entre los días 18 de enero y 5 de febrero de 2017 un incendio forestal en Las Máquinas, en la Región del Maule, en Chile, crema en 14 horas 115.000 hectáreas. El ROS (Rate Of Spread) o tasa de propagación del fuego fue de más de 8.000 hectáreas / hora. En total, en ese incendio, se quemaron 467.536 hectáreas. Y solamente los trabajos de extinción (sin contar daños), en ese incendio, costaron según el Gobierno Chileno, 25.240.210 €. Hubo 11 víctimas mortales. Es considerado el primer incendio de 6ª generación.*
- *Junio 2017. Incendio de Knysna - Western Cape, Sudáfrica. Provocado por un rayo. 7 muertos. En el mismo mes, Incendio de Pedrógão Vrande - Leiria, Portugal. Entre el 17 y el 24 de junio de 2017, un incendio provocado por un rayo provoca 64 muertos y más de 130 heridos.*
- *Julio - Agosto 2017. La Gendarmería francesa registra en poco más de 3 semanas 131 incendios forestales que provocan la muerte de 9 personas y quemaduras graves a otros 17.*
- *Octubre 2017. Incendio de la ciudad de Santa Rosa (Tubb fire) - California, EEUU. 5.700 casas y otras estructuras destruidas. Aproximadamente 100.000 personas evacuadas. Daños directos por un importe de 86 billones de dólares. 185 personas heridas y 42 muertas. Miles de personas lo pierden todo.*
- *Octubre 2017 incendios simultáneos Portugal - Galicia coincidiendo con la llegada del Huracán el Ophelia, fuera de campaña. 43 muertos en Portugal, y 4 muertos en Galicia*

en un episodio que colapsa la estructura de emergencias en Galicia. Rodea la ciudad de Vigo provocando una situación dramática.” (Dalmau F., 2017).

- Noviembre 2018. Camp Fire, el incendio más devastador en la historia de California, con un saldo provisional de 85 muertos y 249 desaparecidos, El incendio afectó a más de 62.000 hectáreas, incluyendo la ciudad de Paradise donde habitaban 26.000 personas y que se calicínó en las primeras cinco horas del incendio, mientras sus habitantes trataban de huir por carretera en un atasco desesperante. (Ximenez P. 2018).

“Los incendios forestales suponen un riesgo importante a escala mundial, con 3-4 millones de hectáreas quemadas cada año en todo el mundo (aproximadamente un 3% de la vegetación existente). Entre los años 1984 - 2013, los fuegos forestales habían causado 1.940 muertes directas. Esto supone unas 65 víctimas por año. En lo que va de 2017, solo en los incendios descritos, ya murieron 180 personas. Esto supone un 276% respecto de la media de la serie de 30 años referida.” (Dalmau F., 2017).

Generación	Descripción	Tipo de incendio
Primera Años 1950 a 1960	La continuidad del combustible permite incendios de grandes perímetros. Las tierras de cultivo ya no actúan como interruptoras del combustible o permiten el anclaje de operaciones de extinción. Se inician los cambios socioculturales sobre el uso y aprovechamiento de los bosques y las tierras agrícolas.	Incendios que queman entre 1.000 y 5.000 has. Fuegos de superficie principalmente impulsados por el viento.
Segunda Años 1970 a 1980	Mayor velocidad de propagación. La acumulación de combustible permite incendios más rápidos y emisión de pavesas de gran tamaño. La velocidad del incendio supera las líneas de defensa. Se consolida el cambio de usos y costumbres socioeconómicas. Abandono de entornos rurales.	Incendios de 5.000 a 10.000 has. Fuegos impulsados por el viento y favorecidos por la topografía.
Tercera Años 1990 a 2000	Mayor presencia de núcleos residenciales en áreas forestales (IUF). Vinculación urbana con espacios forestales basada en el ocio. Gran intensidad. La acumulación del combustible permite la continuidad de copas, resultando fuegos de copas y grandes columnas convectivas. Fuegos ubicados fuera de la capacidad de control o con pocas oportunidades de ser controlados. Los incendios cambian rápidamente de comportamiento adelantándose al a información transmitida por la cadena de mando de los Servicios de Emergencia.	Fuegos de copas y emisión de pavesas a gran distancia. Incendios de 10.000 a 20.000 has. Olas de calor extremas que alimentan incendios de alta intensidad. Mayor presencia de población civil en zonas forestales y por lo tanto mayor riesgo.
Cuarta A partir del año 2000	Consolidación del abandono rural en favor de entornos urbanos. Proliferación de áreas clasificadas como IUF. Cada vez es más común ver zonas residenciales o industriales afectadas por incendios forestales.	Incendios que pueden comenzar y extinguirse dentro de la IUF, se queman superficies superiores a 1.000 has. Tienen gran afección

		sobre las poblaciones.
Quinta A partir del año 2000	Mega Incendios. Diversas zonas de riesgo dentro de la IUF afectadas de forma simultánea por grandes incendios que además son rápidos y extremadamente intensos. Colapso de los Servicios de Emergencias en muchos casos.	Fuegos simultáneos de copas que afectan varias áreas dentro de la IUF. Se producen durante olas de calor extremas que contribuyen a expandir y agrandar los incendios.

Tabla 24. Evolución de los tipos de incendios

Fuente: *The changing face of wildfires Castellnou M y Miralles M., 2009.*

Un incendio de 6ª generación muestra claramente un cambio de tendencia, estos incendios se basan en el cambio climático y son por lo tanto una consecuencia. Su causa está determinada no solo por la sequía si no por la extrema aridez. Las regiones forestales que se sitúan en el exterior del rango climático adecuado para su supervivencia son altamente susceptibles de incendiarse. Estos incendios provocan tanta energía que además de tener una atmósfera favorecedora, que aprovechan y modifican, dando lugar a las llamadas tormentas de fuego. (Castellnou M., 2017).

“Según datos de la Generalitat Valenciana, entre 2005 y 2015 los espacios agroforestales valencianos sufrieron 4.444 incendios que quemaron 90.436,99 hectáreas. De estos, sólo 19 superaron las 500 hectáreas (GIF). Un 0,43% del total son responsables del 82,26% de la superficie quemada (74.397,51 hectáreas). Esto implica que en el 99,57% de los casos los Servicios de Emergencias apagan el fuego antes de hacerse grande (gran tasa de éxito). Pero cuando se les escapa (normalmente en días de meteorología extrema) se desencadena la tragedia. Hay que entender que la aridez extrema durante buena parte del año implica una desestacionalización del riesgo. Por lo tanto, un gran incendio puede producirse también en invierno. Además, las personas que viven en zonas de alto riesgo deben entender que la única forma de evitar fatalidades pasa por esa prevención y para la adopción, a escala particular, de medidas de autoprotección.” (Dalmau F., 2017).

II.6.3.3 Análisis energético de los incendios de Cortes de Pallas y Andilla, Junio / Julio 2012.

El jueves 28 de junio de 2012 una imprudencia en la instalación de unas placas solares fotovoltaicas inició el incendio de Cortes de Pallás, al día siguiente, viernes 29 de junio a media tarde, una quema incontrolada de rastrojos dio lugar al incendio de Andilla, ambos provocarían la tragedia forestal más grave en la Comunidad Valenciana desde el año 1994.

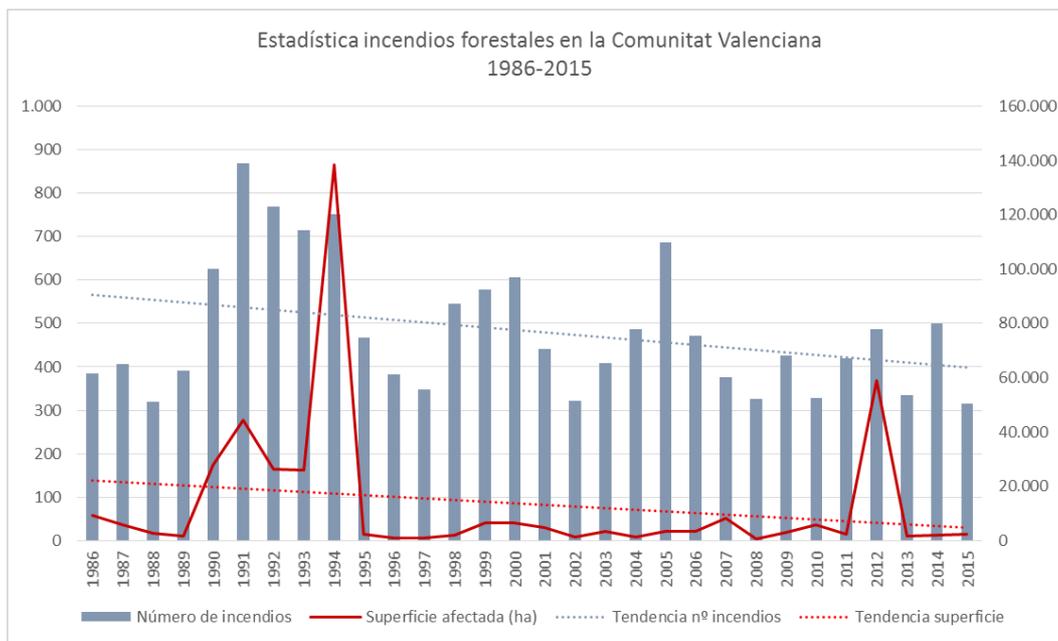


Figura 70. Estadística incendios 1986-2015 en la Comunidad Valenciana.

Fuente: Generalitat Valenciana, 2017.

Fecha	Hora	Municipio	Comarca	Paraje	Causa	Arbolada	Rasa	Total
28/06/2012	00:00	Barx	LA SAFOR		Motores y máquinas	1,00	0,00	1,00
28/06/2012	00:00	Cortes de Pallás	EL VALLE DE COFRENTES-AYORA		Motores y máquinas	5.823,28	23.055,82	28.879,10
29/06/2012	00:00	Andilla	LOS SERRANOS		Otras negligencias	8.556,36	895,29	9.451,65
30/06/2012	00:00	Vilamarxant	EL CAMP DEL TÚRIA		Intencionado	0,00	2,00	2,00
30/06/2012	00:00	Vilamarxant	EL CAMP DEL TÚRIA		Intencionado	0,00	1,25	1,25
30/06/2012	00:00	Vilamarxant	EL CAMP DEL TÚRIA		Intencionado	0,00	0,01	0,01
01/07/2012	00:00	Mogente/Moixent	LA COSTERA		Intencionado	0,14	0,00	0,14
01/07/2012	00:00	Albaida	LA VALL D'ALBAIDA		Intencionado	0,00	0,10	0,10
01/07/2012	00:00	Requena	LA PLANA DE UTIEL-REQUENA		Hogueras	0,01	0,00	0,01
01/07/2012	00:00	Sagunto/Sagunt	EL CAMP DE MORVEDRE		Rayo	0,00	1,50	1,50

Tabla 25. Estadística incendios del 28/06 al 01/07 2012 en la provincia de Valencia

Fuente: Generalitat Valenciana, Prevencionincendios.gva.es, 2017.

Sólo el incendio iniciado el 28 junio de 2012 en Cortes de Pallás, quemó 28.879 has. Se convirtió así en el segundo más grave del siglo XXI después del siniestro de Río Tinto (Huelva), que en 2004 hizo arder 29.867 has. por su parte el iniciado en Andilla calcinó 9.451 has, entre los dos siniestros se vieron afectados 21 municipios, 3.000 personas fueron desalojadas, se emplearon 1.300 medio terrestres y más de 40 unidades aéreas incluida la Unidad Militar de Emergencias, además hubo que lamentar dos heridos graves y un fallecido en sendos accidentes de helicópteros durante las labores de extinción.

El ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente emitió una petición ante el Fondo Europeo de Solidaridad cifrando las pérdidas económicas causadas por los incendios en 90 millones de Euros, alertando además sobre la degradación de los ecosistemas a consecuencia de los daños, advirtiendo que la región podría verse afectada por una grave degradación de sus ecosistemas forestales, por la despoblación de las zonas rurales y el abandono de las explotaciones agrícolas, poniendo en peligro la estabilidad económica de la región y consecuentemente la estabilidad social y ecológica.

Por su parte las organizaciones ecologistas, como SEO/Birdlife, añadían a los efectos provocados por los siniestros, los daños irreparables en la biodiversidad de la zona, ya que afectaron a especies vulnerables como el águila-azor perdicera y provocaron la muerte de pollos de aves rapaces como el gavilán común o la culebrera europea. Además los fuegos provocaron, según estas ONG's, unos efectos irreversibles, puesto que afectaron a varios espacios protegidos de la red Natura 2000 y Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (IBA).

El Colegio de Ingenieros de Montes de la Comunidad Valenciana (COIMCV) en un comunicado cifró las pérdidas en más de 1.000 millones por la catástrofe de los incendios forestales de Cortes de Pallás y Andilla. Según este colegio algunas zonas no volverán a recuperarse hasta dentro de 100 años.

El COIMCV alertaba igualmente que los incendios forestales de Cortes de Pallás y Andilla no solo suponían un desastre ecológico de *"enorme magnitud, también asustan los perjuicios socioeconómicos de primer orden que ocasionan"*. La pérdida de 50.000 hectáreas de superficie forestal en el interior de las provincias de Valencia y Castellón conlleva una serie de perjuicios ambientales directos, *"que no sólo tienen un impacto puntual directo, sino que se va a proyectar durante muchos años"*. A la *"reducción drástica del valor"* de los recursos forestales destinables a madera y bioenergía hay que añadirle la *"destrucción de la fauna silvestre"*. Solamente en impacto directo de la actividad cinegética en las zonas devastadas *"se calcula un pérdida directa anual de más de 1 millón de euros"*. En cuanto a los ciclos hídricos, es *"sumamente difícil"* poder estimar el impacto directo sobre la calidad y ciclos del agua a corto o medio plazo. Desde el sector se ha apuntado que el impacto directo sobre emisiones de carbono, entre el efecto directo de los dos incendios y posterior pudrición de madera *"se puede calcular una emisión total de unos 2,5 millones de toneladas de carbono"*. Es decir, más de lo se emite en un año en la Comunidad valenciana en industria, transporte y consumo doméstico. (El Mundo, 2012).



Figura 71. Superficie afectada por el Incendio de Cortes de Pallás
Fuente: Generalitat Valenciana, 2014.

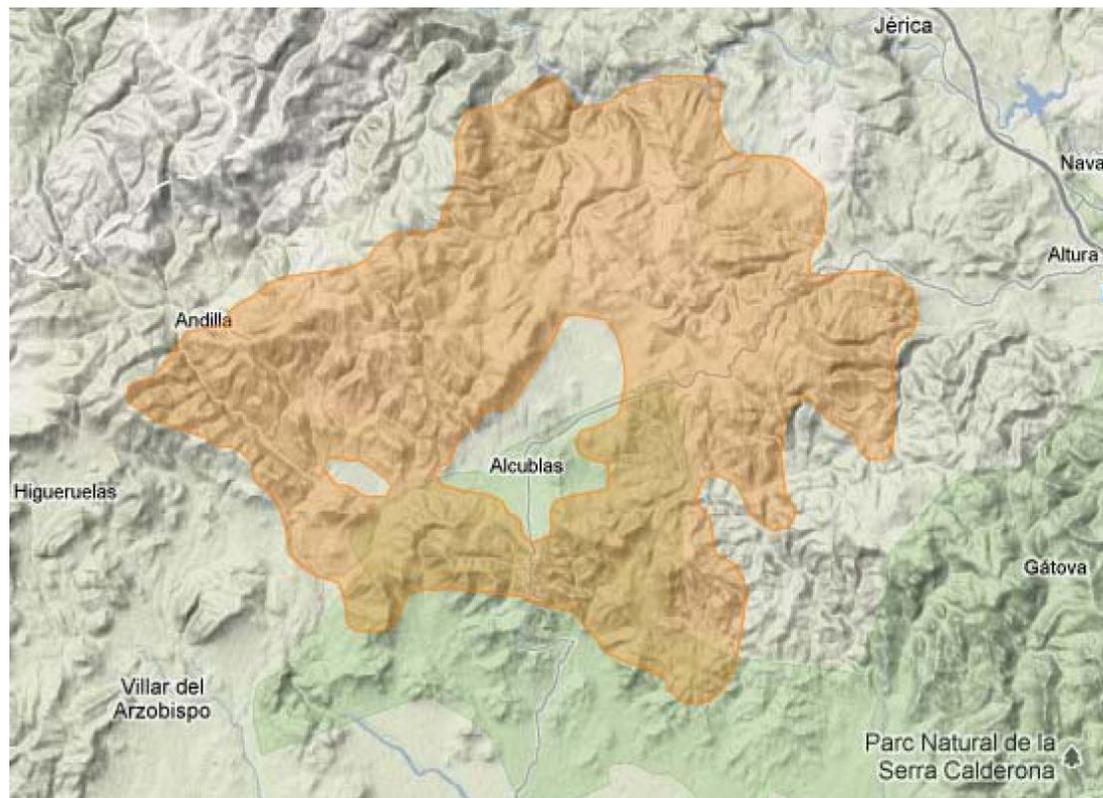


Figura 72. Superficie afectada por el Incendio de Andilla
Fuente: Generalitat Valenciana, 2014.

El sector forestal calculó que la pérdida de poder calorífico de la biomasa afectada en los dos incendios era equivalente a 1.500 millones de litros de diésel.

Tomando como base los datos proporcionados por el informe sobre los incendios del año 2012 elaborado por los técnicos de estadística del Área de Defensa contra Incendios Forestales (ADCIF) del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Fecha de Inicio	Provincia de Inicio	Término Municipal de Origen	Superficies					Causa
			Vegetación Leñosa		Vegetación Herbácea	Total Forestal	Total no Forestal	
			Arbolada	No Arbolada				
28/06/2012	VALENCIA	CORTES DE PALLÁS	5.823,28	23.055,82	0,00	28.879,10	1.812,29	Mot. y Maq. (s.e.)
29/06/2012	VALENCIA	ANDILLA	14.981,91	4.359,29	723,70	20.064,90	2.453,03	Ot. Negl. (Otras)

Tabla 26. Extracto de la tabla de Grandes Incendios Forestales y superficies afectadas.

Fuente: MAGRAMA, 2012.

Las superficies de vegetación leñosa afectada tanto arbolada como no fueron las siguientes:

Ministerio Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente	
Superficie arbolado quemadas 2012 (has)	20.805,19
Superficie matorral quemadas 2012 (has)	27.415,11
Total (has)	48.220,30

Tomando como referencia los datos obtenidos por Rafael Calama y colaboradores del Grupo de Silvicultura Mediterránea y del CIFOR-INIA. Servicio Territorial de Medio Ambiente de Valladolid en su ESTUDIO COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN DE MADERA Y PIÑA EN MASAS REGULARES E IRREGULARES DE PINUS PINEA EN LA PROVINCIA DE VALLADOLID (2014), en el que concluyen, entre otros resultados, de acuerdo al análisis de la parcela y de las cortas propuestas, se propone que el estado de equilibrio para masas irregulares de *Pinus pinea* se correspondería con el alcanzado tras la corta en 2012, en el que se obtuvo un valor de producción de madera y piña de 56,5 m³/ha, extrapolando este dato a 35 años, que es la edad aproximada que se estima de las superficies forestales afectadas por los citados incendios. Se obtiene un valor de existencia total de madera y piña de 79,1 m³/ha durante los 35 años de edad media estimado en las superficies afectadas por los incendios.

Considerando igualmente los resultados obtenidos por Sánchez Francés, R. y colaboradores. de la fundación CARTIF (Centro de Automatización, Robótica y Tecnologías de la Fabricación), en su estudio de VARIABLES DE INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE BIOMASA DE MATORRAL EN LA MANCOMUNIDAD DE EL ALTO JARAMA-ATAZAR (ISSN 1885-5237, 2008). Para una zona poblada al 75% (Ki=75) con jara pringosa (*Cistus ladanifer*), que presenta las características descritas en la tabla 10, se obtiene un factor de variabilidad de producción de 0,72. Si se aplica este factor reductor a la producción obtenida para una altura

media de la mata de jara de 0,80 m (4,42 t/ha), se obtiene una producción media real de biomasa de 3,18 t/ha (Sánchez Francés R. et al., 2008).

Tabla 10. Porcentajes de efectividad de producción y factores de variabilidad de producción.

<i>Cistus ladanifer</i>					
	Pendiente	Suelo	Altitud	Orientación	Insolación
Valor	15%	Ácido	900 m	Oeste	5 h
% efectividad de producción	70	100	100	40	100
Factor de variabilidad de producción	0,72				

Fuente Fundación CARTIF.

Tabla 27. Características de *Cistus Ladanifer*.

Fuente: Sánchez Francés R. et al. 2008.

Teniendo en cuenta el listado de "Densidad de maderas kg/m³" publicado por la Ingeniera Forestal Atencia M. del INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial)-CITEMA (Industria de la madera), se considera una densidad para la madera seca de pino de 530 kg/m³.

Esto permite obtener una aproximación a la existencia en kg de madera seca por hectárea que arroja los siguientes resultados.

Existencia de madera arbolado por ha (kg)	41.923,00
Existencia de madera matorral por ha (kg)	3.180,00

Considerando un contenido en humedad del 45% para matorral tal y como se establece en la tabla 101, tabla resumen de resultados por comunidad autónoma. La Biomasa potencial disponible, del Informe sobre evaluación del potencial de energía de la biomasa. Estudio Técnico PER 2011-2020. Publicado por el IDAE 2011.

Suponiendo además un poder calorífico de la madera de pino de 5.335 kcal/kg, según los datos proporcionados por la tabla siguiente:

Tabla 2.31. Composición y poder calorífico de distintas maderas.

Combustible	Carbono (%)	Hidrógeno (%)	Azufre (%)	Oxígeno (%)	Nitrógeno (%)	Cenizas (%)	Poder calorífico ⁽¹⁾ kcal/kg
Maderas blandas							
Pino	52,60	7,02	—	40,07	—	0,31	5335
Abeto	52,30	6,30	—	40,50	0,1	0,80	5025
Cedro	48,80	6,37	—	44,46	—	0,37	4665
Maderas duras							
Encina	49,49	6,62	—	43,74	—	0,15	4825
Chopo	41,64	6,26	—	41,45	—	0,65	4950
Fresno	49,73	6,93	3,1	4,9	—	0,30	4950

⁽¹⁾ Poder calorífico con 0% de humedad.

Tabla 28. Composición y poder calorífico de distintas maderas.

Fuente: Elías Castells X. Los residuos como combustibles 2012.

El poder calorífico inferior en base seca del matorral mediterráneo se sitúa en torno a los 19 MJ/kg o 4.541 kcal/kg, según los resultados obtenidos en las pruebas de combustión del matorral mediterráneo, realizadas por el proyecto ENERBIOSCRUB dedicado al estudio de la gestión sostenible de masas arbustivas para uso energético.

Aplicando los valores anteriores podemos obtener el potencial energético de una hectárea de arbolado y de una hectárea de matorral.

Existencia de madera de arbolado por ha	41.923,00	kg
Humedad (%)	12%	
Poder calorífico madera pino	5.335,00	kcal/kg
Poder calorífico madera pino	6,20	kW/kg
Energía generada por combustión arbolado por ha	196.820.100,40	kcal/ha
Energía generada por combustión de ha arbolado	228.900,51	kWh/ha

Existencia de madera de matorral por ha (kg)	3.180,00	kg
Humedad (%)	45%	
Poder calorífico madera matorral	4.541,00	kcal/kg
Poder calorífico madera matorral	5,28	kW/kg
Energía generada por combustión matorral por ha	7.942.209,00	kcal/ha
Energía generada por combustión matorral por ha	9.236,74	kWh/ha

Aplicando el número de hectáreas afectadas en los incendios de Cortes de Pallás y Andilla del año 2012 obtenemos la energía total liberada durante los siniestros.

kg madera arbolado quemada	872.215.980,37	kg
kg madera matorral quemada	87.180.049,80	kg
Energía generada incendios 2012	5.872.136.839,47	kWh
Energía generada incendios 2012	504.912,88	Tep
Porcentaje respecto del consumo bruto país (2015)	0,6%	
Consumo total energético anual por hogar 2012	0,85	Tep
Viviendas posibles suministradas	592.621	

Se estima por lo tanto que durante los incendios se generó una cantidad de energía equivalente a 5,8 Millones de kWh o 505.000 Tep, lo que supone el 0,6% del consumo energético total de España en el año 2015, que fue de 87.739 Ktep según el manual de la Energía en España del año 2015 publicado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Si tenemos además en cuenta que el consumo medio energético total por hogar en España en el año 2012 fue de 0,85 tep, la energía perdida durante los incendios hubiera suministrado toda la energía necesaria de 592.621 hogares.

Evaluemos ahora el potencial de biomasa aprovechable de la superficie afectada por los incendios.

El Informe sobre evaluación del potencial de energía de la biomasa. Estudio Técnico PER 2011-2020. Publicado por el IDAE 2011 define los siguientes conceptos:

- *“Tipo de biomasa a aprovechar. Para cada región y especie se ha definido el tipo de biomasa que se aprovecha en la actualidad (restos y pies de diámetro inferior a 7 cm, restos y pies de diámetro inferior a 20 cm o arboles completos). Se ha definido para cada región.*
- *Porcentaje de cortas actuales (%) que se llevan a cabo sobre las masas con otro fin, principalmente maderero (CCA –coeficiente de cortas actuales). En el análisis de cada región se define dicho coeficiente para cada especie aprovechable. Se ha definido para cada región.”*

Espece	Fración de biomasa	CCA (%)
Cataluña, Comunidad Valenciana, Murcia e Islas Baleares		
<i>Pinus halepensis</i>	<20	45

Tabla 29. Extracto de la tabla 86. Biomasa aprovechable y CCA.
Fuente: Evaluación del potencial de energía de la biomasa, IDAE 2011.

Considerando las existencias de madera anteriormente citadas de 56,5 m³/ha y 3,18 t/ha, para arbolado, predominantemente *pinus halepensis* y matorral, aprovechando únicamente el 55% de la biomasa producida, se obtiene la biomasa potencial aprovechable por hectárea. Si se aplican estas cantidades a la superficie afectada en los incendios se obtienen los siguientes resultados.

Biomasa total aprovechable por ha	18.218,75	kg
Biomasa total aprovechable en la superficie afectada	878.513.590,63	kg
Energía total generada	2.379.261.239,19	kWh
Energía total generada	204.579,64	Tep
Consumo medio anual por hogar en calefacción	4.657,12	kWh
Viviendas posibles calefactadas	510.887	

La extracción de la biomasa aprovechable energéticamente, existente en las 48.220 hectáreas incendiadas, hubiera generado un combustible sólido con una energía de 204.579 tep, suficientes para aportar toda la energía térmica que precisan 510 mil viviendas durante un año en la Comunidad Valenciana.

Según el informe sobre evaluación del potencial de energía de la biomasa. Estudio Técnico PER 2011-2020. Publicado por el IDAE 2011, el coste medio de biomasa procedente de masas susceptibles de aprovechamiento, para la Comunidad Valenciana, es de 44,49 € por tonelada. Considerando la existencia de madera por hectárea planteada anteriormente se obtiene el coste de extracción por hectárea. Lo que permite obtener el coste de extracción de la biomasa aprovechable de las hectáreas afectadas por el incendio.

Coste medio obtención Biomasa por t	44,49 €
Coste total Biomasa aprovechable por ha	810,55 €
Coste total obtención Biomasa aprovechable	39.085.069,65 €
Precio medio transporte (distancia media 40 km)	11,90 €
Coste total Transporte Biomasa	10.454.311,73 €
Coste total obtención y distribución Biomasa	49.539.381,38 €

Si a esto se le suma el coste del transporte a distancias menores de 40 km, se puede decir que el coste de poner en el mercado un combustible sólido, procedente del aprovechamiento sostenible de las masas forestales existente en las hectáreas afectadas por los incendios de Cortes de Pallás y Andilla, hubiera sido de 50 millones de euros. O visto de otro modo, realizar una gestión sostenible de los bosques afectados por los incendios, reduciendo el combustible existente a través de la extracción de biomasa para consumo energético, hubiera supuesto un coste de 50 millones de euros y un potencial energético de 205 ktep.

El consumo de esta cantidad de energía mediante el uso de energías tradicionales o procedentes de combustibles fósiles tiene un coste claramente superior como se ve en la tabla siguiente:

Coste total obtención Biomasa	39.085.069,65 €
Coste en Gas Natural	118.963.061,96 €
Coste en GLP	190.340.899,14 €
Coste en Gas-Oil	237.926.123,92 €
Coste en Energía Eléctrica	309.303.961,10 €

Además siguiendo los datos ofrecidos por la Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), publicada por la Oficina Catalana del Cambio Climático de la Comisión Interdepartamental del Cambio Climático de la Generalitat de Catalunya en 2012.

Las emisiones de CO₂ generadas por el consumo de esta cantidad de energía en función de los diversos combustibles son las siguientes:

Emisiones CO2 generadas	t CO2
Biomasa	0,00
Gas Natural	439.849
GLP	586.884
Gas-Oil	663.814
Energía Eléctrica	635.263

Por lo tanto a priori parece que la gestión sostenible de biomasa con fines energéticos de las masas forestales, genera ahorros interesantes en materia energética, puesto que aunque el coste de extracción de biomasa es elevado, es menor que el coste del consumo de la misma cantidad de energía mediante el uso de combustibles fósiles. Además, gracias al balance nulo en materia de emisión de CO₂ en el proceso de combustión de la biomasa, se reducen de forma notable las emisiones de gases de efecto invernadero, por el menor uso de las energías de origen fósil. El caso de estudio propone justamente evaluar y cuantificar si esto es realmente cierto y comprobable

Capítulo III. Caso de Estudio.**III.1 Estudio del medio:***III.1.1 El municipio de Serra:*

El municipio de Serra es una pequeña población de montaña de la provincia de Valencia de 3.200 habitantes, está situado a 39° 41' de latitud N y 0° 26' de longitud O del meridiano de Greenwich. Su altitud se estima en 330 metros sobre el nivel del mar. La población se asienta, en la comarca Camp de Túria, en la vertiente meridional de la formación montañosa conocida como Sierra Calderona. El término municipal ocupa una superficie de 5.730 has de las cuales, el 95 % (5.102 has) de su territorio se encuentra dentro del ámbito de la Zona de Protección del Parque Natural de la Sierra Calderona y el 85% del territorio (4.565 has) corresponde a Suelo Forestal, lo que confiere a Serra un notable interés ecológico.

III.1.1.1 Historia

“Serra se ubica en pleno corazón de la Sierra Calderona, y en el centro de un estratégico eje natural que sirve de comunicación entre el valle del Palancia, al Norte, y la Plana de Valencia, al Sur. A lo largo de la historia, este corredor y puerto de montaña ha sido camino de paso habitual para transeúntes, viajeros, correos y hasta ejércitos, a través de las diferentes culturas que históricamente se han ido sucediendo en las tierras valencianas. Una muestra de la importancia de este corredor natural la constituyen los restos de las diferentes fortificaciones medievales que lo jalonan y todavía se alzan majestuosas: el Castell de Serra, la Torre del Senyor y las torretas o atalayas de Ría, del Calvari y de Satarenya; todas ellas de época andalusí, construidas hacia el siglo IX y utilizadas activamente durante el resto del dominio islámico y de la posterior etapa mudéjar. Las fuentes documentales informan de la toma del Castell de Serra, por tropas cristianas en diversas ocasiones (hasta tres veces en el siglo XIII y una más en el XIV)”. (Garay P., 2016).

La estructura económica del municipio ha tenido, desde finales de los años 60, al sector de la construcción ligado a segundas residencias como eje principal de la economía, seguido por el sector terciario debido a la proximidad del Área Metropolitana de Valencia y quedando el sector primario, en el que se incluye el subsector forestal, como actividad complementaria y residual. Esto ha provocado por lo general un flujo de mano de obra desde el sector primario hacia otros más productivos, teniendo como consecuencia el cese de los cultivos y el abandono de los campos en producción, provocando por una parte un deterioro del paisaje y por otra contribuyendo a aumentar el riesgo de plagas e incendios y amenazando, en definitiva, el Patrimonio Natural de Serra y el futuro de la Sierra Calderona.

A todo lo anterior cabe añadir los efectos sobrevenidos por el estallido de la “burbuja inmobiliaria”, en el año 2008 y el derrumbe del sector de la construcción, provocando que numerosas familias hayan visto cómo sus ingresos se veían mermados por la pérdida de puestos de trabajo y el cierre de empresas del sector.

Tras concluir los Planes Estatales y Autonómicos cuyos objetivos eran paliar los efectos de la crisis mediante la reorientación de los desempleados procedentes de la construcción residencial hacia la obra pública, el Ayuntamiento planteó en el año 2010 una estrategia al objeto de sentar las bases de un cambio del modelo productivo y económico del municipio de Serra.

III.1.1.2 Climatología:

	DATOS CLIMATICOS SERRA											
	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
T° media	9,5	10,9	13,1	15,2	19,3	23,2	26,9	26,8	23,8	18,5	12,9	9,7
T° (T° 1/2 de las máx. abs.)	14,8	16,7	19,7	21,9	27,0	31,4	36,2	35,8	31,7	25,1	18,7	15,0
t° (T° 1/2 de las mín. abs.)	4,2	5,1	6,4	8,5	11,5	14,9	17,6	17,7	15,8	11,8	7,1	4,4
T° (T° 1/2 de las máx.)	15,92	16,59	18,81	19,99	22,78	26,09	29,06	29,62	27,66	23,84	19,44	16,9
t° (T° 1/2 de las mín.)	6,66	7,49	9,27	10,87	13,64	17,88	20,83	21,59	19,18	14,62	10,74	7,96
HR media	80	75	67	65	58	53	46	49	55	67	76	80
HR mín.	54,69	56,85	53,69	55,15	57,77	59,08	59	60,31	57,23	54,77	57,43	55,14
HR máx.	74,69	76,61	74,54	73,69	73,61	75	75,61	78,31	78,61	75,54	77,86	73
Pp (mm)	82	79	56	64	30	20	5	3	26	69	88	84
Patm (atm)	1019	1016	1015	1013	1013	1014	1015	1014	1016	1015	1017	1018
Insolación (%)	43,55	48,81	52,15	56,39	73,92	85,83	96,24	90,86	69,17	54,30	49,44	42,20
ha (m)	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6
V viento (m/s)	2,13	2,00	2,31	2,17	1,92	1,94	1,81	1,61	1,39	1,67	1,61	1,94
V viento (km/h)	7,66	7,2	8,3	7,8	6,9	7	6,5	5,8	5	6	5,8	7

Tabla 30.: Datos climáticos Serra
Fuente: AEMET

Temperaturas:

El modelo térmico de Serra y del Parque Natural de la Sierra Calderona, se asemeja a una curva cuyos valores máximos se alcanzan durante los meses de verano, principalmente julio y agosto y registra sus valores mínimos anuales en periodo invernal entre enero y febrero. El mes más cálido suele ser agosto con una temperatura media que va desde los 24,1°C a los 26,2°C, el más frío estadísticamente es el mes de enero con temperaturas éntrelos 8,1°C y los 10,1°C. Respecto a la temperatura media anual, esta se encuentra entre 15,6°C y 17,8°C. No existen valores medios por debajo de los 0°C, sin embargo anualmente se registran heladas en las zonas más interiores y de mayor altitud.

Precipitaciones.

Con una precipitación anual media de 50,5 mm, el régimen de precipitaciones es el mismo que caracteriza a la región mediterránea con los mayores registros durante los meses de otoño, con algo de precipitación que aparece igualmente a principios de primavera desapareciendo prácticamente hasta el mes de septiembre octubre con la irrupción de las famosas tormentas de verano que pueden ser secas provocando que se eleve el riesgo de incendios forestales causados por rayos inmediatos o latentes. Es necesario destacar la existencia de periodos de

lluvia torrencial que pueden alcanzar los 250 litros por m², lo que provoca escorrentías, corrimientos de tierra y desprendimientos, como los acaecidos en 2008 o 2016.

Se hace necesario destacar que una parte de la humedad procede de las denominadas precipitaciones horizontales, es decir, la condensación de la humedad presente en el aire durante buena parte de los meses de otoño y primavera.

Régimen de vientos:

Respecto al régimen de vientos destacan los vientos de poniente y noroeste que se registran durante los meses de otoño e invierno y que son causados por las borrascas polares o atlánticas, al contrario durante los meses de verano y primavera destacan los vientos procedentes de levante y noreste coincidentes con el anticiclón de las Azores. Especial mención merecen los vientos secos de poniente durante los meses de verano que superan los 30°C y que provocan una deshidratación generalizada de la vegetación y del aire favoreciéndose en gran medida la proliferación de los incendios forestales.

III.1.1.3 Suelo y vegetación:

El estudio de la vegetación conduce a sistemas ecológicos similares sobre los que se desarrollan vegetaciones determinadas, representadas en actualmente según la cartografía digitalizada del **Mapa de Series de Vegetación de España** 1:400.000 de **Rivas Martínez**, en el monte a ordenar existen dos series de vegetación claramente predominantes.

- **Serie 22ba:** Serie mesomediterránea manchega y aragonesa basófila de *Quercus rotundifolia* o encina (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum*). VP, encinares.
- **Serie 23b:** Serie meso-termomediterránea valenciano-castellonense subhúmeda de *Quercus suber* o alcornoque (*Asplenio onopteridis-Querceto suberis sigmetum*). VP, alcornocales.
- **Serie 27c:** Serie termomediterránea valenciano-tarraconense, murciano-almeriense e ibicenca basófila de *Quercus rotundifolia* o encina (*Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae sigmetum*). VP, encinares.

La serie 22ba aparecería representada casi toda la superficie que ocupa el monte, incluyendo todo tipo de cantones y de distintas calidades, orografías más abruptas, pero también las más suaves, ya que se trata de la serie más representada en el monte.

La serie 23b en cambio estaría representada en la parte situadas más al noroeste del monte, en apenas 13 hectáreas. De igual modo, la serie 27c, únicamente queda representada en su extremo situado más al suroeste del monte en unas 60 hectáreas.

El Paisaje actual de los montes de Serra lo conforman comunidades secundarias, siguientes a la alteración de los bosques iniciales o primigenios. Se corresponden con etapas de regresión donde la capa arbórea de encinar ha sido eliminada o no ha alcanzado a causa de la acción antrópica o las perturbaciones naturales.

Según la cartografía asociada al **Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3)** (1997-2.007): **Mapa Forestal de España (MFE)** a escala 1:50.000, las **teselas** o **formaciones vegetales** presentes dentro del ámbito de estudio serían las siguientes, acompañadas de su correspondiente definición:

1. **Bosque:** *Agrupación de árboles, en espesura con una fracción de cabida cubierta superior al 5% y uso netamente forestal. El origen del mismo es natural o de repoblación netamente integrada (1.321,97 hectáreas).*
 - a. Masas puras de *Pinus halepensis* formando monte bravo. **(19,74 hectáreas).**
 - b. Masas puras de *Pinus halepensis* formando latizal. **(40,75 hectáreas).**
 - c. Masas puras de *Pinus halepensis* formando fustal **(580,16 hectáreas).**
 - d. Masas puras de *Pinus pinaster* formando fustal **(22,87 hectáreas).**
 - e. Masas mixtas de *Pinus halepensis* con otras especies de conífera o frondosa, donde predomina *Pinus halepensis*. **(598,21 hectáreas).**
 - f. Masas mixtas de *Pinus pinaster* con *Pinus halepensis*, donde predomina *Pinus pinaster*, en estado fustal **(2,86 hectáreas).**
 - g. Vegetación arbórea de secano de *Olea europea* entremezclado con el terreno forestal **(57,38 hectáreas).**
2. **Complemento de bosque:** Corresponde a teselas en el bosque que, sin ser arboladas, están estrechamente ligadas al aprovechamiento forestal del mismo, como pueden ser parques de madera, áreas cortafuegos, etc. (3,10 hectáreas).
3. **Temporalmente desarbolado (incendios):** Teselas en terreno forestal que normalmente deberían estar arboladas pero se encuentran temporalmente desarboladas por un reciente incendio (la fracción de cabida cubierta arbolada es inferior al 5%) (394,36 hectáreas).
4. **Matorral:** formación vegetal caracterizada por su estructura o por su aspecto, se diferencian porque su estrato superior o las capas más altas de espesura están dominados por matas (especies leñosas ciertamente bajas y ramificadas a partir de su base). (642,26 hectáreas).

5. Agrícola y Prados Artificiales: Se incluyen aquí las parcelas de uso agrícola. E igualmente los prados artificiales de especies anuales cuyo tratamiento se acerca más al agrícola tradicional que al forestal. (219,70 hectáreas).
6. Pastizal - Matorral: Áreas dominadas por el bajo matorral (tomillos, espartos) entremezclados con herbáceas y aprovechamiento extensivo para ganado, quedan incluidas las zonas de erial. (3,82 hectáreas).
7. Mosaico arbolado sobre cultivo. Comprende aquellos mosaicos en que pequeñas masas arboladas no tienen continuidad suficiente para clasificarlas como forestal arbolado. (121,26 hectáreas).
8. Mosaico desarbolado sobre cultivo. Comprende aquellos mosaicos formados por cultivos en mezcla con coberturas forestales no arboladas (matorral o herbazal). (12,92 hectáreas).
9. Vegetación en bosquetes. Se corresponden con las áreas que presentan arbolado fuera del monte, y por lo tanto; rodeado de áreas no forestales, puede estar distribuido en bosquetes individuales y/o suficientemente cercanos para ser incluidos en una misma tesela. (2,50 hectáreas).
10. Otros usos no agroforestales. Se incluyen en esta tesela todas aquellas ocupaciones del suelo diferentes a los estrictamente agrícolas y forestales, como son los usos artificiales o las masas de agua. (14,17 hectáreas).

Daños en la vegetación.

El conocimiento del estado fitosanitario de los sistemas forestales cobra verdadera importancia si se tiene en cuenta que los agentes nocivos, tanto bióticos como abióticos, son, en gran medida, los causantes del deterioro de sus producciones y de sus valores estéticos y recreativos.

El estado sanitario actual de las masas que componen la superficie objeto de gestión merece una especial atención, y se considera que va a condicionar casi por completo la gestión del monte durante al menos el primer periodo de aplicación.

Los trabajos de campo realizados han puesto de manifiesto un importante número de pies adultos muertos como consecuencia de recientes ataques de perforadores (*Tomicus spp.*) y del efecto posterior de la sequía. Estos ataques se produjeron durante el verano de 2014, y son

responsables de la muerte de un número considerable de pies de las especies *Pinus halepensis* y *Pinus pinaster* principalmente.

Por otro lado, en el momento de realización de los trabajos de campo, el grado de afección detectado no ha sido muy elevado, si bien la primavera del presente año no ha resultado favorable para su desarrollo y proliferación. No obstante, a fecha de redacción del presente Proyecto, se considera importante que se produzcan precipitaciones a corto plazo con el fin de minimizar la afección por el perforador durante la próxima puesta.

Se considera una prioridad absoluta la realización de tratamientos sanitarios sobre las masas con objeto de evitar posibles proliferaciones futuras e ir recuperando sus valores estéticos y recreativos en aras de potenciar su funcionalidad en la generación de servicios ambientales.

A continuación se resumen los trabajos de prospección realizados durante los últimos 10 años en el monte, donde pueden encontrarse los principales problemas fitosanitarios detectados, en base a la información suministrada por el Servicio de Sanidad Forestal de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural.

Dicho servicio realiza la prospección en cuatro bloques fundamentales que se enumeran a continuación:

- Procesionaria.
- Perforadores.
- Otros insectos.
- Enfermedades y fisiopatías.

Respecto a la prospección de **procesionaria** (*Thaumetopoea pityocampa*), el nivel máximo de infestación detectado durante el último decenio ha sido de 1. No se considera que dicho lepidóptero pueda suponer una amenaza para el normal desarrollo de las masas arboladas en la estación de Serra.

Los grados de infección, conforme a la metodología utilizada por el Servicio de Sanidad Forestal es la siguiente:

- *Grado 0*. Ninguno o algunos bolsones muy diseminados.
- *Grado 1*. Algunos nidos en los bordes de la masa y pies aislados.
- *Grado 2*. Bastantes nidos en el borde y algunos en el centro de la masa.

- *Grado 3.* Defoliaciones parciales en los bordes de la masa y pies aislados, con presencia de bastantes nidos en el centro de la masa.
- *Grado 4.* Defoliaciones muy fuertes en los bordes y pies aislados y parciales en el centro de la masa.
- *Grado 5.* Defoliaciones muy fuertes en toda la masa. A pesar del repunte de la infestación durante 2015, la tendencia de los últimos años unido a las observaciones realizadas durante la fase de trabajos de campo permite concluir que no existen riesgos significativos para la estabilidad de las masas.

En lo referente a **perforadores**, han sido detectadas poblaciones de *Tomicus sp.*, *Tomicus destruens* y *Orthotomicus erosus* en niveles definidos como “Presencia”, “Presencia Media” y “Presencia Alta”. Los grados de infestación se definen a continuación:

- *Presencia.* No hay árboles muertos. Se presenta alguna entrada en árboles aislados. En el caso de *Tomicus*, se encuentran ramillos en el suelo.
- *Presencia media.* Se observan árboles muertos del año. Se presentan entradas en bastantes árboles.
- *Presencia alta.* Se observan numerosos árboles muertos.

Tal y como puede apreciarse, existen antecedentes de niveles de presencia media y alta en el monte, y un repunte en la prospección fitosanitaria del año 2015, que refleja los resultados del estado de las masas durante 2014, año en que se produjo la explosión de este perforador como consecuencia de la acentuada sequía estival que tuvo lugar.

Respecto a **otros insectos**, en la siguiente tabla se muestran los resultados de la prospección fitosanitaria para el monte V105 durante el último decenio:

La escala establecida para este grupo de insectos es la que a continuación se detalla:

- *Presencia.* Detección de insectos pero sin presencia de daños.
- *Presencia media.* Defoliaciones en individuos o grupos aislados. Presencia de árboles aislados muertos.
- *Presencia alta.* Defoliaciones abundantes en la masa o abundancia de pies muertos. Durante la fase de trabajos de campo no han sido detectados problemas en relación a insectos que puedan llegar a poner en peligro la estabilidad y persistencia de la masa. En relación a las **enfermedades y fisiopatías**, a continuación se resumen las principales observaciones realizadas por los trabajos de prospección fitosanitaria

durante la última década, completando la información en caso de que proceda con las observaciones de campo realizadas con motivo de la redacción del presente proyecto:

- Daños por rayo, viento y nieve sobre *Pinus halepensis*.
- Roya del enebro sobre *Juniperus oxycedrus*.
- Ácaros eriofidos sobre *Quercus ilex*.
- Daños por sequía sobre *Pinus halepensis* y *Pinus pinaster*.

Los resultados de la prospección fitosanitaria ponen de manifiesto cómo *Pinus halepensis* se encuentra en su límite estacional, siendo la conífera más vulnerable a enfermedades y fisiopatías de las que pueblan actualmente el monte.

Respecto a los daños de origen **abiótico**, únicamente cabe destacar la presencia poco significativa de algunos pies derribados por viento, aunque su importancia es pequeña dado su carácter puntual. No obstante no se considera que éstos puedan suponer ningún riesgo serio por sí solos, aunque sí pudieran contribuir a la aparición de otro tipo de problemas.

Como **conclusiones** del estudio fitosanitario podrían citarse los siguientes puntos:

- Tanto los resultados de la prospección fitosanitaria como las observaciones realizadas durante los trabajos de campo y el inventario dasométrico ponen de manifiesto la existencia de un importante problema sanitario, consistente en una masa residual de pies muertos por sequía y ataque de perforadores, que continúa actualmente en pie, y es responsable de un deterioro de sus producciones y de sus valores estéticos y recreativos.
- La gestión de esta masa residual de pies muertos, si bien no supone un riesgo inminente para la proliferación de nuevos ataques, implica un deterioro de las producciones y de los valores estéticos y recreativos que le son propios a las masas, así como una inherente pérdida de su funcionalidad para la generación de servicios ambientales.
- En relación con el resto de agentes patógenos, plagas, fisiopatías o daños abióticos, durante el último decenio no se detectaron importantes problemas fitosanitarios que puedan suponer un riesgo significativo alguno para la persistencia o estabilidad de las masas.
- Por consiguiente, dada la naturaleza y escasa representatividad de los problemas fitosanitarios detectados, se considera oportuno la **adopción de medidas específicas** orientadas a devolver las masas a un apropiado estado sanitario acorde a sus posibilidades de desarrollo, en aras de garantizar su persistencia, estabilidad y máximo de utilidades.

III.1.1.4 Fauna:

La información relativa a la fauna se ha recopilado del **Banco de Datos de Biodiversidad**¹ de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente, y ha sido completada con las observaciones in situ realizadas durante los trabajos de campo. Por cuestiones de operatividad y, se ha restringido el análisis a las especies de aves, reptiles y mamíferos.

En este grupo se clasifican las teselas que presentan arbolado fuera del monte, es decir; rodeado de otras teselas no forestales, distribuido en bosquetes individualizables y/o suficientemente próximos como para ser agrupados dentro de una misma tesela.

De forma genérica, las mayores amenazas para estas especies son la destrucción de sus hábitats causadas principalmente por transformaciones agrícolas o urbanísticas, debido a la disminución de las presas, y los incendios forestales. Algunas de estas especies también se ven afectadas por el encauzamiento de los ríos, por la extracción de áridos en sus cauces, por atropellos o por el uso de plaguicidas agrícolas. No se han encontrado datos referentes a la afección de estas especies por la eliminación o poda de la vegetación, o por la realización de fajas cortafuegos.

Las intervenciones sobre las masas forestales se recomienda realizarlas entre los meses de agosto y febrero, ambos inclusive, para evitar molestias de las comunidades de aves. Excepcionalmente estas fechas podrán modificarse si existen razones justificadas y se comprueba la no afección a especies consideradas como sensibles.

A continuación se muestra el listado de especies del Banco de Datos de la Biodiversidad con algún tipo de protección:

Listado de especies de fauna incluidos en el Banco de Datos de la Biodiversidad			
Nombre científico	Nombre Valenciano	Nombre Castellano	Estado Legal
<i>Alectoris rufa</i>	Perdiu	Perdiz roja	Categoría UICN · Datos insuficientes Convenio de Berna · Anexo III Directiva de Aves · Anexo III.1 · Anexo II.1
<i>Apodemus sylvaticus</i>	Ratolí de bosc	Ratón de campo	Categoría UICN · Preocupación menor
<i>Apus apus</i>	Falcia	Vencejo común	Convenio de Berna · Anexo III Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Aquila fasciata</i> * **	Águila de panxa blanca	Águila-azor perdicera	Catálogo Español de Especies Amenazadas · Vulnerable Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo I - Vulnerable Categoría UICN · En peligro Convenio de Berna · Anexo II Convenio de Bonn · Anexo II Directiva de Aves · Anexo I
<i>Bufo bufo</i>	Gripau comú, renoc comú	Sapo común	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo II - Protegidas Convenio de Berna · Anexo III
<i>Bufo calamita</i>	Gripau corredor, renoc corredor	Sapo corredor	Convenio de Berna · Anexo II Directiva de Hábitats · Anexo IV Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Capreolus capreolus</i>	Cabirol	Corzo	Categoría UICN · Preocupación menor Convenio de Berna · Anexo III
<i>Carduelis carduelis</i>	Cadenera, cagarnera	Jilguero europeo	Convenio de Berna · Anexo II
<i>Carduelis chloris</i>	Verderol	Verderón común	Convenio de Berna · Anexo II
<i>Certhia brachydactyla</i>	Raspínell comú	Agateador común	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Cettia cetti</i>	Rossinyol bord	Ruiseñor bastardo	Convenio de Berna · Anexo II Convenio de Bonn · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Circaetus gallicus</i> *	Águila serpera	Culebrera europea	Convenio de Berna · Anexo II Convenio de Bonn · Anexo II Directiva de Aves · Anexo I Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Columba livia</i>	Colom roquer	Paloma bravía	Convenio de Berna · Anexo III Directiva de Aves · Anexo II.1
<i>Columba palumbus</i>	Todoí	Paloma torcaz	Convenio de Berna · Anexo III Directiva de Aves · Anexo III.1 · Anexo II.1
<i>Corvus corone</i>	Comella negra, cucala	Comeja negra	
<i>Crocidura russula</i>	Musaranya comuna	Musaraña gris	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo II - Protegidas Categoría UICN · Preocupación menor Convenio de Berna · Anexo II · Anexo III
<i>Eliomys quercinus</i>	Rata cellarda	Lirón careto	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo II - Protegidas Categoría UICN · Preocupación menor
<i>Emberiza cia</i>	Sit negre	Escribano montesino	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Eptesicus serotinus</i>	Rata penada d'horta	Murciélago hortelano	Convenio de Berna · Anexo II Directiva de Hábitats · Anexo IV

Listado de especies de fauna incluidos en el Banco de Datos de la Biodiversidad			
Nombre científico	Nombre Valenciano	Nombre Castellano	Estado Legal
<i>Erinaceus europaeus</i>	Eriçó comú	Erizo europeo	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo II - Protegidas Convenio de Berna · Anexo III
<i>Erithacus rubecula</i>	barba-roig, pit roig	Petirrojo	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Falco tinnunculus</i>	Soliguer	Cernícalo vulgar	Convenio de Berna · Anexo II Convenio de Bonn · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Fringilla coelebs</i>	Pinsà	Pinzón vulgar	Convenio de Berna · Anexo III Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Garrulus glandarius</i>	Gaig, gaio	Arrendajo	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo II - Protegidas Directiva de Aves · Anexo II.2
<i>Genetta genetta</i>	Geneta	Gineta	Categoría UICN · Preocupación menor Convenio de Berna · Anexo III Directiva de Hábitats · Anexo V
<i>Hirundo rustica</i>	Oroneta	Golondrina común	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Lanius senator</i>	Capsot	Alcaudón común	Categoría UICN · Casi amenazada Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Lepus granatensis</i>	Llebre	Liebre ibérica	Categoría UICN · Preocupación menor
<i>Lophophanes cristatus</i>	Capellonet de cresta	Herrerillo capuchino	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Loxia curvirostra</i>	Bectort	Piquituerto común	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Lullula arborea</i> *	Cotoliu	Alondra totavía	Convenio de Berna · Anexo III Directiva de Aves · Anexo I Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Luscinia megarhynchos</i>	Rossinyol	Ruiseñor común	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Malpolon monspessulanus</i>	Serp verda	Culebra bastarda	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo II - Protegidas Convenio de Berna · Anexo III
<i>Martes foina</i>	Fagina	Garduña	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo II - Protegidas Categoría UICN · Preocupación menor Convenio de Berna · Anexo III
<i>Meles meles</i>	Teixó	Tejón	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo II - Protegidas Categoría UICN · Preocupación menor Convenio de Berna · Anexo III
<i>Merops apiaster</i>	Abellerol	Abejaruco europeo	Convenio de Berna · Anexo I

Listado de especies de fauna incluidos en el Banco de Datos de la Biodiversidad			
Nombre científico	Nombre Valenciano	Nombre Castellano	Estado Legal
Miniopterus schreibersii *	Rata penada de cova	Murciélago de cueva	Catálogo Español de Especies Amenazadas · Vulnerable Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo I - Vulnerable Convenio de Berna · Anexo II Directiva de Hábitats · Anexo II · Anexo IV
Monticola solitarius	Merla blava, solitari	Roquero solitario	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
Mus spretus	Ratolí mediterrani	Ratón moruno	Categoría UICN · Preocupación menor
Mustela nivalis	Mostela	Comadreja	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo II - Protegidas Categoría UICN · Datos insuficientes Convenio de Berna · Anexo III
Myotis blythii *	Rata penada de morro agut	Murciélago mediano ratonero	Catálogo Español de Especies Amenazadas · Vulnerable Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo I - Vulnerable Convenio de Berna · Anexo II Directiva de Hábitats · Anexo II · Anexo IV
Myotis emarginatus *	Rata penada de orelles dentades	Murciélago pardo ratonero	Catálogo Español de Especies Amenazadas · Vulnerable Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo I - Vulnerable Convenio de Berna · Anexo II Directiva de Hábitats · Anexo II · Anexo IV
Myotis escaleraei	Rata penada ibérica	Murciélago ibérico ratonero	
Myotis myotis *	Rata penada de morro gran	Murciélago grande ratonero	Catálogo Español de Especies Amenazadas · Vulnerable Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo I - Vulnerable Convenio de Berna · Anexo II Directiva de Hábitats · Anexo II · Anexo IV
Oenanthe hispanica	Còlbia terrera, còlbia rossa	Collalba rubia	Categoría UICN · Casi amenazada Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
Oriolus oriolus	Oriol	Oropéndola europea	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
Oryctolagus cuniculus	Conill	Conejo	Categoría UICN · Preocupación menor
Parus ater	Capellanet	Carbonero garrapinos	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
Parus major	Totestiu	Carbonero común	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
Passer domesticus	Teuladí	Gorrión común	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo III - Tuteladas
Picus viridis	Picot verd	Pito real	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE

Listado de especies de fauna incluidos en el Banco de Datos de la Biodiversidad			
Nombre científico	Nombre Valenciano	Nombre Castellano	Estado Legal
<i>Psammotromus algirus</i>	Sargantana cuallarga	Lagartija colilarga	Convenio de Berna · Anexo III Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Rattus norvegicus</i>	Rata comuna	Rata parda	Categoría UICN · No evaluado
<i>Rattus rattus</i>	Rata negra	Rata negra	Categoría UICN · Datos insuficientes
<i>Regulus ignicapilla</i>	Reiet safraner	Reyezuelo listado	Convenio de Berna · Anexo II Convenio de Bonn · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Rhinechis scalaris</i>	Serp blanca	Culebra de escalera	Convenio de Berna · Anexo III Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Rhinolophus euryale</i> *	Rata penada de ferradura mediterrània	Murciélago mediterráneo de herradura	Catálogo Español de Especies Amenazadas · Vulnerable Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo I - Vulnerable Convenio de Berna · Anexo II Convenio de Bonn · Anexo II Directiva de Hábitats · Anexo II · Anexo IV
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> *	Rata penada de ferradura gran	Murciélago grande de herradura	Catálogo Español de Especies Amenazadas · Vulnerable Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo I - Vulnerable Convenio de Berna · Anexo II Convenio de Bonn · Anexo II Directiva de Hábitats · Anexo II · Anexo IV
<i>Rhinolophus hipposideros</i> *	Rata penada de ferradura menuda	Murciélago pequeño de herradura	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo I - Vulnerable Convenio de Berna · Anexo II Convenio de Bonn · Anexo II Directiva de Hábitats · Anexo II · Anexo IV Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Rhinolophus mehelyi</i> *	Rata penada de ferradura mitjana	Murciélago mediano de herradura	Catálogo Español de Especies Amenazadas · Vulnerable Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo I - En peligro de extinción Convenio de Berna · Anexo II Convenio de Bonn · Anexo II Directiva de Hábitats · Anexo II · Anexo IV
<i>Saxicola torquatus</i>	Bitxà comú	Tarabilla común	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Sciurus vulgaris</i>	Esquirol, farda	Ardilla roja	Categoría UICN · Preocupación menor Convenio de Berna · Anexo III
<i>Serinus serinus</i>	Gafarró	Verdecillo	Convenio de Berna · Anexo II
<i>Streptopelia turtur</i>	Tórtora	Tórtola europea	Categoría UICN · Vulnerable Convenio de Berna · Anexo III Directiva de Aves · Anexo II.2
<i>Suncus etruscus</i>	Musaranya nana	Musgaño enano	Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas · Anexo II - Protegidas Categoría UICN · Preocupación menor Convenio de Berna · Anexo III
<i>Sus scrofa</i>	Porc senglar	Jabalí	Categoría UICN · Preocupación menor

Listado de especies de fauna incluidos en el Banco de Datos de la Biodiversidad			
Nombre científico	Nombre Valenciano	Nombre Castellano	Estado Legal
<i>Sylvia melanocephala</i>	Busquereta capnegra	Curruca cabecinegra	Convenio de Berna · Anexo II Convenio de Bonn · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Tadarida teniotis</i>	Rata penada de cua llarga	Murciélago rabudo	Convenio de Berna · Anexo II Convenio de Bonn · Anexo II Directiva de Hábitats · Anexo IV Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Tarentola mauritanica</i>	Andragó	Salamanquesa común	Convenio de Berna · Anexo III Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Timon lepidus</i>	Fardatxo	Lagarto ocelado	Convenio de Berna · Anexo II
<i>Trachemys scripta</i>	Tortuga americana	Galápagos americano	Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras · Anexo I (Catálogo Especies Exóticas Invasoras) Decreto Control de Especies Exóticas Invasoras de la Comunidad Valenciana · Anex I
<i>Turdus merula</i>	Merla	Mirlo común	Convenio de Berna · Anexo III Directiva de Aves · Anexo II.2
<i>Turdus philomelos</i>	Tord	Zorzal común	Convenio de Berna · Anexo III Directiva de Aves · Anexo II.2
<i>Upupa epops</i>	Puput, palput	Abubilla	Convenio de Berna · Anexo II Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial · LESRPE
<i>Vulpes vulpes</i>	Rabosa	Zorro rojo	Categoría UICN · Preocupación menor

Tabla 31. Listado de especies de fauna con algún tipo de protección
Fuente: Banco de Datos de la Biodiversidad

III.1.2 Potencial de biomasa:

La cuantificación de las existencias de recursos maderables y leñosos, se restringe a aquellas zonas que vayan a ser objeto de un aprovechamiento con tales fines, así como a aquellas zonas que van a ser objeto de intervención durante la vigencia del Proyecto de Ordenación Forestal del Monte de Utilidad Pública nº 105 del Municipio de Serra, permitiendo así centrar los esfuerzos en las zonas que realmente lo requieren. En el caso del monte de Serra, la producción maderera y leñosa no es un objetivo en sí, sino un producto obtenido como consecuencia de la aplicación de una gestión enfocada a la generación de otros servicios ambientales de regulación y espaciamiento, como monte protector.

Por otro lado, si se tiene en cuenta el estado actual de las masas y la urgencia de realización de tratamientos sanitarios, la determinación exacta de las existencias de recursos maderables

y leñosos pierde todavía más sentido. Por consiguiente, se ha considerado oportuno otorgar a la estimación de existencias un significado puramente silvícola, asociado a la cuantificación de los productos a obtener como consecuencia de las actuaciones silvícolas que urge realizar por cuestiones sanitarias o de consecución de los objetivos básicos de estabilidad y persistencia, restringiendo por tanto el inventario dasométrico a aquellos rodales en los que se propone intervenir durante la vigencia del primer Plan Especial de la ordenación.

Así, en base a las necesidades detectadas durante la fase de trabajos de campo, se ha realizado una primera selección de los rodales donde sería necesaria una intervención a corto plazo, habiéndose planteado el inventario dasométrico exclusivamente sobre estos rodales.

Dado que la producción no es un objetivo prioritario en ninguno de los rodales siendo este el de monte protector, la estimación de existencias se realiza desde un punto de vista puramente selvícola y de cuantificación de la intervención a ejecutar, por lo que no se ha considerado oportuno discriminar estratos de inventario con el fin de ajustar mejor las existencias. Por tanto, el diseño del muestreo se ha realizado sobre un único estrato formado por el conjunto de rodales preseleccionados por su urgencia de intervención, en aras de la consecución de los objetivos básicos de la ordenación. Por otro lado, con el fin de disponer de información tanto de madera como de biomasa para poder dar un trato individualizado a cada uno de los productos a obtener, se ha procedido a cubicar como madera (m^3) todos los fustes pertenecientes a pies cuyo diámetro normal era superior a 7,5 centímetros, y como biomasa (toneladas de materia seca) la fracción de ramas, ramillas y acículas pertenecientes a estos pies, además de todo el árbol completo a excepción de la fracción de ramillas y acículas cuando se trata de un pie muerto.

III.1.2.1 Diseño del muestreo:

La metodología empleada en el inventario dasométrico ha sido el muestreo estadístico mediante parcelas circulares de superficie fija y distribución sistemática por toda la superficie a inventariar, con la ventaja de su representatividad estadística por su distribución aleatoria, cubriendo así la totalidad de la superficie a inventariar de forma homogénea o proporcional al fin deseado. Para la selección de parcelas, en primer lugar se ha creado una red de parcelas de 100 x 100 metros sobre los rodales que van a ser objeto de inventario, tal y como se muestra en la figura siguiente.

A continuación se ha procedido a recortar la malla inicial de 2.964 parcelas con los rodales que van a ser objeto de inventario, resultando una malla sistemática de 454 parcelas. Por otro lado, se ha procedido a la estimación del número de parcelas mediante la fórmula estadística del error máximo admisible en un muestreo sistemático:

$$n = \frac{t^2 (CV\%)^2}{(\varepsilon\%)^2 + \frac{t^2 (CV\%)^2}{N}}$$

Donde:

- > N. Valor de la población, obtenido:
N=superficie a inventariar / superficie de parcela.
- > CV= Coeficiente de variación
CV=desviación típica / área basimétrica media.
- > t. Valor de la *t-student*. Se calcula en función de los grados de libertad (número de parcelas menos 1) para un nivel de confianza dado (95%).
- > ε= error relativo: 15 % para los cuarteles de producción y 30 % para los cuarteles protectores (Instrucciones Generales para la Ordenación de Montes Arbolados).

Así, para un coeficiente de variación obtenido de las distintas estimaciones periciales realizadas en la fase de apeo de rodales de un 60 % y un error máximo admisible de un 15 %, se obtendría un total de 63 parcelas. Esta estimación, si bien podría haberse realizado con un 30 % de error dado el carácter estrictamente protector de los rodales, se realizó intentando que el error en la estimación no superase el 15 % dada la inminente intervención sobre la mayor parte de los rodales.

Finalmente se optó por seleccionar 60 parcelas de la malla reducida de forma aleatoria con ayuda de una hoja de cálculo, procurando siempre que en cada rodal existiesen un mínimo de dos parcelas (se repitió varias veces la selección aleatoria hasta que se cumplió este criterio). Finalmente la malla aleatoria de 60 parcelas quedó reducida a 58 al no poder proceder al levantamiento de dos de ellas por cuestiones de accesibilidad.

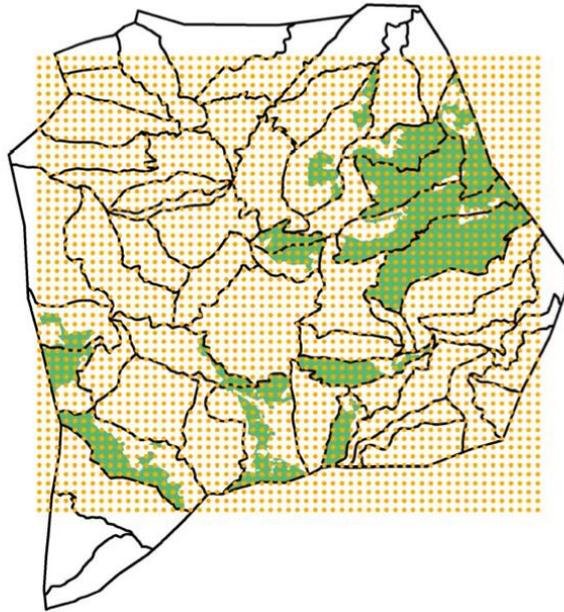


Figura 73. Malla inicial de para la selección aleatoria de parcelas de inventario.
 Fuente: Proyecto de Ordenación de los sistemas Forestales Monte nº 105 - T.M. Serra. 2015.

Así, la densidad final de parcelas realizadas ha sido de 1 parcela / 7,82 hectáreas. Respecto al tamaño de las parcelas, estas han sido de 10 metros de radio tanto por recomendación de las vigentes Instrucciones de 1970 como por la adecuación de dicha superficie en función de otra serie de parámetros establecidos por diversos autores.

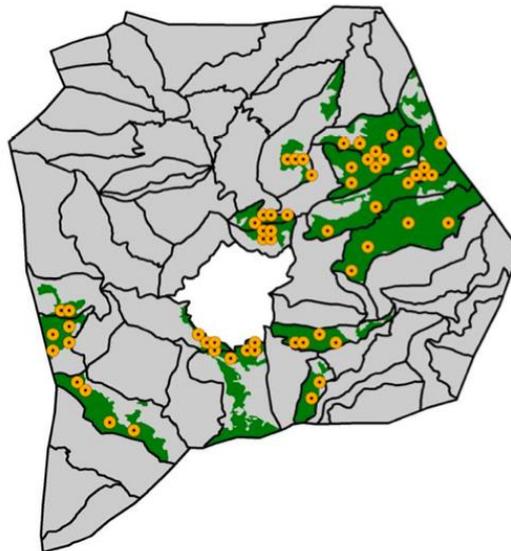


Figura 74. Distribución aleatoria de parcelas por toda la superficie objeto de inventario dasométrico.
 Fuente: Proyecto de Ordenación de los sistemas Forestales Monte nº 105 - T.M. Serra. 2015.

Si se contrasta este croquis con el de vegetación arbolada con altura mayor de 2 metros, con vistas a discriminar las masas arboladas con cierto grado de madurez, elaborado a partir de los datos LIDAR suministrados por el PNOA, puede observarse cómo la distribución de parcelas se

realiza sobre gran parte de las masas arboladas adultas y, en especial, en aquellas donde la densidad parece ser mayor y por tanto tienen más urgencia de intervención selvícola, de acuerdo con la filosofía del método de ordenación por rodales:

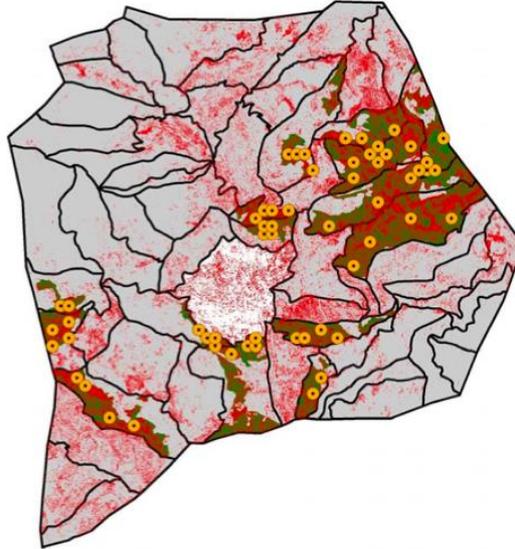


Figura 75. Distribución aleatoria de parcelas de inventario.

Los pixeles rojos representan la vegetación con altura superior o igual a 4 metros.

Fuente: Proyecto de Ordenación de los sistemas Forestales Monte nº 105 - T.M. Serra. 2015.

III.1.2.2 Parámetros dendrométricos:

La medición de los distintos parámetros dendrométricos se ha estructurado en dos unidades básicas de inventario: una parcela de radio variable y una subparcela concéntrica a ésta de 5 metros de radio. A continuación se procede a la definición de los parámetros medidos en cada una de las superficies:

En la parcela se ha procedido a la medición de todos los pies inventariables, considerando estos los pies cuyo diámetro con corteza a la altura normal (1,30 metros) es igual o superior a 7,5 centímetros, adoptando el criterio utilizado por el Inventario Forestal Nacional. La medición de los diámetros se ha realizado siempre en sentido tangente al perímetro de la parcela (perpendicular a la recta que une el centro de la parcela con el eje axial del pie). Con este criterio aleatorio se consigue desestimar el efecto de los crecimientos asociados a orientaciones específicas.

En la subparcela se ha procedido a la caracterización de los pies menores, el regenerado y el matorral, valorando tanto su densidad como su altura media y grado de vitalidad en el caso de las especies principales, y fracción de cabida cubierta y especie en el caso del matorral.

III.1.2.3 Árboles tipo:

Además de las mediciones descritas anteriormente, con objeto de proceder a la creación de las curvas y tarifas necesarias para poder procesar e interpretar los datos tomados, para cada parcela se han seleccionado dos árboles tipo, haciéndolos coincidir con los más próximos al centro de la misma, siempre que cumplieran los siguientes requisitos:

- Ser pies inventariables.
- Pertenecer a alguna de las especies principales (*Pinus halepensis* o *Pinus pinaster* como se define posteriormente).
- No ser pies dominados, perteneciendo por tanto al estrato de pies dominantes o co-dominantes (en caso contrario induciría a un sesgo en la estimación de la relación altura diámetro normal).
- Presentar un fuste con un eje axial vertical. Este requisito está asociado a las limitaciones existentes para la medición de su altura. Presentar un eje axial vertical no implica necesariamente un fuste recto, pudiendo existir pies con fustes tortuosos pero que guarden cierta verticalidad, pudiendo servir perfectamente como árboles tipo.

Para cada uno de los árboles tipo se procedió a la medición de los siguientes parámetros:

- Especie.
- Dos diámetros normales, medidos en cruz según las direcciones cardinales principales.
- Altura total
- Parámetro "f" de forma de cubicación, según metodología para la cubicación de árboles tipo del Inventario Forestal Nacional.

Además, para determinados pies se ha medido también la edad, intentando conseguir una muestra representativa de la unidad inventarial con un mínimo de 5 mediciones, correspondiendo éstas a pies pertenecientes a la clase artificial de edad principal.

Curvas y tarifas:

Con la información recopilada de todos y cada uno de los árboles tipo, se ha procedido a la creación de las correspondientes curvas y tarifas.

Como base para la creación estas curvas y tarifas, se parte de las súper tarifas propuestas por el Tercer Inventario Forestal Nacional para la provincia de Valencia, elaboradas a partir del apeo de árboles tipo para toda la provincia. Se trata de regresiones que correlacionan el volumen total y el crecimiento con parámetros dendrométricos como el diámetro normal o la altura. Estas tarifas son genéricas, de dos entradas y están elaboradas en promedio para todo el territorio provincial. Se hace preciso por tanto su transformación en tarifas de una entrada

(V(dn), Iv (dn)) con el fin de adaptar éstas a la calidad de estación concreta de la zona objeto de estudio.

Dada la escala de trabajo y la homogeneidad en cuanto a las condiciones edáficas y climáticas en los rodales seleccionados para la ejecución del inventario por muestreo dasométrico, no se ha considerado oportuno la discriminación de calidades (todos los rodales son de calidad relativa *media-alta*), agrupando todos los árboles tipo para la construcción de estas tarifas de *calidad única* por especie. Por tanto, se ha procedido a la agrupación de árboles tipo, puesto que se precisa disponer de un número mínimo de 30 datos para la creación fidedigna de la correspondiente regresión conforme al Teorema Estadístico del Límite Central, pudiendo estimar además el error estándar a partir de la desviación típica de la media muestral sin tener que recurrir a otros estadísticos.

Para las especies menos representadas en los rodales (*Pinus halepensis* y *Pinus pinaster*), dado que el número de árboles tipo que han constituido la muestra extendida no ha alcanzado el mínimo necesario para realizar un ajuste por regresión, se ha optado por incluir árboles tipo del Tercer Inventario Forestal Nacional de las proximidades del monte y pertenecientes al mismo estrato de vegetación para la construcción de las curvas y tarifas.

A partir de esta agrupación, se ha elaborado una tarifa específica de una entrada para cada especie principal, de calidad única (un total de dos funciones estocásticas por cada nueva variable a caracterizar).

- Análisis de los datos obtenidos en los árboles tipo, comprobando unidades y su lógica.
- Depuración de datos, detectando posibles “*outliers*” mediante el método de depuración del rango intercuartílico y diagramas de dispersión.
- Introducción de tarifas de dos entradas (\varnothing_n y $htot$) del Tercer Inventario Forestal Nacional para la cubicación de los árboles tipo considerando el parámetro de forma.
- Regresión entre los pares de valores de cada árbol tipo (\varnothing_n y cada una de las variables recién obtenidas) para sacar una tarifa de una entrada para cada calidad de estación y especie, analizando los resultados para ver su bondad.
- Validación del modelo a través del análisis de sus residuos, contrastando las hipótesis básicas de normalidad, independencia, linealidad y homocedasticidad tanto de la variable como de sus residuales.

La regresión entre los pares de valores “ \varnothing_n ” y “variables obtenidas de súper tarifas” se ha realizado de la siguiente manera:

- Se ha representado la nube de puntos (\varnothing_n , variable de súper tarifa) para ver la forma aproximada que tenía.

- Se han probado distintas formas de regresión para ver cuál es la que mejora ajusta (mínima suma de residuos al cuadrado):

- Lineal $y = c \cdot \varnothing_n + d$
- Polinomial (orden 2) $y = b \cdot \varnothing_n^2 + c \cdot \varnothing_n + d$
- Polinomial (orden 3) $y = a \cdot \varnothing_n^3 + b \cdot \varnothing_n^2 + c \cdot \varnothing_n + d$
- Logarítmica $y = c \cdot \ln(\varnothing_n) + d$
- Potencial $y = c \cdot \varnothing_n^d$
- Exponencial $y = c \cdot e^{(d \cdot \varnothing_n)}$

Se ha procedido al estudio del coeficiente de correlación múltiple R^2 , las sumas de los cuadrados residuales y totales y el coeficiente F, cociente entre la media de la suma de los cuadrados residual y la media de la suma de los cuadrados total, viendo cuál de los anteriores casos se ajusta mejor.

- Se ha comprobado si los valores obtenidos eran lógicos, no dan problemas en cuanto a máximos o mínimos (caso de las parabólicas) y se ajustan a lo que cabe esperar en función de un determinado valor de \varnothing_n .
- Se han contrastado los valores esperados frente a los residuos para ver si la distribución de estos era uniforme, comprobando los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia.

En el correspondiente Anejo estadístico del Proyecto de Ordenación del M.U.P. de Serra pueden encontrarse todas y cada una de las tarifas creadas y utilizadas en el presente Proyecto en su expresión tanto gráfica como analítica.

III.1.2.4 Errores en la estimación de parámetros medios

Se ha procedido a la determinación de los errores relativos, absolutos e intervalos de confianza para el conjunto de rodales sobre los que se ha realizado el inventario dasométrico. Dichos errores hacen referencia a la estimación del valor promedio para cada uno de los cuarteles de las variables área basimétrica total y volumen maderable. Se ha planteado referir los errores a estas variables por las siguientes cuestiones:

- Respecto al *área basimétrica*, se ha considerado oportuno tal estimación por tratarse de una variable de medición insesgada, no estando su estimación influenciada por la aplicación de ninguna tarifa intermedia. Además, esta variable está directa y positivamente correlacionada con el volumen total, habiendo sido por otro lado la variable utilizada para el diseño del inventario. El hecho de referir los errores a

variables asociadas a la totalidad de la masa y no a una determinada fracción como pudiera ser la maderable responde a la importancia de la incorporación del aprovechamiento de biomasa forestal, si no como posible producto, puesto que todavía no existe un mercado consolidado, al menos como elemento a gestionar. De haberse realizado la estimación de errores teniendo en cuenta exclusivamente la fracción maderable, no habría sido posible conocer el grado de incertidumbre con que ha sido estimado este parámetro, ya que su mayor representatividad se da en las clases diamétricas inferiores, que no tienen cabida en el mercado de la madera.

- Por otro lado, se han referido además los errores al *volumen maderable* por ser congruente con las directrices establecidas en las Instrucciones Generales para la Ordenación de Montes Arbolados, donde se fijan los intervalos de error para este parámetro.

Las siguientes tablas muestran el resumen estadístico del inventario forestal planteado con las consideraciones descritas. Los datos se muestran en todos los casos para una probabilidad fiducial del 95 %, conforme a las vigentes Instrucciones de 1.970.

Tal y como se pone de manifiesto en la tabla anterior, los errores a nivel de agrupación de rodales (estrato) son inferiores a las recomendaciones establecidas en las vigentes I.G.O.M.A. incluso para cuarteles con destino de producción de madera, lo que pone de manifiesto que la cuantificación de las existencias asociadas a la posibilidad selvícola que se plantea sobre estos rodales se ha realizado con un elevado grado de detalle.

RESUMEN ESTADÍSTICO		
	Área Basimétrica	Volumen Maderable
<i>Media Poblacional Inferida</i>	24,70 m ² / ha	99,43 m ³ / ha
Error Relativo	7,11 %	10,23 %
<i>Error Absoluto</i>	1,76 m ² / ha	10,17 m ³ / ha
<i>Intervalo de Confianza</i>	22,95 < A.B. _m < 26,47	89,26 < V tot. _m < 109,60

Tabla 32. Resumen de parámetros estadísticos para el conjunto de rodales productores del monte.

Fuente: Proyecto de Ordenación de los sistemas Forestales Monte nº 105 - T.M. Serra. 2015.

Por otro lado, el hecho de que el error en volumen maderable sea superior al error en área basimétrica se debe a la aplicación de tarifas intermedias para la obtención del mismo, donde se introduce un sesgo inevitable derivado de la bondad del ajuste del modelo que termina por incrementar la variabilidad entre valores medios de parcelas, cosa que no sucede en el caso del área basimétrica por tratarse de una variable de medición directa.

A partir de los resultados del Inventario Forestal, tal y como se acaba de comentar, se ha procedido a la estimación de la biomasa forestal utilizando para ello las tarifas propuestas por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (I.N.I.A.).

Estas tarifas permiten la cubicación de las distintas fracciones del pie en función de su diámetro normal, y han sido ajustadas a través de valores modulares de distintos árboles tipo apeados en diferentes ubicaciones geográficas, por lo que su utilización se corresponde con una tarifa de calidad genérica, aplicable a todo el territorio nacional.

En dicha estimación se ha supuesto todas las fracciones no pertenecientes al fuste como susceptibles de aprovechamiento integral con fines energéticos u otros. Además, para el caso de pies muertos, todo el árbol completo ha sido cubicado como biomasa forestal, aunque en este caso se ha suprimido la fracción perteneciente a la chasca (ramillas y acículas).

III.1.2.5 Tablas resumen:

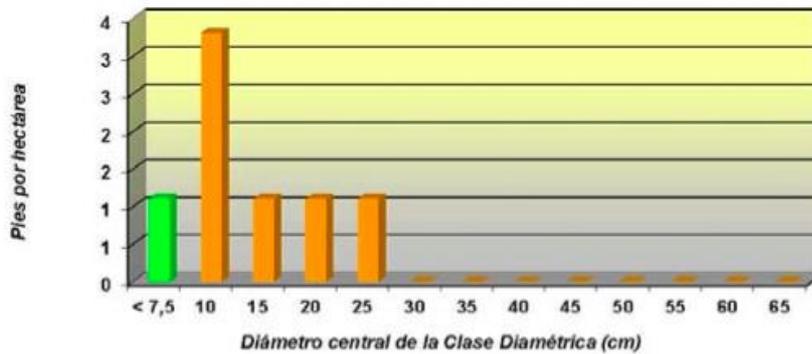
En las siguientes páginas se muestran los datos medios a nivel de conjunto de rodales para cada una de las especies presentes, así como los datos totales para el conjunto de especies principales con sus respectivos errores e intervalos de confianza

EXISTENCIAS POR TRAMO Y ESPECIE

MONTE	SERRA	ESPECIE	Ceratonia siliqua
SECCIÓN	PÚBLICA/PRIVADA	CATEGORÍA	SECUNDARIA
CUARTEL	A - ALT DEL PI	CALIDAD	TODAS
GRUPO	INTERVENCIÓN	TARIFA	TODAS
RODALES	MEJORA SELVÍCOLA	CABIDA POBLADA	453,49 hectáreas

Tabla Resumen de Existencias

C. DIAMÉTRICA	Por hectárea poblada						Totales			
	Nk	Gk	Hm	Vcc	Iv	Biom.	N	Vcc	Iv	Biom.
	pies/ha	m ² /ha	m	m ² /ha	m ² /ha-a	Ton/ha	pies	m ²	m ² /año	Ton
< 7,5 (N.I.)	1,10	---	---	---	---	---	500	---	---	---
7,5 - 12,5	3,31	0,03	---	---	---	---	1501	---	---	---
12,5 - 17,5	1,10	0,02	---	---	---	---	500	---	---	---
17,5 - 22,5	1,10	0,03	---	---	---	---	500	---	---	---
22,5 - 27,5	1,10	0,05	---	---	---	---	500	---	---	---
27,5 - 32,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
32,5 - 37,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
37,5 - 42,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
42,5 - 47,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
47,5 - 52,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
52,5 - 57,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
57,5 - 62,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
62,5 - 67,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
TOTAL / PROM	6,62	0,13		m²/ha	m²/año	Ton/ha	N	Vcc	Iv	Biom.
TOTALES POR HECTÁREA POBLADA							pies	m²	m²/año	Ton
EXISTENCIAS TOTALES, CRECIMIENTOS Y BIOMASA RESIDUAL							3002			



Resumen de Parámetros Dasométricos

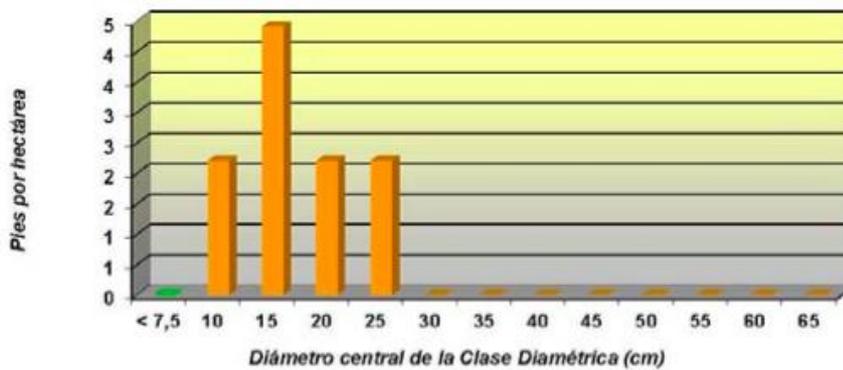
Densidad Pies Inventariables	7	pies / ha
Área Basimétrica	0,1297	m ² / ha
Diámetro Medio Cuadrático	17,00	cm
Diámetro Dominante	16,90	cm

EXISTENCIAS POR TRAMO Y ESPECIE

MONTE	SERRA	ESPECIE	Olea europaea
SECCIÓN	PÚBLICA/PRIVADA	CATEGORÍA	SECUNDARIA
CUARTEL	A - ALT DEL PI	CALIDAD	TODAS
GRUPO	INTERVENCIÓN	TARIFA	TODAS
RODALES	MEJORA SELVÍCOLA	CABIDA POBLADA	453,49 hectáreas

Tabla Resumen de Existencias

C. DIAMÉTRICA	Por hectárea poblada						Totales			
	Nk	Gk	Hm	Vcc	Iv	Biom.	N	Vcc	Iv	Biom.
	pies/ha	m ² /ha	m	m ³ /ha	m ³ /ha-a	Ton/ha	pies	m ³	m ³ /año	Ton
< 7,5 (N.I.)	0,00	---	---	---	---	---	0	---	---	---
7,5 - 12,5	2,21	0,02	---	---	---	---	1001	---	---	---
12,5 - 17,5	4,41	0,08	---	---	---	---	2002	---	---	---
17,5 - 22,5	2,21	0,07	---	---	---	---	1001	---	---	---
22,5 - 27,5	2,21	0,11	---	---	---	---	1001	---	---	---
27,5 - 32,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
32,5 - 37,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
37,5 - 42,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
42,5 - 47,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
47,5 - 52,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
52,5 - 57,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
57,5 - 62,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
62,5 - 67,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
TOTAL / PROM	11,03	0,27		m³/ha	m³/añ	Ton/ha	N	Vcc	Iv	Biom.
TOTALES POR HECTÁREA POBLADA							pies	m³	m³/añ	Ton
EXISTENCIAS TOTALES, CRECIMIENTOS Y BIOMASA RESIDUAL							5004			



Resumen de Parámetros Dasométricos

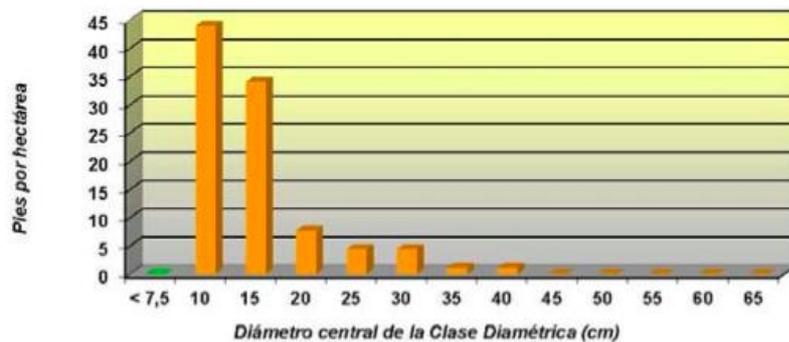
Densidad Pies Inventariables	11	<i>pies / ha</i>
Área Basimétrica	0,2737	<i>m² / ha</i>
Diámetro Medio Cuadrático	17,40	<i>cm</i>
Diámetro Dominante	17,60	<i>cm</i>

EXISTENCIAS POR TRAMO Y ESPECIE

MONTE	SERRA	ESPECIE	Pies muertos
SECCIÓN	PÚBLICA/PRIVADA	CATEGORÍA	PRINCIPAL
CUARTELES	A,B,C	CALIDAD	TODAS
GRUPO	INTERVENCIÓN	TARIFA	TODAS
RODALES	MEJORA SELVÍCOLA	CABIDA POBLADA	453,49 hectáreas

Tabla Resumen de Existencias

C. DIAMÉTRICA	Por hectárea poblada						Totales						
	Nk <i>ples/ha</i>	Gk <i>m²/ha</i>	Hm <i>m</i>	Vcc <i>m²/ha</i>	Iv <i>m²/ha-a</i>	Biom. <i>Ton/ha</i>	N <i>ples</i>	Vcc <i>m²</i>	Iv <i>m²/año</i>	Biom. <i>Ton</i>			
< 7,5 (N.I.)	0,00	---	---	---	---	---	0	---	---	---			
7,5 - 12,5	43,97	0,35	5,7	0,00	0,00	0,58	19938	0	0,0	261			
12,5 - 17,5	34,03	0,60	7,6	0,00	0,00	1,12	15434	0	0,0	508			
17,5 - 22,5	7,69	0,24	9,3	0,00	0,00	0,48	3487	0	0,0	219			
22,5 - 27,5	4,41	0,22	10,9	0,00	0,00	0,47	2002	0	0,0	215			
27,5 - 32,5	4,41	0,31	12,4	0,00	0,00	0,72	2002	0	0,0	328			
32,5 - 37,5	1,10	0,11	13,8	0,00	0,00	0,26	500	0	0,0	117			
37,5 - 42,5	1,10	0,14	15,2	0,00	0,00	0,35	500	0	0,0	159			
42,5 - 47,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0			
47,5 - 52,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0			
52,5 - 57,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0			
57,5 - 62,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0			
62,5 - 67,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0			
TOTAL / PROM	96,72	1,96	8,0	m²/ha	m²/año	Ton/ha	N	Vcc	Iv	Biom.			
TOTALES POR HECTÁREA POBLADA							0,00	0,00	3,99	ples	m²	m²/año	Ton
EXISTENCIAS TOTALES, CRECIMIENTOS Y BIOMASA RESIDUAL							43863	0	0,0	1807			



	<u>P. MENORES</u>	<u>REGENERADO</u>	<u>PLÁNTULAS</u>
Densidad (<i>ples / ha</i>)	0	0	0
Altura media (<i>cm</i>)	0	0	0
Supervivencia asegurada (%)	0	0	0

Resumen de Parámetros Dasométricos

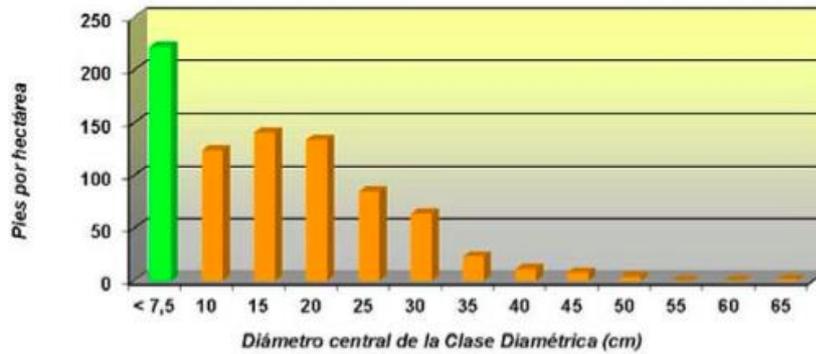
Densidad Pies Inventariables	97	<i>ples / ha</i>
Área Basimétrica	1,9602	<i>m² / ha</i>
Diámetro Medio Cuadrático	16,70	<i>cm</i>
Diámetro Dominante	18,00	<i>cm</i>
Altura Media	8	<i>m</i>
Altura Dominante	8,5	<i>m</i>

EXISTENCIAS POR TRAMO Y ESPECIE

MONTE	SERRA	ESPECIE	<i>Pinus halepensis</i>
SECCIÓN	PÚBLICA/PRIVADA	CATEGORÍA	PRINCIPAL
CUARTELES	A,B,C	CALIDAD	TODAS
GRUPO	INTERVENCIÓN	TARIFA	TODAS
RODALES	MEJORA SELVÍCOLA	CABIDA POBLADA	453,49 hectáreas

Tabla Resumen de Existencias

C. DIAMÉTRICA	Por hectárea poblada						Totales			
	Nk <i>pies/ha</i>	GK <i>m²/ha</i>	Hm <i>m</i>	Vcc <i>m²/ha</i>	Iv <i>m²/ha-a</i>	Biom. <i>Ton/ha</i>	N <i>pies</i>	Vcc <i>m²</i>	Iv <i>m²/año</i>	Biom. <i>Ton</i>
< 7,5 (N.I.)	222,10	---	---	---	---	---	100722	---	---	---
7,5 - 12,5	124,00	0,97	5,7	2,53	0,15	1,13	56233	1150	67,5	512
12,5 - 17,5	140,52	2,48	7,6	8,02	0,45	3,12	63723	3637	203,9	1415
17,5 - 22,5	133,83	4,20	9,3	15,83	0,70	5,57	60689	7178	315,6	2524
22,5 - 27,5	84,45	4,15	10,9	17,57	0,61	6,30	38296	7970	275,7	2857
27,5 - 32,5	63,62	4,50	12,4	21,01	0,59	7,27	28851	9528	265,4	3299
32,5 - 37,5	23,10	2,22	13,8	11,27	0,26	3,80	10477	5112	117,3	1725
37,5 - 42,5	11,03	1,39	15,2	7,55	0,15	2,50	5004	3424	66,1	1134
42,5 - 47,5	7,72	1,23	16,5	7,12	0,12	2,32	3503	3230	53,2	1054
47,5 - 52,5	3,31	0,65	17,8	3,99	0,06	1,29	1501	1807	25,8	584
52,5 - 57,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0
57,5 - 62,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0
62,5 - 67,5	1,10	0,37	21,4	2,58	0,03	0,54	500	1171	11,6	246
TOTAL / PROM	592,69	22,15	11,0	m²/ha	m²/año	Ton/ha	N	Vcc	Iv	Biom.
TOTALES POR HECTÁREA POBLADA				97,48	3,09	33,84	pies	m²	m²/año	Ton
EXISTENCIAS TOTALES, CRECIMIENTOS Y BIOMASA RESIDUAL							268779	44206	1402,2	15348



	<u>P. MENORES</u>	<u>REGENERADO</u>	<u>PLÁNTULAS</u>
Densidad (pies / ha)	222	0	0
Altura media (cm)	14	0	0
Supervivencia asegurada (%)	50	0	0

Resumen de Parámetros Dasométricos

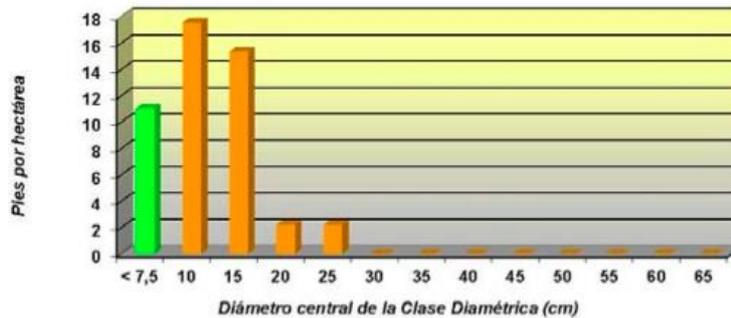
Densidad Pies Inventariables	593	<i>pies / ha</i>
Área Basimétrica	22,1535	<i>m² / ha</i>
Diámetro Medio Cuadrático	27,30	<i>cm</i>
Diámetro Dominante	42,60	<i>cm</i>
Altura Media	11	<i>m</i>
Altura Dominante	14,9	<i>m</i>

EXISTENCIAS POR TRAMO Y ESPECIE

MONTE	SERRA	ESPECIE	<i>Pinus pinaster</i>
SECCIÓN	PÚBLICA/PRIVADA	CATEGORÍA	PRINCIPAL
CUARTELES	A,B,C	CALIDAD	TODAS
GRUPO	INTERVENCIÓN	TARIFA	TODAS
RODALES	MEJORA SELVÍCOLA	CABIDA POBLADA	453,49 hectáreas

Tabla Resumen de Existencias

C. DIAMÉTRICA	Por hectárea poblada						Totales			
	Nk	Gk	Hm	Vcc	Iv	Biom.	N	Vcc	Iv	Biom.
	pies/ha	m ² /ha	m	m ² /ha	m ² /ha-a	Ton/ha	pies	m ²	m ² /año	Ton
< 7,5 (N.I.)	11,00	---	---	---	---	---	4988	---	---	---
7,5 - 12,5	17,55	0,14	5,7	0,36	0,02	0,06	7960	163	9,6	28
12,5 - 17,5	15,34	0,27	7,6	0,88	0,05	0,14	6959	397	22,3	63
17,5 - 22,5	2,21	0,07	9,3	0,26	0,01	0,04	1001	118	5,2	18
22,5 - 27,5	2,21	0,11	10,9	0,46	0,02	0,07	1001	208	7,2	31
27,5 - 32,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0
32,5 - 37,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0
37,5 - 42,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0
42,5 - 47,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0
47,5 - 52,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0
52,5 - 57,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0
57,5 - 62,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0
62,5 - 67,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0
TOTAL / PROM	37,31	0,59	7,1	m²/ha	m²/año	Ton/ha	N	Vcc	Iv	Biom.
TOTALES POR HECTÁREA POBLADA				1,95	0,10	0,31	pies	m²	m²/año	Ton
EXISTENCIAS TOTALES, CRECIMIENTOS Y BIOMASA RESIDUAL							16920	887	44,2	140



	<u>P. MENORES</u>	<u>REGENERADO</u>	<u>PLÁNTULAS</u>
Densidad (pies / ha)	11	0	0
Altura media (cm)	2	0	0
Supervivencia asegurada (%)	50	0	0

Resumen de Parámetros Dasométricos

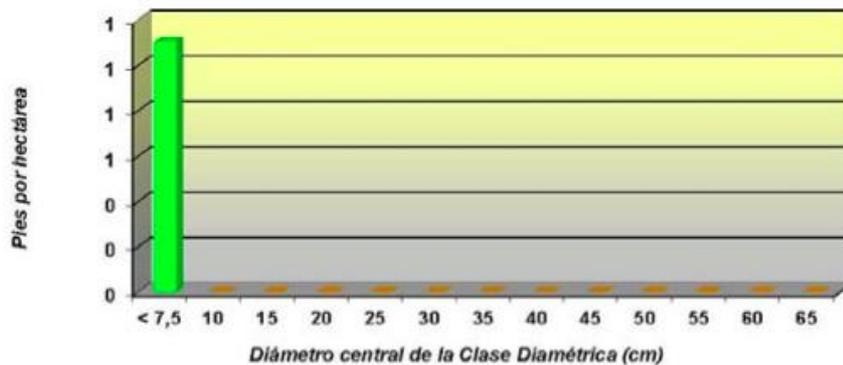
Densidad Pies Inventariables	37	pies / ha
Área Basimétrica	0,5873	m ² / ha
Diámetro Medio Cuadrático	13,80	cm
Diámetro Dominante	19,30	cm
Altura Media	7,1	m
Altura Dominante	9,1	m

EXISTENCIAS POR TRAMO Y ESPECIE

MONTE	SERRA	ESPECIE	Quercus ilex
SECCIÓN	PÚBLICA/PRIVADA	CATEGORÍA	SECUNDARIA
CUARTEL	A - ALT DEL PI	CALIDAD	TODAS
GRUPO	INTERVENCIÓN	TARIFA	TODAS
RODALES	MEJORA SELVÍCOLA	CABIDA POBLADA	453,49 hectáreas

Tabla Resumen de Existencias

C. DIAMÉTRICA	Por hectárea poblada						Totales			
	Nk <i>pies / ha</i>	GK <i>m² / ha</i>	Hm <i>m</i>	Vcc <i>m³ / ha</i>	Iv <i>m³ / ha a</i>	Biom. <i>Ton / ha</i>	N <i>pies</i>	Vcc <i>m³</i>	Iv <i>m³ / año</i>	Biom. <i>Ton</i>
< 7,5 (N.I.)	1,10	---	---	---	---	---	500	---	---	---
7,5 - 12,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
12,5 - 17,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
17,5 - 22,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
22,5 - 27,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
27,5 - 32,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
32,5 - 37,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
37,5 - 42,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
42,5 - 47,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
47,5 - 52,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
52,5 - 57,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
57,5 - 62,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
62,5 - 67,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
TOTAL / PROM	0,00	0,00		<i>m³ / ha</i>	<i>m³ / añ</i>	<i>Ton / ha</i>	N	Vcc	Iv	Biom.
TOTALES POR HECTÁREA POBLADA							<i>pies</i>	<i>m³</i>	<i>m³ / añ</i>	<i>Ton</i>
EXISTENCIAS TOTALES, CRECIMIENTOS Y BIOMASA RESIDUAL							0			



Resumen de Parámetros Dasométricos

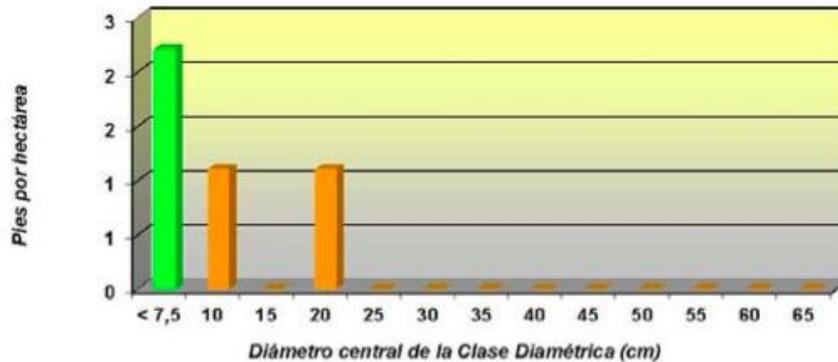
Densidad Pies Inventariables	0	<i>pies / ha</i>
Área Basimétrica	0,0000	<i>m² / ha</i>
Diámetro Medio Cuadrático	0,00	<i>cm</i>
Diámetro Dominante	0,00	<i>cm</i>

EXISTENCIAS POR TRAMO Y ESPECIE

MONTE	SERRA	ESPECIE	Quercus suber
SECCIÓN	PÚBLICA/PRIVADA	CATEGORÍA	SECUNDARIA
CUARTEL	A - ALT DEL PI	CALIDAD	TODAS
GRUPO	INTERVENCIÓN	TARIFA	TODAS
RODALES	MEJORA SELVÍCOLA	CABIDA POBLADA	453,49 hectáreas

Tabla Resumen de Existencias

C. DIAMÉTRICA	Por hectárea poblada						Totales			
	Nk <i>ples/ha</i>	Gk <i>m²/ha</i>	Hm <i>m</i>	Vcc <i>m²/ha</i>	Iv <i>m²/ha a</i>	Biom. <i>Ton/ha</i>	N <i>ples</i>	Vcc <i>m²</i>	Iv <i>m²/año</i>	Biom. <i>Ton</i>
< 7,5 (N.I.)	2,21	---	---	---	---	---	1001	---	---	---
7,5 - 12,5	1,10	0,01	---	---	---	---	500	---	---	---
12,5 - 17,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
17,5 - 22,5	1,10	0,03	---	---	---	---	500	---	---	---
22,5 - 27,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
27,5 - 32,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
32,5 - 37,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
37,5 - 42,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
42,5 - 47,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
47,5 - 52,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
52,5 - 57,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
57,5 - 62,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
62,5 - 67,5	0,00	0,00	---	---	---	---	0	---	---	---
TOTAL / PROM	2,21	0,04		<i>m²/ha</i>	<i>m²/año</i>	<i>Ton/ha</i>	N	Vcc	Iv	Biom.
TOTALES POR HECTÁREA POBLADA							<i>ples</i>	<i>m²</i>	<i>m²/año</i>	<i>Ton</i>
EXISTENCIAS TOTALES, CRECIMIENTOS Y BIOMASA RESIDUAL							1001			



Resumen de Parámetros Dasométricos

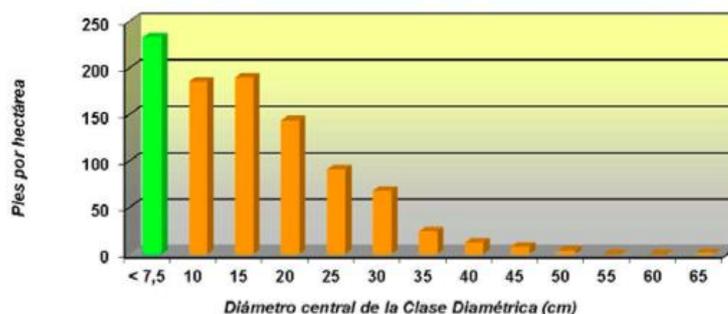
Densidad Pies Inventariables	2	<i>ples/ha</i>
Área Basimétrica	0,0387	<i>m²/ha</i>
Diámetro Medio Cuadrático	12,80	<i>cm</i>
Diámetro Dominante	12,80	<i>cm</i>

EXISTENCIAS TOTALES POR TRAMO

MONTE	SERRA	ESPECIE	TODAS
SECCIÓN	PÚBLICA/PRIVADA	TARIFA	TODAS (VOL. PPALES)
CUARTELES	A,B,C	CALIDAD	TODAS
GRUPO	INTERVENCIÓN	Nº PARCELAS	58
RODALES	MEJORA SELVÍCOLA	CABIDA POBLADA	453,49 hectáreas

Tabla Resumen de Existencias

C. DIAMÉTRICA	Por hectárea poblada						Totales						
	Nk	Gk	Hm	Vcc	Iv	Biom.	N	Vcc	Iv	Biom.			
	pies / ha	m ² / ha	m	m ³ / ha	m ³ / ha a	Ton / ha	pies	m ²	m ³ / año	Ton			
< 7,5 (N.I.)	233,10	---	---	---	---	---	105710	---	---	---			
7,5 - 12,5	185,52	1,46	5,7	2,89	0,17	1,77	84130	1312	77,0	801			
12,5 - 17,5	189,90	3,36	7,6	8,90	0,50	4,38	86116	4035	226,2	1986			
17,5 - 22,5	143,72	4,51	9,3	16,09	0,71	6,09	65177	7296	320,8	2781			
22,5 - 27,5	91,07	4,47	10,9	18,03	0,62	6,84	41299	8178	282,9	3103			
27,5 - 32,5	68,03	4,81	12,4	21,01	0,59	8,00	30853	9528	265,4	3627			
32,5 - 37,5	24,21	2,33	13,8	11,27	0,26	4,06	10978	5112	117,3	1842			
37,5 - 42,5	12,14	1,53	15,2	7,55	0,15	2,85	5504	3424	66,1	1293			
42,5 - 47,5	7,72	1,23	16,5	7,12	0,12	2,32	3503	3230	53,2	1054			
47,5 - 52,5	3,31	0,65	17,8	3,99	0,06	1,29	1501	1807	25,8	584			
52,5 - 57,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0			
57,5 - 62,5	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,0	0			
62,5 - 67,5	1,10	0,37	21,4	2,58	0,03	0,54	500	1171	11,6	246			
TOTAL / PROM	726,72	24,70	10,40	m ³ / ha	m ³ / añ	Ton / ha	N	Vcc	Iv	Biom.			
TOTALES POR HECTÁREA POBLADA							99,43	3,19	38,14	pies	m ²	m ³ / añ	Ton
EXISTENCIAS TOTALES, CRECIMIENTOS Y BIOMASA RESIDUAL							329562	45093	1446,4	17296			



	P. MENORES	REGENERADO	PLÁNTULAS
RESUMEN PIES NO INVENTARIABLES	Densidad (pies / ha)	233	0
	Altura media (cm)	13	0
	Supervivencia asegurada (%)	50	0
RESUMEN PARÁMETROS DASOMÉTRICOS	Diámetro Medio Cuadrático	25,20	cm
	Diámetro Dominante	38,10	cm
	Altura Media	10,4	m
	Altura Dominante	13,8	m
RESUMEN ESTADÍSTICO	Coef. Variación (AB / Vol)	27,1 / 39	%
	Error Relativo A.B. (95 % P. fid.)	7,11	%
	Error Relativo en Volumen (95% P. fid.)	10,23	%
	Error Absoluto en Área Basimétrica	1,76	m ² / ha
	Error Absoluto en Volumen	10,17	m ³ / ha
	Intervalo Confianza A.B. (m ² / ha)	22,95 < AB med < 26,47	
	Intervalo Confianza Volumen (m ³ / ha)	89,26 < Vol med < 109,6	

Tabla 33. Tablas de existencia de biomasa por tramo y especie.

Fuente: Proyecto de Ordenación de los sistemas Forestales Monte nº 105 - T.M. Serra. 2015.

III.1.3 Sociedad y economía:

III.1.3.1 Demografía:

Según el Censo Poblacional del Instituto Nacional de Estadística, la población del municipio de Serra ha pasado de 1.126 habitantes en 1998, a 3.068 en 2017, alcanzando la cifra máxima de 3.356 en el año 2012.



Figura 76. Cifras oficiales de población para el municipio de Serra, serie 1996-2017.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. 2018.

Esto supone que el municipio de Serra ha experimentado un aumento de la población sostenido a lo largo del tiempo, desde el año 1998 hasta el año 2012, comenzando, a partir de ahí un cierto declive, hasta alcanzar la cifra actual de 3.068 habitantes para el año 2017.

El movimiento natural de una población es aquel que muestra el crecimiento o descenso del número de habitantes, atendiendo únicamente a los nacimientos y defunciones. A partir de estos datos se calcula además el crecimiento vegetativo que presenta la población así como su tasa de natalidad y de mortalidad. En la siguiente tabla podemos ver todos estos datos referidos al municipio de Serra entre los años 2011 y 2015.

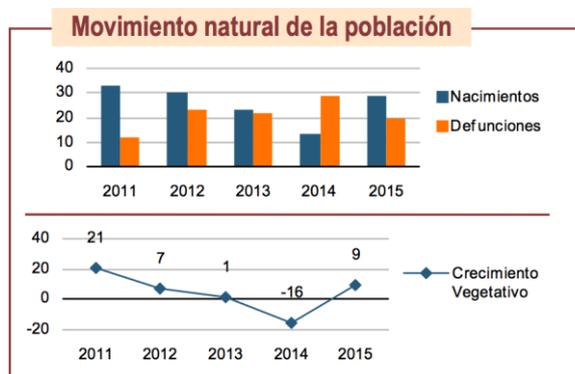


Figura 77. Cifras oficiales de movimiento natural de la población para el municipio de Serra, serie 2011-2015.

Fuente: Generalitat Valenciana. 2018.

En la pirámide poblacional de Serra se observa que la mayor parte de la población se concentra entre los 50 y 54 años. A partir de esta edad, la población comienza a descender de forma paulatina, aunque conservando cifras relativamente altas.

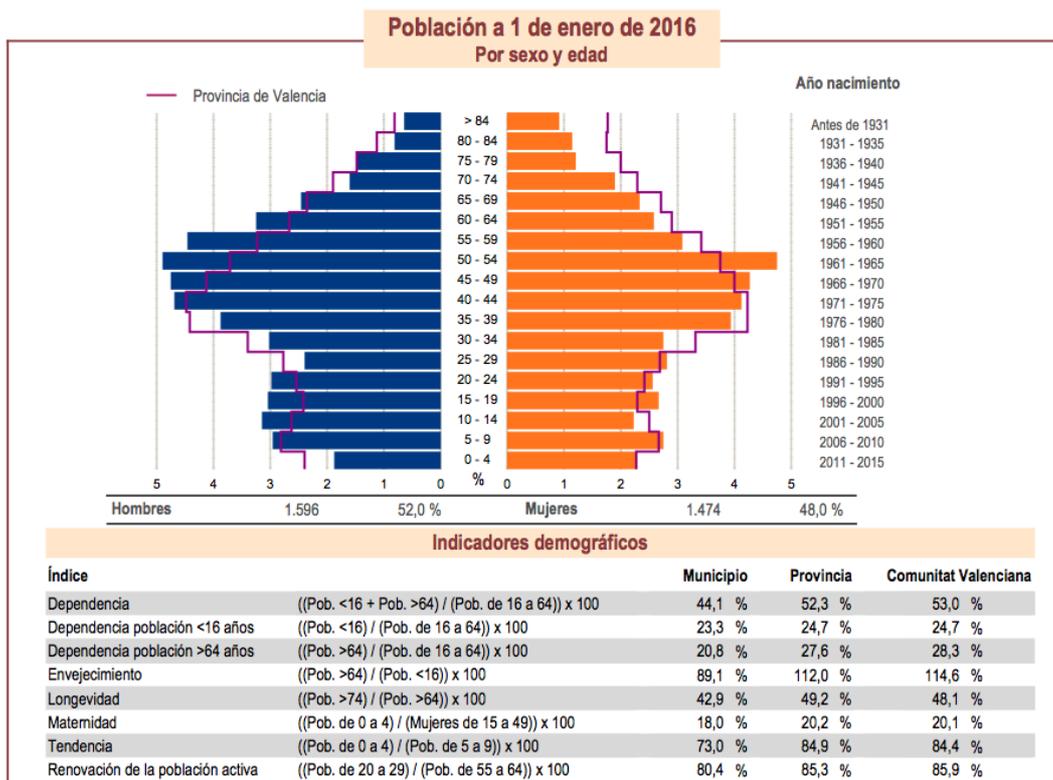


Figura 78. Pirámide poblacional para el municipio de Serra.

Fuente: Generalitat Valenciana. 2018.

Si se compara la base de la pirámide con la punta de la misma, puede observarse que la población más joven, entendiéndose como tal aquella que va desde los 0 a los 19 años es superior frente a la franja más alta de la pirámide, es decir, aquella que comprende a partir de los 65 años de edad en adelante.

En total, estos datos hacen resaltar una de las características más visibles del municipio, aquella que se refiere al progresivo rejuvenecimiento de la población, que se aparta del tradicional envejecimiento que viene experimentándose en los últimos años en el conjunto nacional.

En su conjunto, la presencia de hombres y mujeres es bastante similar en el municipio, sin embargo presenta diferencias en función de la franja de edad en la que se analicen los datos; por ejemplo, entre los 25 y los 29 años, el porcentaje de hombres es mayor, en contrapartida, a

partir de los 65 años, la cantidad de mujeres es superior. En el resto de las franjas de edad, la proporción se mantiene similar, con algunas excepciones.

Si se compara en el municipio el número de emigraciones con relación al número de inmigraciones, puede observarse que es bastante superior la cantidad de personas que inmigran; en ambos casos se observa un incremento en el tiempo, mayor en el caso de las inmigraciones, por lo que esta diferencia parece estar atenuándose.

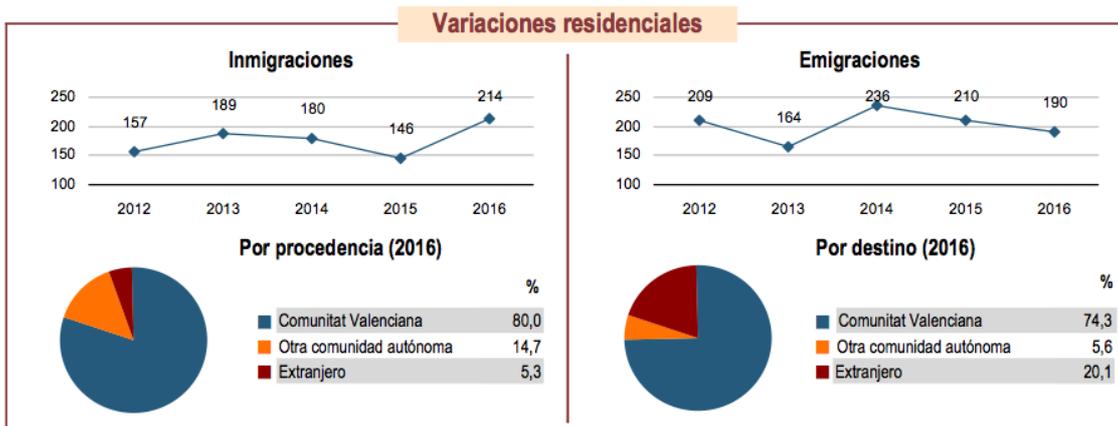


Figura 79. Variaciones residenciales para el municipio de Serra.

Fuente: Generalitat Valenciana. 2018.

Las actividades agrarias y forestales han constituido la base del sistema económico tradicional de Serra. Ambas actividades fueron perdiendo importancia a favor de la agricultura durante los siglos posteriores, hasta los albores del siglo XX. Desde el siglo XX, las tierras han ido perdiendo su significado económico, inmersas en una crisis agraria generalizada. Los cultivos de regadío tradicionales (frutales, hortalizas de temporada) han ido abandonándose, mientras que las tierras de secano han retrocedido como consecuencia del continuo receso en el número de agricultores dedicados a esta actividad.

La estructura económica del municipio ha tenido, desde finales de los años 60, al sector de la construcción ligado a segundas residencias como eje principal de la economía, seguido por el sector terciario debido a la proximidad del Área Metropolitana de Valencia y quedando el sector primario, en el que se incluye el subsector forestal, como actividad complementaria y residual. Esto ha provocado por lo general un flujo de mano de obra desde el sector primario hacia otros más productivos, teniendo como consecuencia el cese de los cultivos y el abandono de los campos en producción, provocando por una parte un deterioro del paisaje y por otra contribuyendo a aumentar el riesgo de plagas e incendios y amenazando, en definitiva, el Patrimonio Natural de Serra y el futuro del Parque Natural.

En la actualidad los cultivos de secano predominan en Serra, en cuanto a la estructura productiva industrial es mínima; tan sólo se limita a alguna actividad relacionada con la construcción (herrerías, carpinterías...). Últimamente, la economía experimenta cierta tendencia a su diversificación merced al desarrollo parcial del sector terciario. Los servicios dependientes de la administración pública o las actividades relacionadas con el turismo rural (alojamientos, hostelería...) han experimentado cierto dinamismo.

Con objeto de determinar los precios actuales del mercado de madera y leñas en Montes Públicos próximos, a pesar de que NO es la forma de enajenación prevista para los aprovechamientos del monte V105, se ha realizado una investigación en los distintos boletines oficiales, páginas Web de Ayuntamientos y consultas realizadas tanto a Agentes Medioambientales como a empresas especializadas del sector. En los siguientes párrafos se exponen los principales datos obtenidos.

Por Resolución de Alcaldía número 2015-0388, de fecha 21 de abril de 2015, se adjudicó aprovechamiento forestal del Monte de Utilidad Pública no 95, conocido como "*Sierra del Negrete*", sito en el término municipal de Utiel, para el aprovechamiento de 10.740 toneladas de madera, por un importe de 53.700 euros, resultando un precio unitario de **5 euros/tonelada** (IVA excluido).

Asimismo, el Ayuntamiento de Sinarcas adjudicó en 2014 la cantidad de 9.134 toneladas de madera en pie de pino carrasco y rodeno del Monte de Utilidad Pública no 57, "*Solana y Campo de las Herrerías*" por el precio de 90.001 euros, resultando un precio unitario de **9,85 euros/tonelada** (IVA excluido). El precio base de licitación fue de 63.938 euros (IVA excluido), siendo la forma de enajenación a "*riesgo y ventura*" del contratista.

Tal y como puede apreciarse, las últimas subastas de las que se tiene constancia en la Comunidad Valenciana se han realizado en toneladas de biomasa como consecuencia de la actual demanda de astilla procedente del mercado internacional.

Ya a nivel regional, un diagnóstico de la situación del mercado de productos leñosos puede encontrarse en el estudio realizado por la propia Administración Forestal Valenciana durante el año 2012 para la comarca de Utiel-Requena con motivo de la redacción del *Proyecto de Ordenación del Monte de Utilidad Pública V095 "Sierra Negrete" en el T.M. de Utiel (Valencia) para el aprovechamiento de biomasa*.

En este proyecto se afirma que las empresas dispuestas a comprar productos de primera transformación son muy escasas, habiéndose incluso cerrado algunas de las que lo hacían

como el caso de Utisa (empresa dedicada a la producción de tablero en Utiel, que recibía astilla para la fabricación de tableros aglomerados).

Según el citado proyecto, los productos madereros han tenido que buscar su destino fuera de la comarca de Utiel-Requena, siendo los aserraderos situados en el municipio de Mogente los principales receptores de producto. A continuación se detallan los más importantes:

- Tomas Aserradero S. A. Carretera Navalón, S/N, 46640 Moixent/Mogente. Telf. 96 226 01 25. Aserradero fundado en 1.988. Dispone de una plantilla de 14 empleados.
- Mogente Industrial S.A. C/ N 430, S/N, 46640 Moixent/Mogente. Telf. 96 226 10 92. Aserradero fundado en 1.973. Dispone de una plantilla con 34 empleados.

Estas empresas son tanto compradoras del producto de primera transformación, como empresas maderistas adjudicatarias del aprovechamiento en pie que suelen presentarse a las subastas. El proyecto realiza un sondeo de estas empresas, intentando recaudar información acerca de las exigencias tecnológicas del producto en primera transformación, su precio y el destino preferente, extrayéndose las siguientes conclusiones:

- El precio pagado por metro cúbico de madera puesta en aserradero es de **40 euros / tonelada**, margen indicativo del beneficio que obtienen los maderistas una vez aplicados los correspondientes gastos de explotación del recurso.
- El precio pagado es ajeno a la especie para los fines que aquí se destina la madera, pagándose por tanto lo mismo la madera procedente de *Pinus halepensis* y de *Pinus pinaster*.
- El destino principal de la madera es para embalaje y cajerío de frutas y hortalizas.
- El diámetro en punta delgada aprovechable a efectos industriales es de 8 centímetros, desechando aquellas fracciones de fuste de inferior diámetro. Esta consideración es de gran relevancia, ya que pone de manifiesto la adecuación del criterio selvícola establecido para la distinción entre fuste y rabeón, condicionando además las fracciones que deberían destinarse a los aprovechamientos madereros y cuáles podrían destinarse al aprovechamiento de biomasa forestal con otros fines.
- Los diámetros normales con valor industrial para tal fin deben ser preferentemente superiores a 20 centímetros. Esta consideración también es de importancia, ya que permite ajustar el límite diamétrico para la distinción entre productos maderables y productos con destino de aprovechamiento de biomasa.

En relación a la explotación primaria, los maderistas que acuden habitualmente a las subastas de los aprovechamientos de los montes en la comarca de Utiel-Requena, según el citado proyecto, y que posteriormente venden la madera a los aserraderos de Mogente, además de los dos anteriormente citados, son los que se indican a continuación:

- *Maderas Maiques*.

- *Maderas Regolf.*
- *Esteban Cárcel.*
- *Maderas Soler.*
- *Maderas Muñoz.*
- *Maderas Realso.*

En relación al mercado de biomasa forestal, este proyecto pone de manifiesto la inexistencia de industrias de primera transformación dispuestas a comprar el producto. La única empresa que aceptaba hasta hace poco restos forestales en forma de astilla era Utisa, Tableros del Mediterráneo, fábrica de tableros ubicada en el polígono industrial de Utiel. No obstante, desde 2008 restringió la entrada de esta fracción para la producción de tablero aglomerado, nutriéndose a partir de ese momento exclusivamente de sus despojos industriales para tal fin.

Por otro lado, según la información facilitada por las empresas del sector y el servicio de agentes medioambientales, los productos extraídos de los aprovechamientos que actualmente se están ejecutando en las comarcas de Utiel-Requena se están destinando mayoritariamente al **mercado de biomasa** y, en particular, a la exportación de ésta en forma de astilla desde el Puerto de Sagunto. Así, tanto fustes maderables como las copas son astilladas indistintamente, consiguiendo una astilla de mejor calidad (mayor poder calorífico) por la mezcla de astilla de fuste y rama, que encuentra salida en el mercado internacional. No se dispone de información de los precios que esta astilla alcanza en su lugar de origen. Según las mismas fuentes, esta demanda se produce como consecuencia de la subvención en Italia de la producción de energía calorífica para usos domésticos mediante energías renovables y, en particular, mediante pélets.

Como **conclusiones generales** del estudio podrían destacarse las siguientes cuestiones:

- La mano de obra forestal es escasa y el grado de especialización es bajo, debido a la temporalidad de los trabajos, a la escasez de población, al envejecimiento de la misma y a la dedicación casi exclusiva de ésta a sus explotaciones familiares.
- La ausencia de empresas forestales a nivel local y comarcal, tanto de explotación como de primera transformación, supone una salida del valor añadido de los productos forestales, con la consiguiente pérdida de renta para la entidad propietaria.
- El valor actual de la madera se encuentra en mínimos históricos, habiendo sufrido durante los últimos años las mayores depreciaciones conocidas hasta el momento. Esta continua depreciación del producto unida a la creciente demanda por los usos protectores y recreativos como consecuencia de los cambios en las prioridades y necesidades de la sociedad ha otorgado especial importancia a la generación de producciones alternativas, y justifica en gran medida la adopción de modelos de gestión orientados a la producción de externalidades y usos más lúdicos y recreativos.

- En el ámbito de la Comunidad Valenciana, las exigencias tecnológicas de las industrias de primera transformación receptoras durante los últimos años de la madera de los aprovechamientos denotan un actual desinterés por la madera de pequeñas dimensiones, siendo el destino principal el de creación de cajas para embalaje de frutas y hortalizas. Además, el precio unitario pagado por metro cúbico de madera es independiente de la especie siempre que se destine para tal fin. En estas condiciones no se justifica la ejecución de tratamientos de mejora de la calidad tecnológica de los fustes (podas), si bien su ejecución debería quedar justificada desde otros puntos de vista si se desea ejecutar (prevención de incendios).
- Parece existir una creciente demanda de astilla de calidad para el mercado italiano, probablemente promovida por la subvención en este país de las energías caloríficas renovables, que ha originado un creciente interés por la exportación de astilla desde el Puerto de Sagunto.

III.2 El Parque Natural de la Sierra Calderona

III.2.1 Introducción:

La zona de estudio abarca un total de 14 municipios, englobados en distintas comarcas naturales e históricas, según la distribución siguiente:

Comarca/Municipio	Término Municipal Superficie (Has)	Ámbito P.O.R.N. Superficie (Has)	Habitantes
ALTO PALANCIA			
ALTURA	12.950	12.389	3.144
SEGORBE	10.610	8.441	7.710
CAMP DE MORVEDRE			
ALBALAT DELS TARONGERS	2.130	1.730	664
ALGIMIA D'ALFARA	1.450	1.162	819
ESTIVELLA	2.090	1.638	1.076
GILET	1.130	599	1.480
SAGUNT	13.240	2.054	59.070
SEGART	660	660	168
TORRES-TORRES	1.180	932	415
CAMP DE TURIA			
GÁTOVA	3.040	3.040	502
MARINES	3.570	2.930	1.341
NÁQUERA	3.870	1.020	2.377
OLOCAU	3.740	2.797	786
SERRA	5.730	5.555	2.748
TOTAL	65.390	44.947	81.264

Tabla 34. Municipios integrados en el Parque Natural de la Sierra Calderona.

Fuente: Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Sierra Calderona. Febrero 2001.

La Sierra Calderona, se encuentra emplazada entre las provincias de Castellón y Valencia, y está formada por una cordillera montañosa de orientación NW-SE que actúa como separación de las cuencas de los ríos Palancia y Turia. De norte a sur abarca las comarcas del Alto Palancia, Camp de Morvedre y Camp de Turia. *“Constituye uno de los enclaves naturales más valiosos de la Comunidad Valenciana, cuyas características físico-naturales le otorgan un interés ecológico excepcional, a la vez que paisajístico.”* (P.O.R.N. Texto íntegro, 2004)

Las alturas de los montes que componen el conjunto de la Sierra están por debajo de los 1.000 m de altitud, a excepción del Montemayor en extremo noroccidental, donde se alcanza una

cota de 1.015 m.s.n.m. Otras alturas importantes son el Gorgo (907 m.), Rebalsadors (802 m.), Oronet (742 m.) y el Garbí (600 m.).

Como rasgos más sobresalientes de la orografía de la zona, cabe destacar por una parte el núcleo triásico oriental, donde se puede encontrar la presencia de muelas calizas como Mola Segart, Chocainet o la Redona y, sobre todo, una parte del territorio predominantemente silíceo en que aparecen espectaculares crestas de areniscas rojas (Gorgo, Garbí, Picayo) que envuelven núcleos carbonatados como Rebalsadors, Alt del Pí, Oronet y Peñas Blancas. Por otra parte, en cuanto al núcleo jurásico occidental, punto de entronque con las estribaciones ibéricas, cuenta con la principal elevación del ámbito del Plan (Montemayor).

La abrupta orografía y los importantes desniveles, junto a la presencia de materiales tanto carbonatados como silíceos, permiten la instalación de una vegetación muy diversa. *“No obstante, la actividad humana (agricultura, pastoreo, aprovechamiento forestal, desarrollo urbanístico en medio rural, etc.) y los incendios forestales han relegado la vegetación climática a barrancos y zonas poco accesibles, quedando en la actualidad dominada por pinares, matorrales y herbazales.”* (P.O.R.N. Texto íntegro, 2004)

El entorno natural de la sierra se ha visto afectada negativamente por diversos procesos que tienen como fuente aspectos económicos y sociales del área de estudio y su entorno. Los problemas de conservación natural provienen fundamentalmente de las transformaciones agrarias, al fuerte desarrollo urbanístico descontrolado de viviendas de segunda residencia, que generalmente viene acompañado de una mayor presión antrópica en forma de visitantes atraídos por los valores naturales y por último cabe destacar el efecto de los incendios forestales inevitablemente ligados a la presencia humana que han tenido como consecuencias la pérdida de grandes masas forestales y un grave deterioro ecológico

En relación con este último factor, cabe señalar que entre los años 1987 y 1991 se han producido en la zona 148 incendios que han afectado a 1.172 hectáreas, entre los que destaca un incendio producido en el año 1987 que afectó a una superficie superior a las 600 hectáreas en el término de Marines. Con posterioridad, en septiembre del año 1992, se produjo el incendio más grave de los últimos tiempos en la Sierra Calderona y que afectó a una gran parte del núcleo de ésta en los términos de Marines, Serra y Gátova.

Las actividades económicas principales varían sustancialmente en relación con cada uno de los municipios; así, se aprecia una intensa actividad industrial en el sector oriental (Sagunto) que influye en las características socioeconómicas de los municipios de su entorno. La agricultura, por su parte, tiene cierta importancia en todos los municipios, sobre todo en el sector septentrional (valle del Palancia) y en el extremo oriental relacionado con la plana litoral.

Finalmente, la construcción, sobre todo ligada al desarrollo de urbanizaciones de segunda residencia, constituye un sector económico de gran envergadura para algunos municipios, tales como Albalat dels Taronjers, Gilet, Serra y Náquera, donde más del 70% de las viviendas son de segunda residencia, y, en menor medida, Olocau y Marines, donde éstas superan el 50% del total; esta actividad lleva asociado un cierto desarrollo del sector servicios para todos estos municipios.

En cuanto a las actividades relacionadas con el aprovechamiento de los recursos primarios, únicamente tiene importancia la agricultura, siendo la ganadería y la actividad forestal poco relevantes. Mención especial hay que hacer de las actividades extractivas y mineras, tanto por su abundancia en la zona como por su incidencia en el medio natural y el paisaje, aun cuando las explotaciones hayan sido abandonadas.

En definitiva, la ordenación de la zona pasa necesariamente por la consideración de su uso social. En este sentido, la vocación de la sierra como espacio abierto, orientado al asentamiento de actividades de recreo y esparcimiento al aire libre se podría justificar por dos razones fundamentales, como son la proximidad a una zona densamente poblada y con una fuerte dinámica de desarrollo urbano-industrial y, por otra parte, la ausencia de elementos ecológicos y paisajísticos, salvo enclaves concretos, que precisen de un régimen de protección estricto.

No obstante, estas mismas características confieren a este espacio un interés como área natural de esparcimiento en la que es necesario mantener indefinidamente sus características y recursos ambientales específicos. Para ello, es necesario definir la intensidad, tipología y distribución de usos y actividades, adecuados a sus peculiaridades y vocaciones específicas, sin que ello signifique un menoscabo de sus valores ambientales (P.O.R.N. 2001).

III.2.2 Hidrología, suelo, clima, vegetación y fauna:

La red hidrográfica de la zona de estudio está constituida por una serie de arterias fluviales más o menos importantes, pero todas ellas con un régimen no perenne.

La Sierra Calderona limita al N con el valle del Río Palancia y al S con las cuencas del Río Turia, en su porción más occidental, y del barranco del Carraixet, en su mitad oriental.

Así las diferentes redes que se encuentran dentro de la Sierra van a ir a abocar a una de estas cuencas: a la del Palancia irán los pequeños barrancos de la vertiente septentrional (Barranco de la Torrecilla, Rovira, Somat y del Pla), a la cuenca del Turia se dirigirán las grandes ramblas del sector occidental de la vertiente sur (Rambla Castellarda y Rambla Primera de Liria o de

Escarihuela) y al Barranco del Carraixet la más orientales de la misma vertiente (barrancos de Olocau, Pedralbilla, Cirerer y de Náquera).

Las redes fluviales de la zona se vertebran con una disposición estructural y una orientación claramente ibéricas. Se trata de cursos con un régimen pluvial mediterráneo, presentando sus módulos grandes oscilaciones entre los meses de estiaje y los restantes. Las variaciones interanuales son, asimismo, importantes, de forma que los meses de "aguas altas" pueden, en determinados años secos, registrar módulos muy bajos.

Resulta determinante en el diseño de las distintas redes de drenaje la disimetría del horst que forma la Sierra. El borde meridional presenta un salto fuerte y nítido, fruto del cual son los extensos mantos aluviales que se extienden desde Casinos hasta la costa, mientras que la zona septentrional muestra un suave gradiente hacia el valle del Río Palancia, únicamente distorsionado por algunas fallas cortas.

Toda el área meridional está influida, en cuanto a su orientación general, por una fractura profunda, que deja ver sus efectos desde Puçol a Higuieruelas. Esta falla ha de influir en la orientación y estructura de los cursos de agua de la zona sur.

III.2.2.1 Características climáticas:

Temperatura y precipitaciones:

La temperatura media anual se sitúa en los 16,8 °C. A continuación se muestran los principales parámetros climáticos de la serie de años de la que se dispone de información climatológica (1975-2004, Instituto Nacional de Meteorología):

Tabla de Temperaturas Medias Anuales					
P	T	TmM	Tmm	TM	Tm
452,8	16,1	21,7	10,5	35,6	-1,4

P, precipitación anual (mm); T, temperatura media anual (°C); TmM, temperatura media anual de las máximas diarias (°C); Tmm, temperatura media anual de las mínimas diarias (°C); TM, temperatura máxima absoluta (°C); Tm, temperatura mínima absoluta (°C).

Tabla 35. Temperaturas medias.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología. 2017.

Tabla de Precipitaciones y Temperaturas medias mensuales												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
p	36,5	33,4	27,6	45,6	45,5	21,3	12,0	22,6	55,0	59,1	46,8	47,4
t	9,3	10,2	12,1	13,7	16,8	21,0	23,8	24,3	21,6	17,4	12,8	10,2
tmm	3,9	4,6	6,0	7,7	11,0	15,2	18,0	18,7	16,0	21,0	7,5	5,1
tmM	14,8	15,8	18,1	19,6	22,5	26,9	29,7	30,0	27,1	22,7	18,0	15,3
Tm	-1,4	-1,1	0,7	2,6	6,1	10,7	14,2	14,7	11,2	6,7	1,6	-0,9
tM	21,1	23,0	25,7	26,6	29,4	32,7	35,6	35,3	32,5	28,7	24,2	21,5

p, precipitación mensual (mm); *t*, temperatura mensual (°C); *tmm*, temperatura media mensual de las mínimas diarias (°C); *tmM*, temperatura media mensual de las máximas diarias (°C); *tm*, temperatura mínima absoluta mensual (°C); *tM*, temperatura máxima absoluta mensual (°C).

Tabla 36. Precipitaciones y Temperaturas medias mensuales.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología. 2017.

Índices Fito climáticos:

Los principales índices Fito climáticos son:

- Factor de pluviosidad de Lang 28,1 *Clima Subdesértico.*
- Índice de Aridez de Martonne 17,3 *Clima Semiárido.*
- Índice de Dantín-Revenga 3,6 *Zona Árida.*
- Índice de Vernet 12 (-) *Clima mediterráneo.*

Siguiendo la clasificación climática de Thornthwaite, los principales índices son:

- Índice de Humedad 49,9 (-) *Clima Semiárido D.*
- Índice de Eficacia Térmica 812,9 *Clima Mesotérmico B'2.*
- Índice de Exceso de Agua 6,2 *Poco / Ningún Exceso d*
- Concentración Eficacia Térmica 47,9 *Clima mediterráneo.*

Caracterización de pisos bioclimáticos:

<i>Piso Bioclimático</i>	Mesomediterráneo
<i>Horizonte Bioclimático</i>	Mesomediterráneo inferior
<i>Ombroclima</i>	Seco
<i>Tipo de invierno</i>	Templado

A continuación se muestra la información gráfica del diagrama de *Walter-Lieth* y la ficha hídrica de *Thornthwaite* que ayudan a entender los valores mostrados:

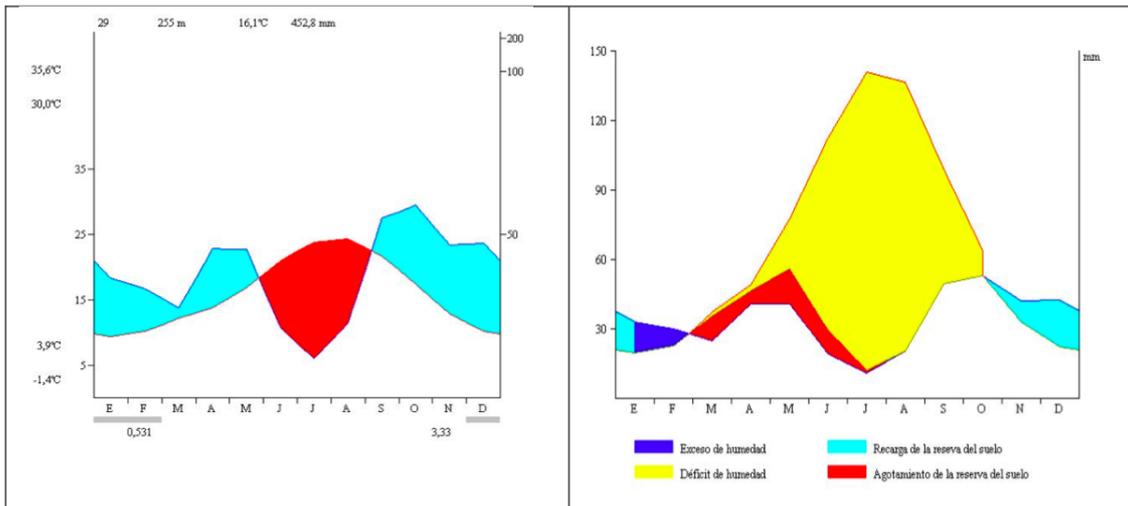
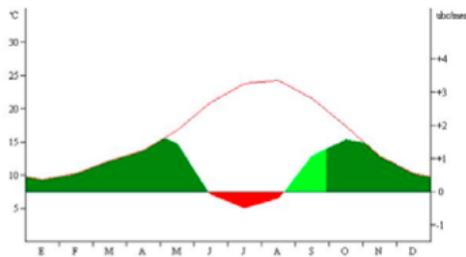


Figura 80. Climodiagrama de Walter-Lieth y balance hídrico de Thornthwaite.

Fuente: Proyecto de Ordenación de los sistemas Forestales Monte nº 105 - T.M. Serra. 2015.

A continuación se muestra el diagrama bioclimático que representa la situación actual, a partir del cual es posible la determinación de los distintos índices bioclimáticos característicos del monte en cuestión:

CR = 43 mm ; W = 10 %



<i>IBP_C</i>	20,64 ubc	<i>IBP_F</i>	0,00 ubc
<i>IBL_C</i>	7,76 ubc	<i>IBL_F</i>	0,00 ubc
<i>IBC_C</i>	0,99 ubc	<i>IBC_F</i>	0,00 ubc
<i>IBR_C</i>	8,74 ubc	<i>IBR_F</i>	0,00 ubc
<i>IBS_C</i>	- 0,82 ubc	<i>IBS_F</i>	0,00 ubc

Figura 81. Diagrama e índices bioclimáticos.

Fuente: Proyecto de Ordenación de los sistemas Forestales Monte nº 105 - T.M. Serra. 2015.

La I.B.L.es de 7,76 u.b.c., y representa la productividad climática forestal, como expresión de la actividad resultante una vez compensada la sequía estival.

La IBL, representada por el área de color verde intenso en los diagramas, refleja la cantidad de unidades bioclimáticas y la época del año que la planta utiliza para desarrollar su potencial productivo de crecimiento. Este índice tiene como objetivo medir la actividad vegetativa de las masas forestales, descontando los periodos de recuperación fisiológica que precisan las masas forestales tras un periodo de la sequía, tras la pausa vegetativa provocada por la intensidad de la sequía. Estas tendencias que registran aumento de la IBL conllevan una mayor generación de la biomasa de una estación, para el caso de masas existentes, por lo tanto indican que será

necesaria una mayor actuación selvícola, siempre proporcional al aumento de este índice. En el caso de que se produzcan disminuciones de IBL en las tendencias bioclimáticas de una estación, es recomendable cambiar ciertas actuaciones selvícolas (su intensidad o su contundencia), reduciéndolas para no estancar los crecimientos.

Existe una correlación entre la IBL y la producción de biomasa vegetal que depende de la especie (el coeficiente de transferencia bioclimática, por el que se pueden traducir ubc en m³/ha/año de madera de determinadas especies; en el pino negral este coeficiente es prácticamente igual a 1).

En la Comunidad Valenciana varía entre valores muy próximos a cero y 15,15 unidades bioclimáticas (u.b.c.). Las producciones más altas se dan en las zonas costeras, perdiéndose productividad a medida que aumenta la influencia climática continental.

En las denominadas zonas con productividad forestal notable, éstas se mueven con valores entre 4 y 7 u.b.c., y los montes arbolados existentes en ellas requieren atención selvícola prioritaria, sobre todo de defensa contra incendios debido a las acumulaciones de biomasa.

Régimen de vientos

En la siguiente tabla pueden apreciarse las estadísticas más significativas de viento, en base a la estación ubicada en el municipio del que se dispone de datos.

Mes del año	ene	feb	mar	abr	Mayo	juni	jul	ago	sep	oct	nov	díc	Año
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Dominante Dir. del viento	↗	↗	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
Propabilidad del viento >= 4 Beaufort (%)	4	2	3	2	1	0	0	0	0	0	2	2	2
Promedio Velocidad del viento (kts)	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	3
Temperatura media del aire (°C)	13	13	15	18	20	25	27	28	25	22	16	13	19

Figura 82. Estadísticas medias de viento en la Sierra Calderona.

Fuente: Proyecto de Ordenación de los sistemas Forestales Monte nº 105 - T.M. Serra. 2015.

La siguiente Figura muestra la distribución anual de direcciones de viento, poniéndose de manifiesto que los vientos del Sur (migjorn y xaloc) son los predominantes, seguidos de los vientos procedentes del norte (tramontana y mestral).

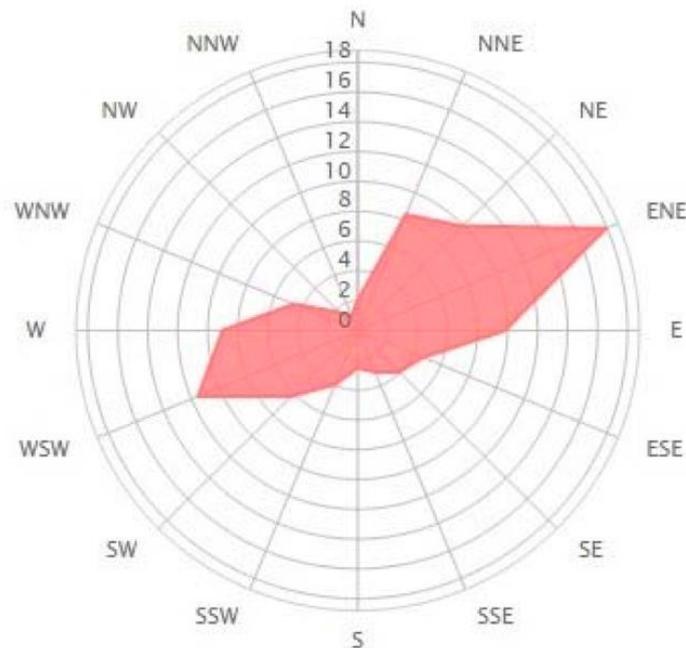


Figura 83. Distribución media anual de direcciones de viento en la Sierra Calderona.

Fuente: Proyecto de Ordenación de los sistemas Forestales Monte nº 105 - T.M. Serra. 2015.

III.2.2.2 Vegetación:

En las áreas boscosas predomina el pinar, generalmente y acompañado de un matorral de jaguarzo (*Cistus salvifolius*, *C. monspeliensis*), romero (*Rosmarinus officinales*), aliaga (*Ulex parviflorus*) y brezo (*Erica multiflora*), en aquellos suelos descarbonatados predomina el pino rodeno acompañado de especies de matorral silicícola. Los bosques de carrasca está igualmente presentes, aunque de forma muy fragmentaria y escasa, en las partes inferiores de estas masas se puede encontrar a la madreSelva (*Lonicera implexa*), zarzaparrilla (*Smilax aspera*), aladierno (*Rhamnus alaternus*) y palmito (*Chamaerops humilis*), gracias a las especies de matorral que le acompañan (coscoja, lentisco, romero), es claramente apreciable la diferencia entre el carrascal calcícola (coscoja, lentisco, romero) y silicícola (jaras, salvas y brezos).

En cuanto al alcornocal, está presente en algunos enclaves de ombroclima subhúmedo sobre rodenos, aunque de carácter disperso y sin llegar a alcanzar en ningún momento un estado de madurez.

*La degradación sufrida por la zona hace que en la actualidad la vegetación se halle dominada por matorrales donde abundan el romero, el brezo y la aliaga, arbolados de pinos o no, y los pastizales vivales, siendo el espartal (*Heteropogono contorti* - *Stipetum tenacissimae*), lastonar termófilo (*Teucro pseudochamaeptydis* - *Brachypodietum retusi*) y el lastonar continental*

(*Phlomidia lychnitidis* - *Brachypodium retusi*) los de mayor cobertura. (P.O.R.N. Texto íntegro, 2004)

La vegetación de la zona depende de la naturaleza caliza o silíceo del sustrato, destacando, por su escasez y originalidad en el resto de la Comunidad Valenciana, ya que junto con la Sierra de Espadán son los únicos territorios del país en los que se da esta dualidad.

III.2.2.3 Fauna:

La diversidad de ambientes existentes en la Sierra Calderona (áreas boscosas, matorrales más o menos cerrados, roquedos, cuevas, barrancadas y áreas de cultivos) permite la existencia de una fauna más rica que la de áreas circundantes.

Las principales especies cinegéticas, ordenadas por cantidad en función de las piezas abatidas, son: perdiz, conejo, liebre y jabalí. En lo referente a las aves migratorias, palomas, tórtolas, zorzales, becardas, codornices y tordos. En cuanto a tordos y estorninos, su efecto es sustancialmente importante en el sector septentrional.

La caza menor es la más desarrollada en la zona, la caza mayor, en cambio, presenta menor importancia relativa y se refiere únicamente al jabalí y también al zorro, aunque a menor escala.

Por último, la caza es una actividad que afecta directamente a la fauna; sin embargo, el modo en que ésta se desarrolla en la zona no hace pensar que suponga un impacto notable sobre especies distintas de las cinegéticas. La aplicación de la reciente legislación en esta materia y el progresivo incremento de las medidas de control, unido a una mayor sensibilidad de los cazadores, hace que el impacto de esta actividad sobre la fauna sea cada vez menos indiscriminado. Así, el refuerzo de poblaciones mediante la repoblación con especies cinegéticas, suficientemente controlado para evitar alteraciones genéticas; la prohibición de utilizar métodos indiscriminados de captura (cebos, trampas, lazos, etc.) y un eficaz sistema de vigilancia y control sobre las capturas que evite la caza de especies no cinegéticas, hacen que la caza represente un impacto moderado sobre la fauna. Mención especial merece la caza de fringilidos mediante sistemas tradicionales, pero indiscriminados, como es el caso del "Parany", esta actividad se halla específicamente prohibida por la legislación vigente y debe ser suprimida (P.O.R.N. texto íntegro. 2004).

III.2.3 Sociedad y economía:

III.2.3.1 Población:

Las primeras referencias sobre los primitivos pobladores de la Sierra Calderona, se pueden obtener a partir de su toponimia, como estrato prerromano aparece Marines. De indudable raíz romana son Segorbe y Sagunt. La época árabe, si bien no dejó huellas tan marcadas como en otras zonas de la Comunidad Valenciana aparece reflejada en los términos de Nàquera (de náq(a)la=terreno pedregoso), Olocau (de al-'uqáb=costero), Algimia, etc.. En el resto de nombres, predominan fundamentalmente las formas cristianas, ya sean aragonesas o catalanas.

Independientemente del valor que se puede atribuir a la etimología anteriormente citada, la existencia de numerosos yacimientos arqueológicos, junto con las continuas referencias históricas, ininterrumpidas desde los primeros datos de la comarca debidas a los historiadores romanos (asedio de Sagunt en el año 219 AC por parte de las tropas cartaginenses), reflejan que la Sierra Calderona, o por los menos sus inmediaciones, ha estado poblada de una manera continua desde los más remotos tiempos.

Desde este momento todas las fuentes indican que la comarca siguió un proceso de crecimiento continuo hasta el siglo XVI, especialmente intenso en las épocas siguientes a la introducción y desarrollo de nuevos cultivos durante la dominación musulmana, y posteriormente con la conquista cristiana y la llegada de nuevos colonizadores del resto de los territorios de la Corona de Aragón, de esta manera y a partir de los datos recogidos por P. Pérez Puchal en su "Geografía de la Población Valenciana", se puede estimar una población para la zona en dicha fecha del orden de los 8.000 habitantes.

En los años siguientes la sucesión de pestes y hambrunas, junto con la decadencia económica del Reino, dentro del conjunto de España y el decreto de expulsión de la población morisca, supusieron un duro golpe al equilibrio demográfico que no se recuperó hasta bien entrado el siglo XVIII, en el cual una tímida mejora de las condiciones sanitarias, y de los recursos económicos, produjeron crecimientos continuados, alcanzándose para toda la zona en 1900, fecha de la relación del primer Censo moderno, una población de 39.167 habitantes.

La composición por edades de la población depende de los cambios de comportamiento de las variables vegetativas y de la migración. Por otra parte, aspectos tales como la actitud ante el trabajo, la producción, el consumo o la demanda de servicios varían considerablemente según la edad del individuo.

La estructura por edades (grandes grupos), muestra para toda la comarca unos valores medios muy similares a los resultados provinciales y regionales.

El estudio de la relación de población por sexos permite determinar el tipo de migración de la zona en cuanto a su distribución por sexos o bien si la migración ha sido de carácter familiar.

Como parámetro para analizar esta estructura, se utiliza la tasa de masculinidad, número de hombres existentes en una comunidad por cada 100 mujeres.

En general presenta una distribución normal, propia de un modelo de migración de tipo familiar. Los valores más altos que se dan en los primeros años, son normales dado el mayor número de nacimientos varones. Siendo una vez más Sagunt por su peso poblacional el que determina los valores generales de la comarca.

Los fenómenos migratorios existentes en la comarca se pueden agrupar en los siguientes modelos:

- Inmigración continuada desde los años 20 a 60 en el área de Sagunt, con Castilla-La Mancha como puntos de origen.

- Emigración familiar en los años 50, principalmente dirigida al Área Metropolitana de València.
- Emigraciones no familiares, motivadas principalmente por la búsqueda de unas mejores posibilidades de desarrollo social y cultural, de mayor incidencia en la mujer.
- Movimientos forzados de población, caso de Marines.
- Por último y en fechas recientes se están dando fenómenos de consolidación de segundas residencias, y consecuentemente un flujo inmigratorio proveniente de las áreas urbanas, especialmente acusado en Nàquera.

Los modelos anteriores determinan que en Marines, no se alcance el 40% de población nacida en el municipio, mientras en Alcublas este mismo valor está en torno del 90%. Igualmente en Sagunt más de un 30% de la población es nacida fuera de la Comunidad Valenciana, cifra que supera el 50% si se considera únicamente los mayores de 35 años.

La evolución futura de la población de la comarca dependerá sin duda de diversos aspectos socioeconómicos, algunos de ellos ya manifiestos.

- Cada vez mayor interdependencia de los municipios del Camp del Túria, con el área metropolitana de València, esparcimiento, áreas residenciales, centros de enseñanza, etc. En este sentido la apertura de la Autovía de Lliria, influirá en

una conexión de Llíria a este modelo de desarrollo, y, con ella, del municipio de Yátova.

- En el Camp de Morvedre, la evolución de Sagunt dependerá del proceso de reconversión industrial al que está sometido, y de la integración dentro del eje de desarrollo del corredor mediterráneo. En el resto de municipios se observan tendencias hacia un fuerte desarrollo del sector terciario.
- En los municipios pertenecientes a las comarcas de Castellón, las perspectivas de desarrollo están muy ligadas a la consolidación del eje València-Zaragoza. Entre ellos Segorbe por su peso histórico podrá jugar un importante papel. (P.O.R.N. Texto íntegro, 2004)

III.2.3.2 Empleo

Los valores globales para toda el área muestran una estructura sectorial propia de un país desarrollado, con una gran importancia de los sectores servicios e industrial. La tasa de paro es elevada, motivada en gran parte por el declive industrial del área de Sagunt. Estos valores sin embargo presentan grandes diferencias a nivel municipal

La distinta distribución sectorial según los distintos municipios, es reflejo de sus muy diferentes tejidos económicos.

La población activa agraria, que para el total de la comarca alcanza el valor del 14,4%, varía desde el 66,7% de Segart, hasta el mínimo de 8,0% que se da en Sagunt.

El sector industrial es predominante en Sagunt, Estivella y Albalat dels Tarongers, donde en todos los casos se supera el 30% de población activa industrial.

El sector de la construcción salvo alguna circunstancia coyuntural, está directamente relacionado con la importancia de las segundas residencias, de ahí sus máximos en Serra y Nàquera (34,4% y 28,4% respectivamente).

Por último el sector servicios depende tanto del factor anterior, como de la importancia del municipio en cuestión como centro comercial a nivel comarcal, casos de Segorbe y Sagunt.

Las mayores tasas de paro se dan en aquellos municipios con una mayor importancia del sector industrial, con única excepción de Segart, que posee importantes deficiencias de infraestructuras y comunicaciones.

Los valores más bajos se dan tanto en aquellos términos en los cuales persisten estructuras agrarias tradicionales (Gátova), como en aquellos otros en los cuales existen núcleos importantes de urbanizaciones y segundas residencias (Nàquera o Serra).

III.2.3.3 Agricultura:

El subsector agrícola en la zona de estudio se caracteriza principalmente por la gran variación de los distintos parámetros estudiados a nivel municipal, lo cual no permite un tratamiento global para toda la zona, ya que la diferencia de estructuras agrarias presentes, desde situaciones de persistencia de usos y sistemas tradicionales, hasta el gran desarrollo que ha experimentado el sector en otros municipios, con una importancia creciente de los cítricos, y de la huerta. Determinan que la problemática sea distinta en cada uno de los casos, no obstante la existencia de fenómenos generales a la mayor parte del sector agrario valenciano, como son la incidencia de la agricultura a tiempo parcial, el envejecimiento de la población activa agraria, y la no adecuación de la producción a las demandas, ya sea en calidad o presentación, del mercado y los consumidores, ya sea a nivel del Estado o de la Unión Europea.

Del total de la superficie agraria un 70,5% corresponden a las tierras no labradas, valor superior a la media de la Comunidad (56,9%), dado las grandes superficies de montaña que caracterizan la comarca, y la menor incidencia de los cultivos en ladera y abancalamientos que en otras zonas montañosas.

Los valores más altos de aprovechamiento agrario de la tierra, se dan en Lliria y Algimia de Alfara, en los cuales las zonas montañosas representan un porcentaje menor sobre el total de la superficie municipal, en el caso de Lliria, las importantes zonas de monte de La Concordia se ven compensadas por la gran extensión de su término municipal.

El tamaño medio de la parcela en el área de estudio es de 2,31 Ha, que no refleja de una manera absoluta la realidad dado el alto peso estadístico de las parcelas de mayor tamaño.

La orografía y como consecuencia la disponibilidad de agua, determina la distribución de cultivos. El regadío se concentra principalmente en torno al Palancia, mientras en las zonas más montañosas predominan los cultivos de secano, muchas veces en situaciones marginales o de semiabandono.

Entre los principales cultivos de la zona destacan los cultivos tradicionales, almendros, algarrobos y olivos en las zonas más montañosas, junto con la importancia de los cítricos tanto en las zonas costeras de Sagunt, su área tradicional, como en Lliria donde en los últimos cinco

años se ha multiplicado la superficie dedicada a este cultivo, aprovechando el adelantamiento en la maduración que producen los inviernos más fríos.

La huerta juega un papel muy importante tanto en los cultivos intensivos (destaca la alcachofa), como en las pequeñas huertas distribuidas por todas los municipios, en las cuales muchas veces en mosaico con frutales se encierran prácticas hortícolas fruto de una tradición milenaria.

Así, grandes zonas de regadío están ocupadas por una compleja combinación de cultivos, ya sea en forma de mosaicos o asociaciones. Se puede distinguir no obstante entre las áreas de predominio hortícola, y las áreas de predominio frutícola en las cuales la huerta queda relegada a un segundo término.

III.2.3.4 Ganadería:

El sector porcino es el de mayor importancia de la zona, tanto por la existencia de pequeñas granjas familiares, como por el funcionamiento en régimen de ganadería integrada, en este proceso similar al régimen de franquicia la Integradora es propietaria de los animales, piensos y productos zoosanitarios, encargándose el propietario de la producción, los menores porcentajes de beneficios al no entrar directamente la producción en el régimen de precios del mercado, se ven compensados al tener asegurada el industrial la compra del total de su producción.

Porcino.

Se trata del sector mejor representado, fundamentalmente en los municipios de, Marines y Nàquera, y en menor medida Altura, de acuerdo con el régimen de explotación citado anteriormente. Las razas más comunes son Landrace, Large White y numerosos cruces industriales. La principal carencia del sector es la inestabilidad del mercado de precios. La situación zoosanitaria ha mejorado notablemente en los últimos años, habiéndose erradicado totalmente la peste porcina, en este sentido está permitida la exportación de la producción al resto de la Unión Europea desde el año 1990.

Ovino-caprino.

Este sector mantiene pautas de explotación tradicionales, aprovechando los pastizales y matorrales existentes en cada municipio mediante acuerdos con los respectivos ayuntamientos y sistemas de subastas. La comercialización normalmente se realiza de forma directa. Destacando, Altura con una mayor importancia de esta actividad. Las razas más comunes son la Turolense y Segureña, y en menor medida Merina, Castellana y Manchega.

Bovino.

Alcanza una cierta importancia únicamente en Sagunt y Altura, destinándose la mayor parte de la producción a centrales lecheras de Valencia y Gandía.

Avícola.

Caracterizado por pequeñas explotaciones.

Cunícola.

Son en su mayoría granjas pequeñas, llevadas de un modo familiar, centrándose la mayor parte de la producción en Altura.

Apicultura.

Se trata de una explotación secundaria, que sin embargo dado el escaso número de horas de atención que exige, produce unos importantes beneficios. Funciona en régimen de trashumancia.

La problemática general del sector ganadero se concentra, en que las condiciones sanitarias no óptimas; en este sentido, a parte de lo indicado sobre la peste porcina, las principales enfermedades presentes son la brucelosis y tuberculosis en el ganado vacuno, y la varroa en la apicultura. La creación de Agrupaciones de Defensa Sanitaria, ha contribuido a mejorar las condiciones zoonosanitarias de toda la cabaña. Por otra parte, hay que considerar otros problemas del sector, como son: persistencia de pequeñas explotaciones, carencias puntuales de mano de obra, granjas de en ciclo abierto, inestabilidad del mercado con caídas muy bruscas de precios y demanda. (P.O.R.N. Texto íntegro, 2004)

III.2.3.5 Construcción:

Destaca la importancia del sector ligado a la segunda residencia o "urbanizaciones". Comparando los porcentajes de población activa en el sector de la construcción con el de vivienda secundaria, se aprecia una fuerte correlación entre ambos especialmente en aquellos municipios en los cuales este fenómeno adquiere una mayor magnitud casos de Serra y Nàquera.

No obstante esta correlación no es absoluta ya que otros casos un porcentaje elevado de vivienda secundaria es indicativo de la existencia de poblaciones emigrados que aún mantienen en uso parcial casa en sus lugares sin influir por tanto como en el caso anterior de una manera determinante en el sector constructivo. (P.O.R.N. Texto íntegro, 2004)

III.2.3.6 Comercio y turismo:

La proximidad del Área Metropolitana de Valencia es el principal elemento distorsionador de la actividad comercial de la zona. Este factor es más notorio en los municipios más meridionales, tanto por su proximidad a Valencia capital como por las importantes poblaciones estacionales existentes en torno a los núcleos residenciales.

Junto a este factor existen una serie de municipios, como son Sagunt y Segorbe, que realizan funciones de centro comercial y de servicios a nivel comarcal. La mayor especialización comercial de estas localidades, se aprecia en la existencia de actividades que requieren de importantes poblaciones para su desarrollo, caso de los grandes supermercados, concesionarios de automóviles, etc.

En el resto de las entidades predomina el comercio detallista de carácter mixto, excepción hecha de Nàquera y Serra en los cuales existe un comercio de alimentación con una mayor diversificación en respuesta a las demandas de los pobladores transitorios o fijos de las urbanizaciones.

En cuanto al **turismo**, entendiendo éste como actividad económica, presenta un escaso desarrollo en el conjunto del ámbito de estudio, siendo las actividades relacionadas con el uso recreativo del medio natural las que muestran un mayor desarrollo en la zona. (P.O.R.N. Texto íntegro, 2004)

III.3 Metodología de gestión de la Biomasa:

III.3.1 Reaprovechamiento del residuo verde:

El municipio de Serra por su enclave en plena Sierra Calderona dispone de unos recursos naturales que junto a su situación cercana a la capital de provincia, le confieren un carácter privilegiado para el impulso de actividades agrícolas y forestales en consonancia con otras de carácter turístico y recreativo siendo todas ellas sostenibles y complementarias entre sí, como modelo de desarrollo socioeconómico.

En el municipio de Serra la gestión de residuos es una actividad llevada a cabo por administración directa por parte del consistorio, el coste de la gestión de 1.286 toneladas de residuo verde, procedente de la limpieza de parques y jardines, públicos y privados, ascendía en el año 2011 a 60.453,75 €. Examinado la tipología del residuo el redactor de la presente Tesis planteó que con un mínimo coste se podría aprovechar parte de ese residuo verde para emplearlo como combustible en edificios públicos.

El origen principal del residuo de jardinería es la Urbanización Torres de Porta Coeli situada en el extremo suroeste del Término municipal con una extensión de 1.187.028 m² y 953 viviendas con superficie mínima de 1.000 m². Esta urbanización aporta el 85% del residuo de jardinería del municipio lo que representó en el año 2011 1.157 toneladas de residuo verde.

Para llevar a cabo los de la presente Tesis el autor en colaboración con el Ayuntamiento diseñó la creación, en el municipio de Serra, una planta piloto de recogida, clasificación, tratamiento y producción de combustible sólido, utilizando como materia prima el residuo verde procedente de parques y jardines tanto públicos como privados, residuo agrícola y residuo proveniente de trabajos forestales realizadas en el Parque Natural de la Sierra Calderona.

El residuo verde tratado originalmente era el procedente de labores de jardinería. Se instruyó a los operarios para que en el proceso de recogida hicieran una preselección descartando aquel residuo más húmedo como es el proveniente de siegas de cespitosas o gramíneas, podas de trepadoras tipo *Hedera helix* o *Parthenocissus quinquefolia* así como podas de setos del tipo *Cupressus sempervirens*. El proceso consistía, por lo tanto, en la recogida del residuo más seco y proveniente de podas de arbolado ornamental predominante como *Morus alba*, *Pinus pinea*, *Pinus halepensis*, *Melia azedarach*, *Jacaranda mimosifolia*, *Platanus acerifolia*, *Ceratonia siliqua*...etc. El residuo de jardinería alcanzaba el 55% del residuo procesado.

Posteriormente se han incorporado residuos procedentes de podas agrícolas de cítricos y de cultivos de secano propios de la zona como son *Olea europaea*, *Prunus avium* y *Prunus dulcis*, esto supone el 10% del residuo tratado.

Por último se ha incorporado el residuo forestal procedente de labores de generación de infraestructuras de protección contra incendios forestales, cuyo contenido está formado en un 90% por *Pinus halepensis* y el 10% restante por matorral de escaso interés, esto supone el 35% del residuo verde tratado.

La composición del tipo de residuo verde empleado en la producción de combustible sólido ha ido evolucionado a lo largo de los años y en función de su destino final.

Así existen dos etapas diferentes de producción a lo largo del año, una primera etapa (marzo a junio) en la que se produce un combustible de menor calidad, cuya materia origen esta predominada por el residuo de jardinería, el destino del combustible sólido producido son las instalaciones municipales. Una segunda etapa (julio a noviembre) en la que predomina el residuo forestal y se produce un combustible de mayor calidad con fines comerciales y que también se pone a disposición de los vecinos de Serra a precio de coste. Durante los meses de diciembre a febrero las condiciones ambientales de bajas temperaturas y humedad no hacen posible la producción de combustible con la metodología actual.

		Composición en % del residuo verde tratado en planta					
Origen del residuo/año	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Jardinería	97	95	78	64	55	38	
Agrícola	3	5	10	12	10	8	
Forestal	0	0	12	24	35	54	

Tabla 37. Composición del residuo verde tratado en planta.

Fuente: Elaboración propia

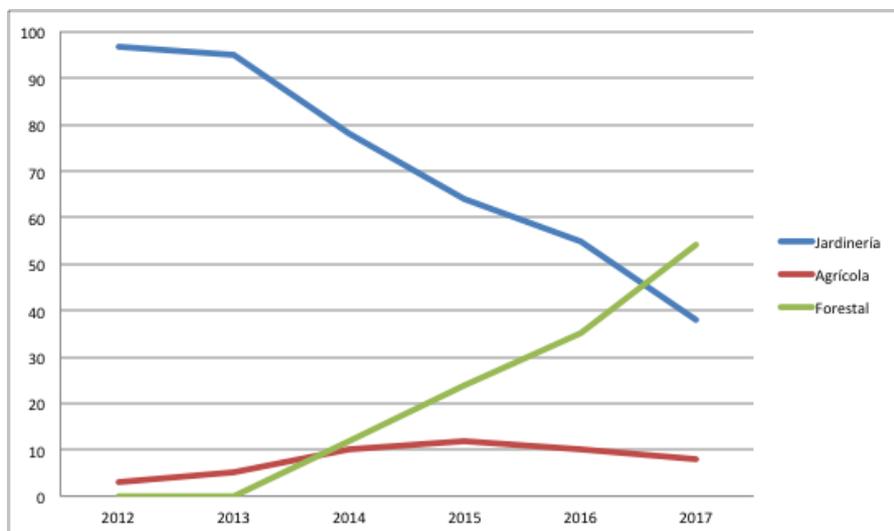


Gráfico 1. Evolución de la composición del residuo verde tratado en planta.

Fuente: Elaboración propia

Se observa como durante los primeros años del proyecto el residuo verde tratado procedía principalmente de trabajos de jardinería, no obstante a partir del año 2014 y en especial 2015, con la ejecución de trabajos forestales de prevención de incendios, la composición del residuo verde sufre un claro cambio tomando mayor protagonismo el residuo forestal.

Las toneladas de residuo verde tratado en planta han sido las siguientes:

Origen del residuo	Toneladas de residuo verde tratadas en planta					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Jardinería	312	489	470	335	409	317
Agrícola	10	26	60	63	74	67
Forestal	0	0	72	126	260	450
Total	322	515	603	524	744	833

Tabla 38. Toneladas del residuo verde tratado en planta.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 1. Residuo verde de jardinería acumulado en la Urbanización Torre de Porta Coeli.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 2. Residuo verde agrícola acumulado en parcela privada.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 3. Residuo verde forestal tratado en planta.

Fuente: Elaboración propia

III.3.2 Planta piloto:

Con el objetivo de transformar el residuo verde expuesto en el punto anterior era necesario dotar al Ayuntamiento de un proceso de bajo coste que le permitiera por una parte acumular el residuo recogido y por otra parte convertirlo en un combustible que pudiera ser empleado en la calefacción de edificios municipales.

Considerando que el Ayuntamiento de Serra gestiona de forma directa la recogida de Residuos Sólidos Urbanos del municipio, entre los que se encuentra el residuo verde y que además disponía ya de un espacio descubierto aproximado de 2.000 m², junto a un almacén cubierto de 150 m², donde se realizaban labores de gestión de residuos. Se planteó la posibilidad de cambiar el proceso de gestión del residuo verde que se llevaba hasta el momento y que

consistía en la recogida del mismo y su traslado hasta una planta de transferencia, con un coste de transporte y depósito en planta que superaba los 60.000 € anuales en el año 2011.



Figura 84. Emplazamiento de la planta de biomasa del Ayuntamiento de Serra.

Fuente: Elaboración propia

Así el nuevo modelo de gestión propuesto del residuo verde consistiría en una preselección durante la recogida del mismo, transportando aquel material con mayor contenido lignínico a la superficie descubierta que disponía el Ayuntamiento de Serra y que denominaremos "planta de biomasa" y dejando el residuo con mayor humedad y menor contenido lignínico para que fuera gestionado de forma tradicional, es decir con recogida, transporte y depósito en planta de transferencia.

Cabe destacar que en principio la voluntad del proyecto era la del tratamiento de 100% del residuo verde producido, aplicando técnicas de compostaje para el residuo menos leñoso y más húmedo, no obstante debido a la escasez de recursos propios esta idea inicial hubo de ser abandonada, enfocando los esfuerzos y los recursos disponibles hacia el tratamiento del residuo más leñoso.

III.3.2.1 Triturado:

Con el objetivo de aprovechar el residuo verde convirtiéndolo en un combustible que pudiera ser empleado en equipos de calefacción por biomasa, en primera instancia lo que se planteó fue la reducción del tamaño del residuo, mediante su trituración y transformación, en un producto que se asemejara a la astilla que ya se empleaba en calderas de biomasa poli combustible.

Los condicionantes técnicos para el empleo del combustible generado eran que por una parte el contenido en humedad debería estar por debajo del 30% y por otra que el tamaño máximo de astilla debía ser inferior a los 4 cm.

Por lo tanto se planteó por la adquisición de una trituradora forestal, autónoma a remolque, alimentada por un motor diésel y con una capacidad de triturado de troncos con un diámetro de hasta 25 cm. El hecho de que fuera una trituradora autónoma a remolque era crucial puesto que el proyecto ya consideraba en sus inicios la futura inclusión del residuo procedente de trabajos forestales de prevención de incendios y el aprovechamiento del residuo agrícola evitando así el uso agrario del fuego y el riesgo que ello supone en el municipio de Serra.

Tras diversos estudios de la maquinaria existente en el mercado y visita a diferentes agentes comerciales, se decidió la compra de la astilladora forestal de la marca CARAVAGGI, modelo CIPPO25 con motor IVECO 60 HP., con bastidor homologado para circular en carretera (matricula E-8307 BFD). Dados los recursos económicos disponibles se decidió que esta máquina fuera de segunda mano, por lo que el precio de la misma ascendía a 20.031,00 €, I.V.A., incluido.



Fotografía 4. Trituradora forestal CARAVAGGI CIPPO 25 con motor IVECO 60HP adquirida.

Fuente: Elaboración propia

Equipos y Maquinaria DOMAG, S.L.
 Paseo Río Fluvia n. 4 - 1º/3ª
 Tel.: 0234 91 8579233 (4 líneas) - Fax:
 08880 - Cubelles (Barcelona) - ESPAÑA
 e-mail: info@domag.es

Ajuntament de Serra (Valencia)
 c/ Sagunt, 31
 46118 Serra (Valencia)
 CIF / NIF: P-46-2000-1
 Tels. 961 68 84 43 / 961 68 84 04

Nº FACTURA	FECHA	Página
8	17/05/12	1

Denominación	Cantidad	Precio unitario	%Dto.	Importe TOTAL
Astilladora usada marca CARAVAGGI, modelo CIPPO25 con motor IVECO 60 HP., con bastidor homologado para circular en carretera (matricula E-8307 BFD).	1	16.975,00		16.975,00
MERCANCIA PUESTA EN SU DOMICILIO.				

EQUIPOS Y MAQUINARIA DOMAG, S.L.
 c/ Puerta de Abajo 43, 1ª planta
 Polígono Industrial Las Canteras
 28040 Colmenar (Madrid)
 Tel.: 91 639 23 31 - Fax: 91 639 19 41

IMPORTE	16.975,00
IVA (18.00 %)	3.056,00
TOTAL FACTURA (€)	20.031,00

Figura 85. Copia de la factura de adquisición de la trituradora forestal.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 5. Trituradora forestal enganchada al vehículo de la brigada municipal.

Fuente: Elaboración propia

Una vez adquirida, la trituradora tuvo que ser revisada de forma exhaustiva por parte de los operarios municipales, quienes se encargaron de la sustitución o reparación de aquellas piezas defectuosas o que presentaran desperfectos debido al uso. Se procedió igualmente al repaso del sistema hidráulico y al afilado de cuchillas. Actualmente la trituradora forestal sigue usándose de forma periódica tanto para trabajos en planta como para trabajos en monte.

III.3.2.2 Peletizado manual:

Debido a problemas derivados del origen heterogéneo de la materia prima y dado que el objetivo último de la investigación era el poner a disposición del vecino de Serra un combustible óptimo que fuera apto para su uso en instalaciones domésticas, tras un año de funcionamiento con astilla se optó por la fabricación de pélet.

Para ello se adquirió un molino de martillos modelo CAT 420 con ciclón de partículas fina y potencia 7,5 kW y una pequeña peletizadora modelo F-200 de 7,5 kW, con una capacidad de producción de 100 kg de pélet a la hora. Ambas máquinas fueron adquiridas a la empresa Chimeneas Costa S.C., por valor total de 7.584,98 € IVA incluido.



Proforma

www.chimeneascosta.es
info@chimeneascosta.es

Chimeneas Costa S.C.
C/ Doctor Fleming Nº 16
03830 Muro de Alcoy
Alicante
Tienda- Telf. Fax: 965 531 215
Ventas: 605 290 379

¿Tiene que imprimir esta factura? No la imprima si no es necesario

Venta e Instalacion de Chimeneas		Maquinaria para la transformación de la biomasa	
Ciente:	AJUNTAMENT DE SERRA		
Domicilio:	C/SAGUNT 31		
Localidad:	SERRA	C.P.:	46118
		Provincia:	VALENCIA
C.I.F.:	P-23000-I	Nº Telefono:	96 168 8443
		Móvil:	
		Email	
Proforma nº	2305131	Fecha	23 de mayo de 2013

Unidades	Descripcion	Precio	Importe
1	PELETIZADORA F-200E DE 7,5KW	3.962,80 €	3.962,80 €
1	MOLINO DE MARTILLOS CAT-420 CON CICLONE	2.305,78 €	2.305,78 €

Conforme	Observaciones

	Subtotal	6.268,58 €
	Importe IVA	1.316,40 €
	Total	7.584,98 €

De conformidad con lo que establece la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, le informamos que sus datos personales serán incorporados a un fichero bajo la responsabilidad de CHIMENEAS COSTA SC, con la finalidad de poder atender los compromisos derivados de la relación que mantenemos con usted.
 Puede ejercer sus derechos de acceso, cancelación, rectificación y oposición mediante un escrito a la dirección: DR. FLEMING, 16 - 03830, MURO DE ALCOY (ALICANTE).
 Si en el periodo de 30 días no nos comunica lo contrario, entenderemos que sus datos no han sido modificados, que se compromete a notificarnos cualquier variación y que tenemos su consentimiento para tratarlos a fin de poder tramitar su facturación. Chimeneas Costa S.C. Cif : J-54290481

Figura 86. Copia de la Factura Proforma de adquisición del molino de martillos y peletizadora.

Fuente: Elaboración propia

El proceso de aprovechamiento del residuo verde y su conversión a un combustible, primero astilla y posteriormente pélet empleado durante los primeros años, esto es desde 2012 a 2016 se resume en el esquema siguiente:

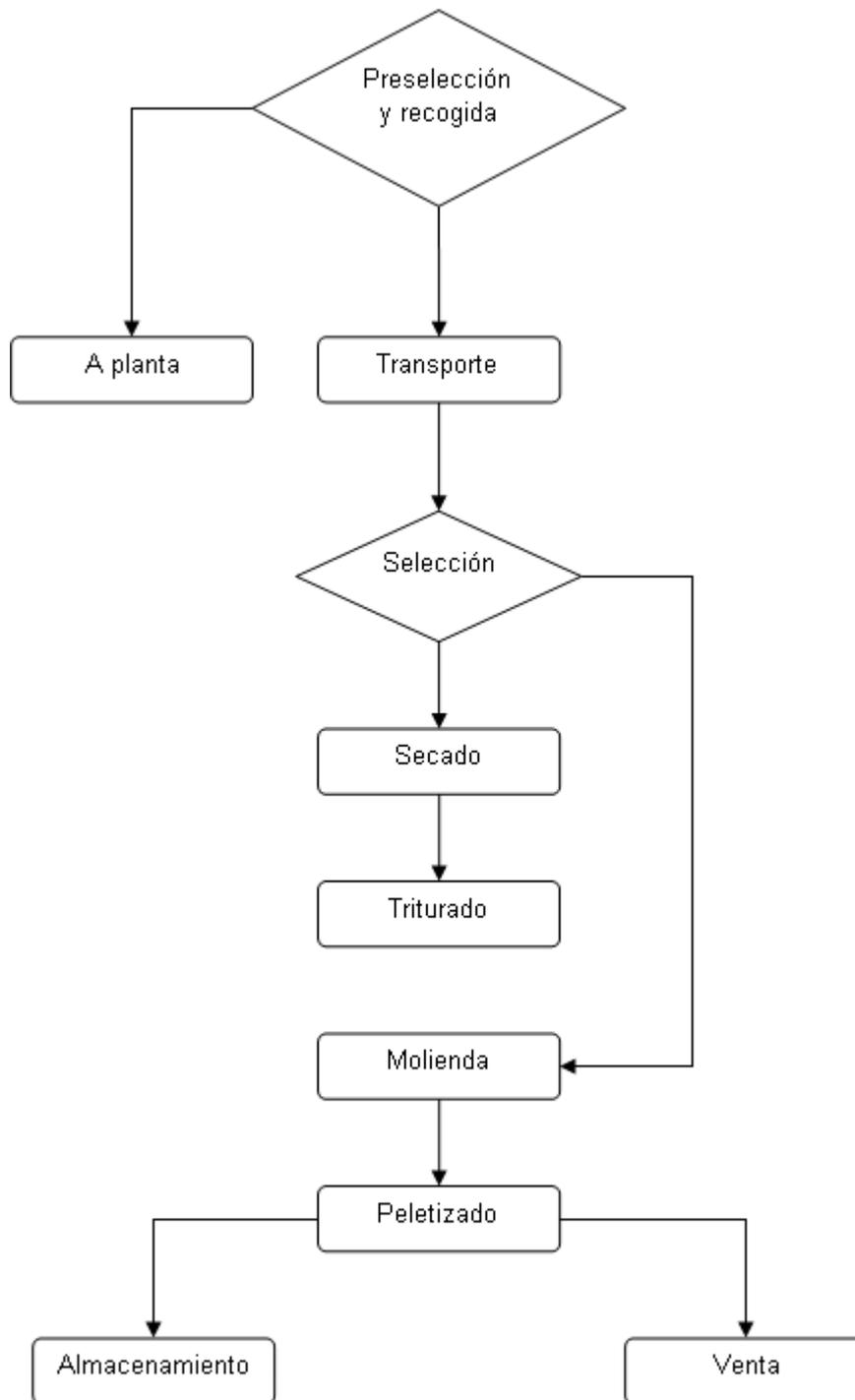


Figura 87. Esquema del proceso de aprovechamiento del residuo verde y producción de pélets.

Fuente: Elaboración propia.

En la fase inicial del proyecto el proceso era principalmente manual sin que existieran transiciones mecanizadas entre subprocesos, así tras la preselección y recogida del material con mayor contenido lignínico por parte de los operarios municipales del servicio de residuos, éste se depositaba en la planta. Considerando las condiciones climáticas del municipio de Serra y teniendo en cuenta que el grueso de la producción de combustible se venía haciendo desde el mes de abril hasta el mes de noviembre, el material recogido durante los meses de diciembre a marzo se dejaba en planta secándose al aire libre. Una vez seco la materia prima se astillaba utilizando la trituradora forestal, el material triturado se acumulaba a parte dejándolo igualmente al aire libre para su secado. Al acercarse el mes de abril el material con menos humedad era acopiado en el interior de la nave que dispone la planta para ser pasado por el molino de martillos. El serrín obtenido tras la molienda era acopiado en contenedores de plástico para preservarlo de la humedad, el objetivo era que ésta permaneciera entre el 8% y el 12%. El serrín era pasado por la peletizadora y el pélet producido se dejaba secar y se acopiaba posteriormente en un pequeño almacén de 30 m² construido al efecto, con ventilación natural y preservado de la entrada de animales domésticos o roedores. Tanto la alimentación de la trituradora, como del molino de martillos y de la peletizadora se realizaban de forma manual, los acarreos de material entre un proceso y otro también se realizaban de forma manual, todo el proceso era llevado a cabo por dos operarios municipales adscritos exclusivamente al servicio dirigidos y supervisados por el Ingeniero Agrónomo Municipal y Director del Proyecto que suscribe esta Tesis.



Fotografía 6. Trituradora forestal en funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 7. Molino de martillos de 7,5 kW con ciclón para partículas finas.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 8. Peletizadora de 7,5 kW.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 9. Peletizadora de 7,5 kW en funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 10. Alimentación manual del molino de martillos.

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en las fotografías el proceso era realizado de forma casi exclusivamente manual, además la heterogeneidad del material de origen hacía bajar en gran medida los rendimientos de las máquinas por lo que la capacidad de producción real en los inicios del proyecto era de unos 40 kg de pélet a la hora, la producción de pélet durante los primeros dos inviernos no superó las 25 toneladas por año.

La instalación de nuevas calderas en los edificios municipales hizo necesaria el aumento de la capacidad de producción de combustible por lo que en el año 2014 se optó por la adquisición de una nueva peletizadora con una potencia de 15 kW y capacidad máxima de producción entre 200 y 250 kg de pélet por hora. El precio de dicha máquina fue de 5.976,80 €. El aumento de la capacidad de producción hizo posible alcanzar durante el invierno 2014 a 2015 las 70 toneladas anuales de pélet.



Fotografía 11. Peletizadora de 15 kW en funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia

Conviene destacar que en los inicios del proyecto, tal y como se ha comentado anteriormente todo el proceso se realizaba de forma manual, tanto la alimentación de la trituradora como del molino de martillos y de las peletizadoras, esto hacía bajar considerablemente el rendimiento de las máquinas de peletizado incluso por debajo del 50% en el caso de la peletizadora inicial y por debajo del 60% en el caso de la segunda peletizadora. Además el vapor de agua que se produce durante el proceso de peletizado y la continua liberación de finos hacían que el ambiente de trabajo fuera altamente molesto para los operarios que sufrían la acumulación de polvo y humedad en el ambiente, es por ello que era necesaria la realización de pausas de forma frecuente y de labores de limpieza y mantenimiento de los equipos debido al desgaste de los materiales.

Es por ello que se investigaron diversos sistemas de alimentación semiautomáticos de las máquinas peletizadoras, destacando la reutilización de un tornillo sinfín de transporte de pélet al quemador de una de las calderas, de forma que al acoplarle una tolva en cabecera, y ajustar

su rotación a la capacidad de giro de la peletizadora, descargaba en cola el serrín en la tolva de la peletizadora facilitando en gran medida el trabajo de los operarios.



Fotografía 12. Tolva acoplada a la peletizadora de 15 kW en funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 13. Tornillo sinfín a continuación de la tolva acoplada a la peletizadora de 15 kW en funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 14. Tornillo sinfín a continuación de la tolva y descarga en la peletizadora de 15 kW en funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia

III.3.2.3 Peletizado semi industrial:

El objetivo principal de esta nueva fase de gestión integral de la biomasa del municipio, consistía en que el aumento de la producción de pélets debido a las mayores necesidades de combustible de los edificios municipales y la comercialización del combustible sólido sobrante era posible basándose en dos ideas principales:

1. Existe materia prima sobrante más que suficiente para comercializar el combustible sólido producido.
2. Las necesidades de combustible sólido procedente de la biomasa serán cada vez mayores.

En efecto, el volumen de residuos procedentes de labores de jardinería que el Ayuntamiento trataba anualmente se sitúa en torno a las 1.300 toneladas, de esa cantidad aproximadamente el 40 % era aprovechable energéticamente, es decir 520 toneladas.

Esas 520 toneladas permiten obtener, tras su secado, 287 toneladas de combustible sólido en este caso pélet. Las calderas situadas en los edificios de la guardería municipal, del Ayuntamiento y del Colegio consumen, para la generación de la calefacción de los citados inmuebles, unas 70 toneladas de pélet al año, por lo tanto únicamente considerando el residuo procedente de labores de jardinería ya existía un sobrante anual de 237 toneladas. Si a esto le

añadimos el residuo de origen agrícola o forestal, en el año 2015 se superaban las 500 toneladas anuales de materia prima. El excedente futuro en combustible sólido, una vez comenzara la producción industrial se estimaba en 730 toneladas anuales, considerando además las cantidades extraídas del apartado III.1.2. Potencial de Biomasa del monte de la presente Tesis, daría lugar a unas 17.000 de biomasa disponible.

Era por lo tanto más que evidente que existía un excedente de combustible sólido que convenía rentabilizar mediante su comercialización.

En lo que respecta a la evolución del consumo de biomasa doméstica, desde 2003 hasta 2008 se ha iniciado el despegue del mercado de biomasa térmica moderna para usos domésticos, aplicaciones en agricultura y desarrollos en la administración pública y el sector servicios.

Respecto a la utilización de biomasa en equipos domésticos (incluidas estufas de pélets), se establecerán líneas específicas de apoyo siempre y cuando dichos equipos superen los límites de mínimos de calidad que aseguren un rendimiento y unas emisiones acordes con las mejores tecnologías existentes en el mercado.

Las previsiones de consumo de biomasa para el sector doméstico y usos diversos en 2020 alcanzarán un total de 2.430 ktep, con un aumento relativo del consumo de un 12 % respecto a 2008.

En lo referente a la sostenibilidad de la Administración Local, la nueva redacción del artículo 7 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de Bases de Régimen Local queda como sigue:

- «1. Las competencias de las Entidades Locales son propias o atribuidas por delegación.*
- 2. Las competencias propias de los Municipios, las Provincias, las Islas y demás Entidades Locales territoriales solo podrán ser determinadas por Ley y se ejercen en régimen de autonomía y bajo la propia responsabilidad, atendiendo siempre a la debida coordinación en su programación y ejecución con las demás Administraciones Públicas.*
- 3. El Estado y las Comunidades Autónomas, en el ejercicio de sus respectivas competencias, podrán delegar en las Entidades Locales el ejercicio de sus competencias. Las competencias delegadas se ejercen en los términos establecidos en la disposición o en el acuerdo de delegación, según corresponda, con sujeción a las reglas establecidas en el artículo 27, y preverán técnicas de dirección y control de oportunidad y eficiencia.*
- 4. Las Entidades Locales solo podrán ejercer competencias distintas de las propias y de las atribuidas por delegación cuando no se ponga en riesgo la sostenibilidad financiera del conjunto de la Hacienda municipal, de acuerdo con los requerimientos de la legislación de estabilidad presupuestaria y sostenibilidad financiera y no se incurra en un supuesto de ejecución simultánea del mismo servicio público con otra Administración Pública.*

A estos efectos, serán necesarios y vinculantes los informes previos de la Administración competente por razón de materia, en el que se señale la inexistencia de duplicidades, y de la Administración que tenga atribuida la tutela financiera sobre la sostenibilidad financiera de las nuevas competencias. En todo caso, el ejercicio de estas competencias deberá realizarse en los términos previstos en la legislación del Estado y de las Comunidades Autónomas.»

De esta forma, las competencias de las Entidades Locales se clasifican en tres tipos:

- **COMPETENCIAS PROPIAS:** aquellas determinadas por Ley, que son ejercidas en régimen de autonomía y bajo la propia responsabilidad, atendiendo siempre a la debida coordinación en su programación y ejecución con las demás Administraciones Públicas.
- **COMPETENCIAS DELEGADAS:** aquellas que con tal carácter les atribuyen el Estado y las Comunidades Autónomas mediante una disposición normativa o un acuerdo y se ejercen en los términos establecidos en los mismos.
- **COMPETENCIAS QUE NO SON PROPIAS NI DELEGADAS:** no precisan ser atribuidas ni por el Estado ni por las Comunidades Autónomas. Solo podrán ejercerse por las Entidades Locales cuando concurren los siguientes requisitos, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 7.4 de la LRBRL:
 - Cuando no ponga en riesgo la sostenibilidad financiera del conjunto de la Hacienda municipal, cumpliendo los principios de estabilidad presupuestaria y sostenibilidad financiera.
 - No se incurra en un supuesto de ejecución simultánea del mismo servicio público con otra Administración Pública.

Son **competencias propias de los municipios las establecidas en el artículo 25 de la LRBRL:**

«a) Urbanismo: planeamiento, gestión, ejecución y disciplina urbanística. Protección y gestión del Patrimonio histórico. Promoción y gestión de la vivienda de protección pública con criterios de sostenibilidad financiera. Conservación y rehabilitación de la edificación.

*b) Medio ambiente urbano: en particular, **parques y jardines públicos, gestión de los residuos sólidos urbanos** y protección contra la contaminación acústica, lumínica y atmosférica en las zonas urbanas.*

c) Abastecimiento de agua potable a domicilio y evacuación y tratamiento de aguas residuales.

d) Infraestructura viaria y otros equipamientos de su titularidad.

e) Evaluación e información de situaciones de necesidad social y la atención inmediata a personas en situación o riesgo de exclusión social.

*f) Policía local, protección civil, **prevención y extinción de incendios.***

g) Tráfico, estacionamiento de vehículos y movilidad. Transporte colectivo urbano.

h) Información y promoción de la actividad turística de interés y ámbito local.

i) Ferias, abastos, mercados, lonjas y comercio ambulante.

- j) Protección de la salubridad pública.*
- k) Cementerios y actividades funerarias.*
- l) Promoción del deporte e instalaciones deportivas y de ocupación del tiempo libre. m) Promoción de la cultura y equipamientos culturales.*
- n) Participar en la vigilancia del cumplimiento de la escolaridad obligatoria y cooperar con las Administraciones educativas correspondientes en la obtención de los solares necesarios para la construcción de nuevos centros docentes. La conservación, mantenimiento y vigilancia de los edificios de titularidad local destinados a centros públicos de educación infantil, de educación primaria o de educación especial.*
- ñ) Promoción en su término municipal de la participación de los ciudadanos en el uso eficiente y sostenible de las tecnologías de la información y las comunicaciones.»*

Del contenido anterior se desprendía que la competencia que se ejercía con el Ayuntamiento de Serra con la actividad pretendida es una competencia propia, en las previstas en el artículo 25 de la Ley de Bases del Régimen Local, en concreto en sus apartados b) y f).

Desde el año 2010 y enmarcada dentro de la política de reducción de costes en materia energética, se planteó al Ayuntamiento de Serra la idea de disminuir en la medida de lo posible la dependencia del municipio de los combustibles de origen fósil y las emisiones de gases de efecto invernadero, para ello se propusieron los diferentes proyectos para dotar los edificios municipales de la Guardería, Colegio y Edificio Consistorial de calderas de biomasa cuyo combustible procede de las recogidas del material vegetal maderable procedente de parques y jardines, restos agrícolas y trabajos forestales.

En la actualidad esto ya es una realidad, la guardería municipal dispone de una caldera de biomasa de 35 kW que se alimenta del pélet que produce el Ayuntamiento al procesar el residuo verde antes mencionado y que supone un ahorro anual aproximado en gasto energético de unos 6.400 €.

El Colegio Público San José ya dispone de una caldera de biomasa de 150 kW y sistema de radiadores que calienta una superficie de unos 2.000 m², el combustible es el pélet municipal y supone un ahorro anual en Gas-Oil de unos 6.000 € anuales.

Del mismo modo y dentro de los planteamientos e investigaciones planteadas en la presente Tesis, han concluido las obras de instalación de caldera de biomasa de 65 kW y sistema de calefacción mediante radiadores en las dependencias municipales del Centro Médico, Juzgado, Policía Local y Oficinas Municipales, cuyo combustible es pélet igualmente elaborado en el Ayuntamiento mediante el procesado del residuo verde y que supone un ahorro anual en gasto energético de 9.300 € aproximadamente.

Con los objetivos de aprovechar al máximo el residuo verde que recogen los servicios municipales y poder procesar todo el residuo forestal y agrícola que se genera, de forma que rentabilice económicamente mediante su comercialización, el Ayuntamiento de Serra precisaba aumentar su capacidad de producción de combustible sólido a unas 70 toneladas anuales mediante la implantación de una línea semi-industrial de fabricación de pélet.

Las características de los equipos propuestos e instalados son las siguientes:

Caldera biomasa (poli-combustible) Guardería:

- Tipo de Caldera: Caldera de funcionamiento automático para combustibles sólidos como pélets, cáscara de almendra, orujillo, hueso de oliva, etc
- Cuerpo de acero y limpieza automática de serie con pasos de humos verticales y sistema automático de limpieza de los mismos.
- Potencia: 35 kW
- Combustible utilizado: pélet.
- Consumo anual: 10.000 kg.

Caldera biomasa (poli-combustible) Edificio Ayuntamiento:

- Tipo de Caldera: Caldera de funcionamiento automático para combustibles sólidos como pélets, cáscara de almendra, orujillo, hueso de oliva, etc
- Cuerpo de acero y limpieza automática de serie con pasos de humos verticales y sistema automático de limpieza de los mismos.
- Potencia: 65 kW
- Combustible utilizado: pélet.
- Consumo anual: 20.000 kg.

Caldera biomasa (poli-combustible) Colegio Público:

- Tipo de Caldera: Caldera de funcionamiento semi automático para combustibles sólidos como pélets, cáscara de almendra, orujillo, hueso de oliva, etc
- Cuerpo de acero y limpieza semi automática de serie con pasos de humos verticales y sistema automático de limpieza de los mismos.
- Potencia: 150 kW
- Combustible utilizado: pélet.
- Consumo anual: 40.000 kg.

Trituradora forestal:

- Potencia: 60 Cv

- Diámetro máximo triturado: 25 cm.
- Tamaño de astilla: 4-15 cm
- Combustible utilizado: Gas-Oil.

La línea semi industrial proyectada debía por lo tanto contener, al menos, los siguientes equipos:

Peletizadora de 32kW:

- Accionamiento: Motor trifásico 37kW.
- Producción horaria: 400/600 kg/h.
- Consumo de energía: 32kW.
- Peso máximo: 700 kg.
- Dimensiones máximas (Al x An x Prof) 175 x 250 x 100
- Seguridad ante sobrecalentamiento: Sistema de enfriamiento con aceite, la peletizadora deberá contar con un dispositivo lubricante automático que asegure el continuo engrasado de los rodamientos.
- Diámetro: pélet 6 mm. (deberá incluir la posibilidad de otras medidas posibles con matrices sustituibles)
- Composición de los principales componentes
 - Matriz: Acero inoxidable templado AISI 420.
 - Rodillos: 39 NCD3 templado.
 - Eje central: 39 NCD3 galvanizado.
 - Cuerpo de peletización: FE 560 galvanizado.

Sistema de recuperación de finos:

Los procesos de peletización generan gran cantidad de polvo y finos en suspensión en el ambiente, la línea cuenta con un sistema de aspiración y recuperación de los finos generados y su posterior reconducción al inicio del proceso, con los siguientes equipos:

- Aspirador:
 - Alimentación Eléctrica trifásica.
 - Potencia 5,5 kW.
 - Alcance horario 2'28 m³/h.
- Ciclón:
 - Salida 150 mm. (diámetro)
- Válvula rotativa:
 - Alimentación Eléctrica trifásica.
 - Potencia 0'75 kW.
 - Producción horaria.
 - 400 L/h.

El sistema debía incluir además todas las conducciones y piezas que conecten la aspiración al resto de los equipos y la batería filtrante para la recuperación del polvo.

Cargador:

La carga de la materia prima se haría de forma automática mediante cargador de funcionamiento autónomo con motor inverter que permite la regulación de la carga del material, con las siguientes características:

- Volumen mínimo de carga: 0,6 m³.
- Alimentación: Eléctrica monofásica.
- Potencia mínima: 0'18 kW.
- Capacidad de carga mínima horaria: 180-380 kg/h.

Molino de finos:

La línea debía contar con un molino de finos que asegure una producción de molido de tamaño regular y uniforme que además incluyera conexiones con el sistema de aspiración de finos.

- Alimentación: Eléctrica trifásica.
- Potencia mínima: 15 kW.
- Producción mínima horaria: 580-780 kg/h.

Sistema de separación de finos:

La línea debía incluir un sistema de separación de los finos del pélet producido y una conexión al sistema de aspiración.

Cintas transportadoras:

La línea incluiría todas las cintas transportadoras necesarias para asegurar un total automatismo del sistema, las características mínimas serían las siguientes:

- Alimentación: Eléctrica trifásica.
- Potencia: 0'75 kW.
- Velocidad cinta: 0'15 m/s.

Tolva de alimentación:

La línea contaría con una tolva de astilla que alimente el molino de finos, las capacidades mínimas de la tolva serían las siguientes:

- Alimentación: Eléctrica trifásica.
- Potencia instalada: 1'5kW.
- Producción horaria: 600-800 kg/h.
- Dimensiones:

- Diámetro: 2m.
- Altura tolva: 1'20m.
- Altura total: 2'15m.

Humidificador:

La línea debía además incorporar por último un humidificador capaz de aportar la humedad necesaria al proceso de peletizado.

Vistas las necesidades de la línea de peletizado a instalar en el mes de febrero, el Ayuntamiento de Serra sacó a concurso la implantación de una línea semi industrial de peletizado que se ajustara a las características anteriormente citadas. El resultado del concurso fue la adjudicación a la mercantil ELIAS JADRAQUE S.L., por valor total IVA incluido de 113.619,00 €. Siendo subcontratista único la empresa Ecofricalia Sostenible S.L. que instaló la siguiente línea:

Descripción de la planta y sus equipos, a continuación se presentan los principales equipos propuestos y que forman parte de la planta de peletizado, incluyendo descripción y características técnicas, haciendo especial hincapié en el dispositivo peletizador.

Peletizadora PLT800



DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
	PLT800
Accionamiento	Motor trifásico 37kW
Producción horaria	400/600 kg/h
Consumo de energía	32kW
Peso aprox.	650 kg
Dimensiones (Al x An x Prof)	150 x 200 x 90
Seguridad sobrecalentamiento	Sistema de enfriamiento con aceite
Diámetro pélet	6 mm. (otras medidas posibles con matrices sustituibles)
Composición de los principales componentes	Matriz: Acero inoxidable templado AISI 420
	Rodillos: 39 NCD3 templado
	Eje central: 39 NCD3 galvanizado
	Cuerpo de peletización: FE 560 galvanizado

Las peletizadoras industriales Smartec son equipos robustos diseñados con los mejores materiales de origen europeo para garantizar un funcionamiento y una durabilidad prolongada. La máquina es apta para la producción de pélet de alta calidad físico-mecánica según el estándar EN 14961-2.

El residuo es empujado a través de los rodillos hacia la matriz, donde gracias a sus aberturas cilíndricas, se comprime y produce el pélet, existiendo la posibilidad de graduar su longitud. La producción oscila de 100 a 600kg hora dependiendo de la peletizadora y del tipo de materia prima que se utilice.

Las peletizadoras industriales Smartec son de matriz plana de fácil extracción (15 min. aprox.) y las únicas del mercado con cuatro rodillos de compresión, lo que se traduce en mayor producción por el mismo consumo.

Las matrices y rodillos son de alta calidad y acero inoxidable templado de alta dureza y durabilidad. Estos componentes de sustitución son fácilmente intercambiables. Disponemos de 8 matrices estándar de diferente espesor para utilizar según el tipo de materia a peletizar. Si fuera necesario, podemos fabricar a medida matrices de diferente espesor a las estándar según necesidad del cliente. La distancia entre rodillos y matriz se ajusta fácilmente con cuatro tornillos. El técnico que realice la puesta en marcha y la formación de la/s persona/s encargada/s explicará cómo se realiza esta operación.

Los rodamientos son asequibles en cualquier tienda de repuestos. La matriz y rodillos deben adquirirse en ECOFRICALIA SOSTENIBLE SL.

La máquina dispone de cuatro ruedas y sus dimensiones son adecuadas para un apropiado manejo y desplazamiento.

Se trata de una máquina capaz de peletizar diferentes tipos de biomasa. Para ello, disponemos de diferentes tipos de matrices que permiten usar materias primas variadas de tipo leñosas, residuos agrícolas, para producción de pélet y piensos. Existen medidas estándar de 16mm hasta 80mm, suficiente abanico de espesores para peletizar todo tipo de materiales. Por tanto, existe la posibilidad de fabricar pélet industrial de 8mm u otros diámetros cambiando la matriz. También es posible suministrar matrices con orificios de diferentes diámetros.

Dispositivo lubricante PMP400



Los sistemas de lubricación son parte obligada en el funcionamiento automatizado de las peletizadoras. Su función es proporcionar el continuo engrasado de los rodamientos de la peletizadora.

Kit recuperación de polvo (Ciclón+base+aspirador+soporte)

A través de un sistema de aspiración, este equipo permite recuperar el polvo y los finos en suspensión y reconducirlo a unas sacas para ser devuelto al inicio del proceso.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
ASPIRADOR	
Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia	5,5 kW
Alcance horario	2'28 m3/h
CICLÓN	
Salida	150 mm. (diámetro)
VÁLVULA ROTATIVA	
Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia	0'75 kW
Producción horaria	400 L/h



Kit recuperación de polvo (Tubos y batería)



Los tubos conectan el ciclón al resto de equipos (tamiz vibratorio, peletizadora, extractor...) para garantizar el menor polvo en suspensión en el ambiente.

Gracias a la batería filtrante de 32 mangas se recoge el polvo sobrante para poder ser devuelto al inicio del proceso.

Cargador CRT100



Cargador mediante sinfín, indispensable para el funcionamiento autónomo de la serie PLT. Dispone de un motor inverter para la regulación de la carga del material.

Volumen de carga	0'8 m3
Alimentación	Eléctrica monofásica
Potencia	0'18 kW + 0'22 kW
Producción horaria	200-400 kg/h

Kit modificación CRT100 (Válvula rotativa+ciclón+aspirador)

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
CARGADOR	
Alimentación	Eléctrica monofásica
Potencia	0'18 kW + 0'18 kW
Producción horaria	200-400 kg/h
Volumen de carga	0'8 m3
CICLÓN	
Salida	150 mm. (diámetro)
VÁLVULA ROTATIVA	
Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia	0'75 kW
Producción horaria	400 L/h



Este sistema absorbe mediante aspiración el residuo triturado procedente del refinador RC800. El ciclón dispone también de un tubo dirigido a la batería donde se reconduce el sobrante.

Refinador con cuchillos RC800

DESCRIPCIÓN TÉCNICA	
Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia	15 kW
Producción horaria	600-800 kg/h.

Asegura la producción de molido de tamaño regular y uniforme. Incluye la conexión con el aspirador para el transporte del material y del polvo sobrante.



Kit tubos RC800 + batería



Los tubos conectan la batería con el refinador RC800 y el ciclón del kit de modificación CRT100 para el transporte del serrín al cargador. También garantiza menor polvo en suspensión en el ambiente.

Al igual que en el kit de recuperación de polvo, la batería filtrante de 32 mangas recoge el polvo y los finos en suspensión del equipo RC800 y del Kit de modificación CRT100 y lo envía a la batería filtrante para ser devuelto al inicio del proceso.

Tamiz vibratorio VBR300

SEPARA EL PÉLET PRODUCIDO DE LOS FINOS. Estos últimos son reconducidos a través del kit de recuperación de polvo a la batería filtrante.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia	0'52 kW



Cinta transportadora 3MT



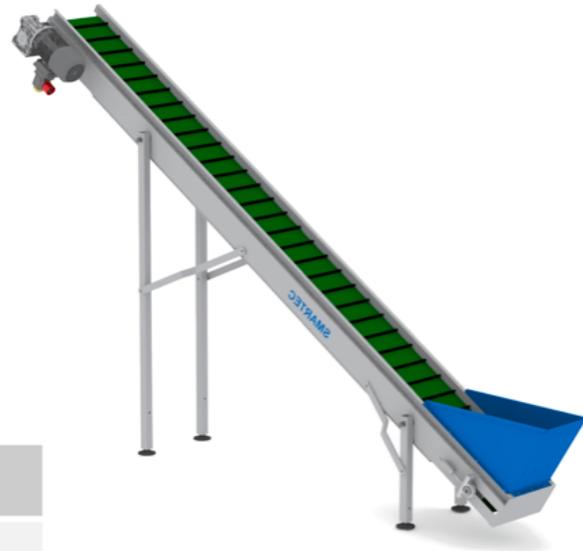
Cinta que conecta la peletizadora con el tamiz vibratorio VBR300.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia	0'75 kW
Velocidad cinta	0'15 m/s.

Cinta transportadora 4MT (Carga astillas / ensacadora)

La planta incluye dos cintas de 4m: la primera, UNE EL EXTRACTOR DE ASTILLAS CON EL REFINADOR RC800, regulable en altura y velocidad. Dispone de la preinstalación del kit humidificador y del sistema de eliminación de metales. La segunda, TRANSPORTA EL PÉLET FINALIZADO A LA ZONA DE ENVASADO. Se trata de una cinta de mayor grosor que proporciona más capacidad y que aísla el producto final del exterior gracias a su cerramiento superior.



DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia	0'75 kW
Velocidad cinta	Regulable - 0'15 m/s.

Dosificador de aditivo CRT50

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Alimentación	Eléctrica monofásica
Potencia instalada	0'18kW
Regulación	Inverter para dosificación

Suministrador de aditivo para mejorar la compactación del residuo.



Extractor de astillas



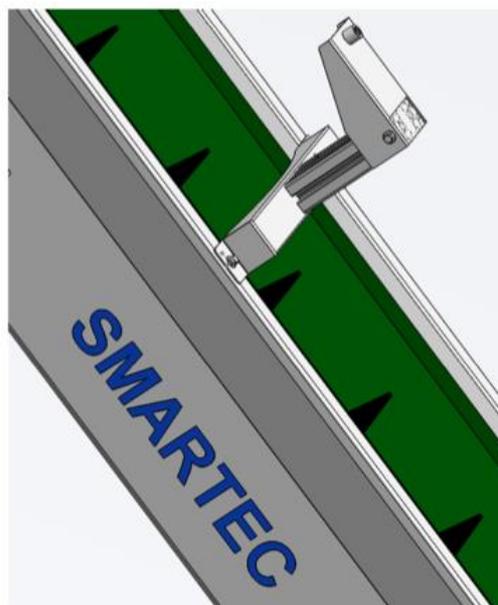
Tolva de alimentación para el refinador RC800 con ballesta giratoria y regulable en velocidad.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Alimentación	Eléctrica trifásica
Potencia instalada	1'5kW
Producción horaria	600-800 kg/h
Dimensiones	Diámetro: 2m
	Altura tolva: 1'20m
	Altura total: 2'15m.

Kit humidificador

Este sistema aporta la humedad en caso de necesidad. Es un dispositivo regulable.



La instalación de la línea se llevó a cabo a lo largo del mes de julio de 2016.



Fotografía 15. Descargas y montaje de la línea semi industrial de peletizado.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 16. Descargas y montaje de la línea semi industrial de peletizado.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 17. Descargas y montaje de la línea semi industrial de peletizado.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 18. Descargas y montaje de la línea semi industrial de peletizado.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 19. Descargas y montaje de la línea semi industrial de peletizado.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 20. Descargas y montaje de la línea semi industrial de peletizado.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 21. Puesta en marcha de la línea semi industrial de peletizado.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 22. Puesta en marcha de la línea semi industrial de peletizado.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 23. Puesta en marcha de la línea semi industrial de peletizado.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 24. Puesta en marcha de la línea semi industrial de peletizado.

Fuente: Elaboración propia

Esta línea tiene una capacidad de producción anual de entre 800 y 1.000 toneladas de pélet al año. Está en funcionamiento desde el mes de julio de 2016.

El resultado final y la línea en funcionamiento pueden verse en vídeo vinculado al siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=cN69AkvMwZU>

III.3.3 Propuesta de Ordenación del M.U.P. nº 105:

La ordenación de montes ha sido y sigue siendo el punto de partida para la planificación de cualquier uso o actividad que quiera desarrollarse en un marco racional, sostenible y conservador con el sistema forestal y el resto de usos y actividades que le son propios al medio en cuestión.

Realizando un breve repaso por los antecedentes que tratan de establecer el contexto legal bajo el cual debe desarrollarse la Ordenación Forestal, cabe comenzar citando la *Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes*, que cita en su artículo 32: “*Los montes deben ser gestionados de forma sostenible, integrando los aspectos ambientales con las actividades económicas, sociales y culturales, con la finalidad de conservar el medio natural al tiempo que generar empleo y colaborar al aumento de la calidad de vida y expectativas de desarrollo de la población rural*”. Este concepto genérico de la ordenación integral es matizado introduciendo referencias a la propiedad de los mismos en el siguiente artículo, donde cita en su punto 2 que “*Los montes públicos y privados deberán contar con un proyecto de ordenación de montes, plan dasocrático u otro instrumento de gestión equivalente*”. Dicho artículo es de vital importancia, ya que deja ver la obligatoriedad impuesta por la Ley a los propietarios de tener los montes gestionados bajo algún documento de planificación técnica y gestionar sus montes conforme a éste. En el punto 3 del mismo artículo, la citada Ley establece: “*La elaboración de dichos instrumentos se hará a instancias del titular del monte o del órgano forestal de la comunidad autónoma, debiendo ser aprobados, en todo caso, por este último*”.

Ya a nivel autonómico, la *Ley 3/1993, de 9 de diciembre, Forestal de la Comunidad Valenciana* también hace referencia a las citadas ordenaciones estableciendo ya en su artículo 4 que “*La Generalitat Valenciana gestionará los montes o terrenos forestales de la Comunidad Valenciana de forma integrada, contemplando conjuntamente la flora, la fauna y el medio físico que las constituye, con el fin de conseguir un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, estableciendo garantías para la preservación de la diversidad biológica y para el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales*”. Esta definición genérica de gestión de los montes lleva implícita la necesidad de ordenación a través de alguno de los documentos técnicos destinados a tal fin, pues en ella se recogen ya al menos dos de los tres principios básicos de cualquier ordenación.

Otros aspectos básicos de la ordenación, como pueda ser la organización dasocrática, son exigidos posteriormente al poner de manifiesto la Ley en su artículo 22 la necesidad de establecer programas o planes comunes para potenciar la conservación y explotación de los

recursos forestales, citando: *“En cada demarcación forestal se delimitarán áreas de actuación, constituidas por superficies forestales de homogéneas características físicas, biológicas, edáficas y otras, susceptibles de planes o programas comunes. Para cada una de las áreas se establecerán las prevenciones precisas para potenciar su conservación y explotación, así como para la protección contra incendios”*.

Más adelante, ya en su artículo 25, la ley Forestal cita: *“Para la gestión de los terrenos forestales de dominio público, de utilidad pública o protectores, la administración aprobará Programas de Gestión y Mejora Forestal”*. Posteriormente, en el Reglamento a la ley se hace hincapié sobre estos Programas de Gestión y Mejora Forestal, estableciendo que *“se redactarán con sujeción a las instrucciones que estuviesen vigentes y determinarán los aprovechamientos a ejecutar, los tratamientos selvícolas de la masa forestal y los trabajos a realizar en el monte que sean necesarios para la persistencia y mejora de la cubierta vegetal”*. Otra vez vuelve a ponerse de manifiesto la obligatoriedad de la ordenación del monte a través de la exigencia del cumplimiento de alguno de sus objetivos básicos.

Como puede verse, el marco normativo que faculta y obliga al propietario a la ordenación y gestión de los montes es muy amplio. No obstante, la aplicación de este contexto legislativo no es una realidad en la Comunidad Valenciana, una de las provincias con menor superficie ordenada de toda España.

Por otro lado, las vigentes Instrucciones Generales para la Ordenación de Montes Arbolados de 1970 (I.G.O.M.A.), han constituido el marco genérico de planificación de los sistemas forestales que han sido de alguna manera ordenados en cumplimiento de las distintas exigencias productoras, sociales o incluso legales. Actualmente, la Administración Forestal Valenciana está promoviendo el desarrollo de unas Instrucciones Autonómicas de Ordenación, las cuales se encuentran en fase de desarrollo, existiendo un primer borrador consensuado ya con los distintos Colegios Profesionales que servirá de referencia para la redacción del presente Proyecto, con vistas a que su adaptación al nuevo marco legal sea prácticamente directa una vez se procede a la aprobación de las mismas.

Recientemente se ha procedido a la aprobación de la *Orden 10/2015, de 8 de abril, de la Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente, por la que se regulan los aprovechamientos forestales en la Comunitat Valenciana*, la cual establece el marco legal relativo a los aprovechamientos forestales, incorporando a su vez primer modelo de Instrumento de Gestión Forestal de carácter autonómico existente hasta la fecha: el Plan Técnico de Gestión Forestal Simplificado.

La propuesta de Ordenación que se propone para el Monte de Serra y que se realiza por el Ayuntamiento de Serra supone la segunda Ordenación de los Sistemas Forestales que constituyen el monte nº105 del C.U.P. de la Provincia de Valencia a la luz de las nuevas **técnicas y conocimientos** y a partir de las nuevas **necesidades y demandas** que sobre el mismo existen como consecuencia de su condición de espacio forestal.

Como antecedentes técnicos, cabe citar la existencia de un proyecto de ordenación del año 1974, a cargo del Ministerio de Agricultura. No obstante, este proyecto, que no se trataba de una ordenación forestal como tal ya que únicamente concretaba aspectos relativos a las infraestructuras de uso recreativo, no se llegó a ejecutar de manera reglada. A pesar de ello se ha tratado de respetar en la medida de lo posible la división dasocrática realizada entonces.

El Proyecto de Ordenación planteado en el desarrollo de los trabajos de la presente Tesis para los montes del término municipal de Serra cuenta con dos **aspectos novedosos** que lo distinguen de cualquier proyecto de ordenación forestal redactado hasta la fecha en el ámbito de la Comunitat Valenciana: el primero de ellos es la propuesta de **gestión conjunta de terrenos de naturaleza pública y privada**, en aras de la gestión integral de la superficie forestal incluyendo la defensa de incendios así como del asociacionismo en la planificación promovido por el Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunidad Valenciana (en adelante PATFOR). Así, la intención del Proyecto propuesto al Ayuntamiento de Serra es la de iniciar un proceso de asociacionismo forestal que haga viable la gestión de un terreno que de otra forma resultaría prácticamente inviable, implicando a los propietarios forestales en una gestión orientada a la autosuficiencia energética, mitigación de impactos, lucha contra los incendios forestales, el cambio climático y potenciación de los valores protectores estéticos y recreativos propios del entorno en que se ubican.

El segundo aspecto novedoso frente a la redacción tradicional de los proyectos de ordenación forestal, es **el enfoque por servicios ambientales** en el ámbito de "monte protector" con turnos largos para conseguir masas estables y más resilientes, que se ha otorgado en todo momento al Proyecto, acorde a la actual política forestal articulada en la Comunidad Valenciana a través del citado PATFOR.

III.4 Aprovechamiento energético:

III.4.1 Estudio de los combustibles generados

Tal y como se ha detallado en el apartado anterior los combustibles producidos a partir de la materia prima o residuo verde procedente de labores de jardinería, agrícola y forestal han sido astilla o triturado y pélets.

III.4.1.1 Astilla:

En primera instancia, invierno del año 2011 a 2012, el combustible empleado fue astilla de residuo de jardinería, secada al sol y con un contenido en humedad final inferior al 20%. El combustible producido, a causa de la heterogeneidad del material de origen, presentaba grandes variaciones en cuanto a tamaño, densidad, contenido lignínico y como consecuencia poder calorífico, algo que no se pudo observar mediante analítica pero que se comprobó empíricamente al ser empleado en la caldera existente en ese momento que era la de la Guardería Municipal.



Fotografía 25. Astilla utilizada como primer combustible en la caldera de la Guardería Municipal.

Fuente: Elaboración propia

III.4.1.2 Ventajas de la producción de astilla:

La principal ventaja de la astilla era su facilidad a la hora de la producción y la sencillez del proceso de elaboración. El material de origen, una vez transportado por los operarios municipales desde los diferentes puntos de recogida del municipio, principalmente la Urbanización Torre de porta Coeli, era acumulado al sol en la planta y cuando se disponía de una cantidad suficiente se procedía a su triturado dejando el combustible producido

directamente sobre el suelo y la intemperie. Todo el material de origen era triturado sin deshojar o separar ningún residuo por su tamaño, tipo, forma o contenido en humedad.

Posteriormente, el material una vez transcurridos aproximadamente 60 días al sol y habiéndose comprobado, mediante un higrómetro manual, que su humedad estaba por debajo del 20%, era transportado a una instalación ad-hoc a cubierto para evitar que se viera afectado en caso de precipitaciones y diera lugar a procesos biológicos de pudrición o descomposición.

Al tacto el material final era poco denso, muy heterogéneo en cuanto a contenido (astilla de maderas diferentes, hojas, fibras de palmáceas, hoja de pino seca y hojarasca seca diversa) y presentaba sequedad suficiente para arder con facilidad. Por falta de presupuesto en aquel entonces no pudieron llevarse a cabo analíticas de la composición de la astilla generada, no obstante, no se observaron especiales problemas en el contenido en cenizas, corrosiones en los equipos o coloraciones oscuras del humo generado durante la combustión que se producía de forma fácil sin que necesitara grandes cantidades de aire forzado en el quemador de la caldera. Al aire libre el combustible presentaba alta volatilidad con aproximación de llama.

III.4.1.3 Problemas de la astilla:

III.4.1.3.1 El tamaño:

No obstante lo anterior, justamente debido a la variabilidad en forma y densidad de la astilla generada, se produjeron diversos problemas mecánicos durante su empleo en las calderas, que obligaron en primera instancia a realizar un cribado previo de la astilla producida para reducir su tamaño por debajo de los 10 cm.

En efecto, el transporte del combustible desde el silo de almacenamiento hasta el quemador de la caldera se hace mediante tornillos sinfín y tubos de plástico transparente corrugado cuyo diámetro máximo no supera los 10 cm. Por lo tanto, la astilla cuyo tamaño superaba ese diámetro provocaba problemas de obturación en los tornillos sinfín, sobre todo en el que eleva la astilla desde el fondo del silo que es el primer transporte que aparece tras el almacenamiento en el silo de carga de la caldera.



Fotografía 26. Parte trasera de la caldera donde se aprecian los conductos de transporte del combustible.

Fuente: Elaboración propia

Tal y como se menciona, este problema de tamaño se trató de evitar pasando el producto triturado por un tamiz fabricado ad-hoc con longitud de paso inferior a los 5 cm. El proceso de tamizado se realizaba de forma manual encareciendo el proceso de producción de la astilla, además de que el sistema no aseguraba que el 100% de la astilla cribada fuera inferior a los 10 cm, pues siempre existía entre un 10% y un 15% del triturado con tamaños mayores que pasaban de forma vertical por el tamiz. Por lo tanto, en última instancia, siempre se quedaba la posibilidad de obturación en los tornillos sinfín de la caldera, lo que podía ocurrir en cualquier momento provocando la parada del sistema y la falta de continuidad térmica y pérdida de confort en el interior del edificio.



Fotografía 27. Astilla triturada tras su paso por el tamiz.

Fuente: Elaboración propia

III.4.1.3.2 La densidad y composición:

Además del problema del tamaño apareció un nuevo inconveniente derivado de la falta de densidad de la astilla. Una vez más la heterogeneidad en la composición de la materia prima y por lo tanto del triturado, provocó la existencia de material diverso como hoja de pino seca en grandes cantidades, pequeños pedazos de madera de escasa densidad, hoja seca e incluso ramas finas secas que traspasaban la criba manual. Esta composición tan diversa provocó que en las partes inferiores del silo de almacenamiento de la caldera, justo a la entrada al tornillo sinfín, se generasen, de forma aleatoria, cúpulas de material entrelazado haciendo que el combustible dejara de caer por gravedad en el tornillo sinfín y fuera transportado al quemador.

Esto hacía saltar la alarma de falta de combustible y provocaba la parada de la caldera. Todo ello se veía agravado por que a primera vista el silo estaba lleno hasta el total de su capacidad, no obstante aunque funcionaban todos los equipos de transporte del combustible, éste no caía por el conducto de plástico transparente. Tras vaciar el silo en diversas ocasiones se optó, en un primer momento, en instalar en la parte superior del silo un agitador automático del combustible, el arranque del agitador se hacía coincidir con el del tornillo sinfín. El sistema no obtuvo los resultados adecuados y finalmente se optó por la instalación de un vibrador en la base del silo cuyo accionamiento estaba igualmente coordinado con el tornillo sinfín realizándose así el transporte del combustible hasta el quemador de la caldera de forma satisfactoria.

En definitiva el origen diverso de la materia prima tenía como consecuencia una gran heterogeneidad de la astilla producida tanto en tamaño como composición lo que provocó diversos problemas mecánicos en el transporte del combustible que hubieron de ser solucionados. Para el caso del tamaño de con una criba manual y la falta de densidad se solución con la instalación de un vibrador. En todo caso y teniendo en cuenta el objetivo final de producir un combustible que fuera adecuado para su empleo por parte del vecino de Serra en sus instalaciones domésticas se optó por evolucionar de la producción de astilla a la de pélet.

III.4.1.4 Pélet:

El capítulo II de la presente Tesis entra en detalle sobre la definición de pélet de madera, y los define de forma general como *"pequeños cilindros de serrín compactado de entre 8 y 6 mm de diámetro y longitud entre 5 y 40 mm, procedente principalmente de la molienda de astillas y virutas secas que tras molerse son compactadas en un proceso de extrusión a alta temperatura."*

En efecto, la astilla procedente del triturado inicial que en un primer momento fue empleada como combustible, fue pasada por un proceso de molienda y peletizado que dio lugar al primer pélet que fue empleado como combustible en las calderas municipales. Tal y como se ha explicado en puntos anteriores todo el proceso era manual, polvoriento y molesto para los operarios.

III.4.1.4.1 Pélet de jardinería:

El pélet obtenido en primera instancia era de color oscuro y con escasa densidad, obligando de forma frecuente a realizar una doble pasada del material por la máquina peletizadora hasta obtener una densidad y durabilidad mecánica adecuadas. Esto reducía el rendimiento del proceso y hacía que en esas condiciones la capacidad de producción se viera afectada hasta reducirla por debajo del 50%, la producción máxima durante los primeros inviernos no superó las 25 toneladas, pasando a 70 toneladas al año con la segunda peletizadora.

Aunque las producciones eran netamente bajas las cantidades producidas permitieron autoabastecer las calderas municipales de la guardería y del edificio consistorial durante los siguientes tres inviernos.



Fotografía 28. Primer plano del pélet obtenido al inicio del proyecto empleando la primera peletizadora de 7,5 kW.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 29. Pélet enfriado obtenido al inicio del proyecto empleando la primera peletizadora de 7,5 kW.
Fuente: Elaboración propia

Con objeto de conocer de forma precisa las características del combustible generado, se llevó a cabo el análisis de la composición del pélet a través del Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción de la Universidad Jaume I de Castellón y cuyo resultado fue el siguiente:

INFORME DE ANÁLISIS		Castellón de la Plana, a 1 de diciembre de 2014	
DATOS DEL CLIENTE		AJUNTAMENT DE SERRA (VALENCIA)	
DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo de muestra:	Pélet jardinería		
Referencia de la muestra:	Ayto. Serra		
Fecha de entrada:	18/11/2014		
Fecha de análisis:	27/11/2014		
RESULTADOS			
Parámetros:	Resultado	Unidades	
Granulometría: diámetro	6,3	mm	
Granulometría: longitud	15,6	mm	
Porcentaje de finos (material de tamaño menor a 3,15 mm)	1,16	%	
Tamizado: material de tamaño mayor a 16 mm	0,00	%	
Tamizado: material de tamaño mayor a 8 mm	83,27	%	
Tamizado: material de tamaño entre 8 y 3,15 mm	15,57	%	
Tamizado: material menor a 3,15 mm (porcentaje de finos)	1,16	%	
Densidad	686	kg/m ³	
Humedad	8,00	%	
Cenizas	3,78	%	
PCS	4.565,08	cal/g	
PCI	4.252,40	cal/g	
Cloro	0,07	%	
Nitrógeno	0,46	%	
Azufre	0,50	%	
<p>Todos los resultados están expresado sobre muestra húmeda</p> <p>Normativa utilizada: Granulometría: UNE-EN 16127:2012 Finos y tamizados: UNE-CEN/TS 15.149-1: 2007 EX Densidad: UNE-EN 15.103:2010 Humedad: UNE-EN/TS 14.774-1: 2010 Cenizas: UNE-EN 14.775:2010 PCS: UNE-EN 14.918:2011 Nitrógeno: UNE-EN 15.104:2011 Cloro y azufre: UNE-EN 15.289:2011</p>			

Considerando los valores establecidos en la tabla de la figura 18, sobre propiedades de los pélets de madera, expuesta en el punto II.4.2.1. de la presente tesis y que se repite a continuación.

	Pélet baja calidad	Pélet estándar	Pélet alta calidad
Poder Calorífico Inferior			
(kcal/kg)	> 3.000	> 4.000	> 4.300
(kJ/kg)	> 12.500	> 16.700	> 18.000
Humedad b.h. (% en masa)	< 12	< 12	< 10
Densidad (kg/m ³)	> 1.000	1.000-1.400	> 1.120
Contenido en cenizas (% en peso)	< 6	< 1,5	< 0,5
Longitud (mm)	< 7 x diámetro	< 50	< 5 x diámetro
Diámetro (mm)	< 12	4-10	< 8

Figura 88: Propiedades de los pélets.

Fuente: normas DIN Y ÖNORM 7135 para pélets/IDAE.

Y teniendo en cuenta que según la norma UNE-EN ISO 17225-2:2014, un buen pélet de madera debe de presentar menos de 10% de humedad y una durabilidad mecánica superior al 95%, el contenido de finos no ha de superar el 2%, siendo las cenizas inferiores al 0,7% y el contenido en azufre y cloro deberá ser inferior al 0,05%. El poder calorífico de los pélets de madera de calidad adecuada se sitúa en torno a las 4.300 kcal/kg.

Para el caso del primer combustible a base de pélets procedentes de residuo de jardinería el resultado fue que en cuanto a poder calorífico (4.252,40 kcal/kg), humedad (8%), densidad (686 kg/m³), tamaño (6,3 mm - 15,6 mm), presencia de finos (1,61%), el combustible obtenido era de alta calidad. No obstante a causa de la variedad en la composición de la materia prima el contenido en cenizas (3,78%) así como el de azufre (0,5%) y cloro (0,7%) eran ligeramente superiores a lo que establece la norma UNE-EN ISO 17225-2:2014. Por lo que se puede clasificar este combustible como de CALIDAD ESTANDAR.

Teniendo en cuenta, por lo tanto, la calidad del combustible generado y dado que las calderas instaladas en los edificios municipales eran todas poli-combustible, el pélet de jardinería sido empleado en las instalaciones municipales sin que se produjeran problemas destacados más allá de reducir los espacios entre labores mantenimiento al efecto de retirar el exceso de cenizas generadas.

III.4.1.4.2 Pélet mixto agrícola y de jardinería:

Con objeto de mejorar la calidad del pélet de jardinería y restringir por completo el uso agrícola del fuego en el término municipal de Serra, al objeto de ayudar a reducir el riesgo de incendios provocados por olvidos o negligencias asociadas a la quema de restos agrícolas, se instauró en el año 2015 un servicio municipal de triturado del residuo agrícola. Así el agricultor que precisaba deshacerse de sus residuos separaba el residuo leñoso del herbáceo y solicitaba el servicio de triturado al Ayuntamiento.

Actualmente el Ayuntamiento dispone de una trituradora exclusiva para tratar este residuo, y el servicio funciona del siguiente modo:

El agricultor concierta una cita con el servicio municipal de triturado agrícola de forma que un operario se presenta en el campo del solicitante con el equipo de triturado y un remolque para el transporte de la astilla generada, el trabajo de trituración se realiza conjuntamente y el servicio es gratuito.

El astillado agrícola, una vez seco se mezcla con el residuo de jardinería, los resultados en cuanto a la composición del combustible no han sido analizados, pero observando el aspecto del combustible, su comportamiento en las calderas y las cenizas generadas se puede concluir que el efecto del residuo agrícola en la mejora de la calidad del combustible de jardinería no es apreciable. Esto es lógico puesto que la relación entre el residuo de jardinería y el agrícola es, en promedio, de 8 a 1.

III.4.1.4.3 Pélet forestal:

Considerando que era de interés del proyecto el obtener un combustible de calidad suficiente para su puesta en el mercado y que otro de los objetivos primordiales era el empleo del residuo procedente de labores de prevención de incendios forestales en el Monte de Utilidad Pública nº 105 "Alto del Pino", en el término municipal de Serra. En el año 2015 se optó por la realización de una faja auxiliar de protección del camino del Castillo, cuyos restos de obra serían empleados en la producción de un pélet forestal, de mayor calidad al generado por restos de jardinería.

Aquellos residuos producidos durante los trabajos de prevención de incendios fueron triturados de forma conjunta y sin que existiera separación entre materiales por tamaño o procedencia. De este modo se buscaba un aprovechamiento completo del residuo generado. En función de las necesidades del momento el residuo era transportado a planta y triturado o acumulado en el monte y triturado in situ.



Fotografía 30. Triturado del residuo forestal en planta.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 31. Triturado del residuo forestal en planta.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 32. Triturado del residuo de jardinería y agrícola en planta.

Fuente: Elaboración propia

La diferencia entre el triturado del residuo forestal y el agrícola se aprecia a simple vista, el primero presenta un tamaño más homogéneo, un contenido lignínico y una densidad mayores, el segundo es más variado con menos "madera" y por supuesto mucho menos denso.

Esto se tradujo en resultados diferentes en las analíticas obtenidas para el residuo forestal.

INFORME DE ANÁLISIS		Castellón de la Plana, a 21 de septiembre de 2016	
DATOS DEL CLIENTE		AJUNTAMENT DE SERRA (VALENCIA)	
DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo de muestra:	Pélet forestal		
Referencia de la muestra:	Ayto. Serra		
Fecha de entrada:	08/09/2016		
Fecha de análisis:	21/09/2016		
RESULTADOS			
Parámetros:	Resultado	Unidades	
Granulometría: diámetro medio	6,35	mm	
Granulometría: longitud media	12,9	mm	
Porcentaje de finos (material de tamaño menor a 3,15 mm)	1,59	%	
Tamizado: material de tamaño mayor a 16 mm	0,00	%	
Tamizado: material de tamaño mayor a 8 mm	1,70	%	
Tamizado: material de tamaño entre 8 y 3,15 mm	96,71	%	
Tamizado: material menor a 3,15 mm (porcentaje de finos)	1,59	%	
Densidad	593	kg/m ³	
Humedad	9,68	%	
Cenizas	2,07	%	
PCS	4.266,20	cal/g	
PCI	3.925,81	cal/g	
Cloro	0,06	%	
Nitrógeno	0,29	%	
Azufre	0,03	%	
<p>Todos los resultados están expresado sobre muestra húmeda.</p> <p>Normativa utilizada:</p> <p>Granulometría: UNE-EN 16127:2012</p> <p>Finos y tamizados: UNE-CEN/TS 15.149-1: 2007 EX</p> <p>Densidad: UNE-EN 15.103:2010</p> <p>Humedad: UNE-EN/TS 14.774-1: 2010</p> <p>Cenizas: UNE-EN 14.775:2010</p> <p>PCS: UNE-EN 14.918:2011</p> <p>Nitrógeno: UNE-EN 15.104:2011</p> <p>Cloro y azufre: UNE-EN 15.289:2011</p>			

En este caso los resultados obtenidos permitieron concluir que en cuanto a poder calorífico (3.925,81 kcal/kg), humedad (9,68%), densidad (593 kg/m³), tamaño (6,3 mm - 12,9 mm), presencia de finos (1,59%), el combustible obtenido era de alta calidad. En esta ocasión, tal y como se esperaba, el contenido en cenizas bajó en casi dos puntos porcentuales (2,07%), del

mismo modo se redujeron de forma considerable las cantidades azufre (0,03%) y cloro (0,06%). Por lo que se puede clasificar este combustible como de ALTA CALIDAD.



Fotografía 32. Pélet de origen forestal puesto en el silo de la caldera del edificio consistorial para su prueba.

Fuente: Elaboración propia

Visto por lo tanto la producción de dos tipos de combustibles en cuanto a su materia prima de origen, composición y calidad se han planteado dos etapas de producción. Una primera etapa que abarca los meses de marzo a junio en la que, en las condiciones actuales, se producen aproximadamente las 200 toneladas año de pélet de jardinería que precisan los edificios municipales y una segunda etapa, desde julio a octubre en las que se producen 200 toneladas más, esta vez de pélet forestal que se pone a la venta y al que tiene acceso subvencionado el vecino de Serra.

Al efecto de poder servir el combustible al mercado se adquirió una ensacadora manual con un precio aproximado de 2.000 € y 10.000 sacos de polietileno grafiados con capacidad para 15 kg de pélet forestal. Con objeto de garantizar una calidad en el combustible, el pélet que se distribuye al vecino de Serra y al mercado se analiza de forma periódica y en la actualidad se está trabajando para obtener la certificación ENplus basada en el estándar internacional ISO 17225-2 para el pélet forestal.



Fotografía 33. Ensacado de pélets.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 34. Ensacado de pélets.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 35. Stock de pélet ensacado y analizado listo para su venta.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 36. Almacenado intermedio del pélet ensacado en planta.
Fuente: Elaboración propia

III.4.2 Análisis de sistemas de calefacción instalados

La fase de instalación de sistemas de calefacción por biomasa en los edificios municipales se puede dividir en tres etapas que coinciden a su vez con los emplazamientos y las subvenciones tramitadas para la implantación de estas instalaciones.

Tal y como se ha planteado a lo largo de la presente tesis uno de los objetivos del proyecto de investigación era independizar al Ayuntamiento de Serra de los combustibles de origen fósil en materia de calefacción mediante el uso de recursos propios, del mismo modo no se quería hacer depender al consistorio de un único combustible aunque este tuviera como origen la biomasa procedente de trabajos de jardinería, agrícola y/o forestal. Es por ello que las instalaciones previstas en todos los caso son instalaciones de calefacción por biomasa pero poli-combustibles, es decir que modificando los parámetros de consumo de las calderas estas son aptas para el consumo de los diversos combustibles sólidos biomásicos que existen en la actualidad, así se pueden alimentar con hueso de oliva, cáscara de almendra, astilla y pélet de diversas calidades u otro combustible de origen vegetal que cumpla con las especificaciones del fabricante.

III.4.2.1 Guardería:

El edificio de la guardería es un edificio levantado en el año 2010 y consiste en un volumen exento que se desarrolla en planta baja, accesible por rampa y escalera. El edificio tiene una base rectangular construida, en una sola planta, de 365 m². Es un edificio con cimentación de hormigón y base estructural de panel de tableros OSB sobre entablado de tablas separadas 600 mm, el cual incorpora aislamiento térmico (200 mm de lana de roca) y barrera de vapor; con un canto total de 242 mm. La cubierta está constituida por listones inclinados de madera y entablado de tablas separadas cada 600 mm y consta de lámina anti condensación, aislamiento térmico (200 mm de lana de roca) y revestido en su cara inferior por tablas, con un canto total de 285 mm. En definitiva en el año 2011 era un edificio nuevo con un buen aislamiento térmico que carecía de instalación térmica, por lo que se optó por dotarlo de un sistema de calefacción por biomasa mediante caldera y circuito de radiadores de fundición alimentado por agua caliente.

Considerando las necesidades térmicas del edificio se optó por una caldera de biomasa poli combustible, de la marca Lasián, Modelo Bioselect de 35 kW de potencia, esta caldera tiene un cuerpo de acero con pasos de humos verticales y sistema mecánico de limpieza de los mismos de accionamiento manual o automático. Dispone además de un compartimento, suficientemente grande para acumulación de cenizas de fácil extracción manual. Su

funcionamiento es totalmente automático de modo que una vez puestas en marcha los regímenes de marcha y paro son automáticos en función de la demanda del termostato que se sitúa en el interior del edificio, del mismo modo son automáticos los procesos de limpieza de pasos de humos y eliminación de cenizas. La caldera se situó en el exterior del edificio en una caseta adjunta.



Fotografía 37. Caseta exterior junto al edificio de la guardería que aloja la caldera de biomasa.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 38. Caldera de biomasa y silo de la instalación de calefacción de la guardería.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 39. Tornillo sinfín de transporte del combustible del silo a la caldera de la guardería.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 40. Depósito de acumulación de cenizas junto a la caldera de la guardería.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 41. Cuadro de mandos de la caldera de la guardería que muestra la caldera en funcionamiento a 74° C.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 42. Cuadro de mandos de la caldera de la guardería que muestra la caldera en alarma por falta de combustible.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 43. Silo de la caldera de la guardería con astilla como combustible.

Fuente: Elaboración propia

Las características de la caldera de la guardería son las siguientes:

		BIOSELECT 35
Potencia nominal	kW	35
	kcal/h	30.100
Potencia útil mínima	kW	10
	kcal/h	8.600
Consumo combustible (p.c.i. 4.100 kcal/kg-humedad 10%)	kg/h	2,9 - 9,1
Rendimiento	%	
Potencia mínima en modo reposo	kW	
Consumo combustible en modo reposo	kg/h	
Temperatura de gases	°C	
Peso	kg	285
Volúmen de agua en cuerpo	l	91
Diámetro salida de humos	mm	150
Capacidad del depósito de combustible	l	
	kg	
Autonomía con pellets, hueso oliva o similar	h	51 - 160
Dimensiones: anchura x altura x profundidad	mm	550 x 1612 x 1360
Presión de trabajo máxima	bar	
Presión de prueba	bar	
Temperatura mínima de retorno de agua	°C	
Temperatura máxima de trabajo	°C	
Tiro de chimenea	mbar	0,15 - 0,25
Caudal de humos		
- a potencia útil nominal	kg/s	0,024
- a potencia útil mínima	kg/s	0,007
Conexión - Impulsión		1" H
- Retorno		1" H

Tabla 39. Características de la caldera de la guardería.

Fuente: Lasián 2012.

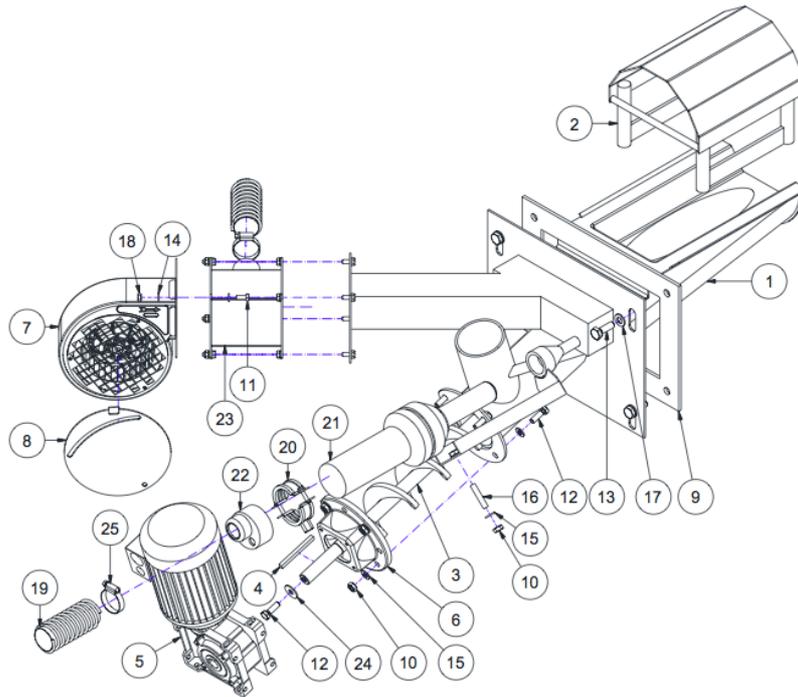
La caldera instalada cumple con los requerimientos de la norma: EN 303/5. Calderas de calefacción. Parte 5. Calderas especiales para combustibles sólidos. La presión máxima de funcionamiento de la caldera de es de 3 bar y consta de los siguientes componentes:

- Cuerpo de caldera de acero.
- Depósito de combustible y sinfín alimentador.
- Quemador y ventilador.
- Encendedor.
- Cuadro de control electrónico.

Sus características principales son:

- Caldera de funcionamiento automático.
- Cuadro electrónico para control de sistemas de calefacción.
- Cuerpo de la caldera fabricado en chapa de acero.
- Adaptable a cualquier depósito de combustible y con posibilidad de colocarlo a ambos lados de la caldera.
- Funcionamiento sencillo y con mínimo mantenimiento.
- El diseño interno del cuerpo de caldera asegura una gran capacidad de intercambio de calor entre los gases de la combustión y el agua.
- Altos rendimientos, con eficiencias energéticas de más del 85%.
- Bajas emisiones, con un mínimo impacto medioambiental.

- Las cenizas de la combustión se depositan en la parte inferior de la caldera, donde son recogidas en una bandeja de gran capacidad.



Marca	Uds	Cod	DESCRIPCIÓN
1	1	54752	Quemador 35/50 kW encendido automático
	1	54753	Quemador 65 kW encendido automático
2	1	57817	Deflector inox. quemador Bioselect 35/50
	1	57818	Deflector inox. quemador Bioselect 65
3	1	54767	Sinfin quemador
4	1	57674	Chaveta plana 6x6x70
5	1	54755	Cjto. motor-reductor
6	1	57669	Brida especial reductor
7	1	56186	Ventilador
8	1	56187	Obturador ventilador
9	1	56491	Junta quemador Bioselect 35/50
	1	57771	Junta quemador Bioselect 65
10	6	51052	Tuerca DIN 934 M-8 6 Zn
11	8	51020	Tornillo DIN 933 M-6x15 6.8 Zn
12	5	51050	Tornillo DIN 933 M-8x25 6.8 Zn
13	4	50503	Tornillo DIN 933 M-10x30 8.8 Zn
14	16	51027	Arandela plana DIN 125A Ø6 Zn
15	10	51028	Arandela plana DIN 125A Ø8 Zn
16	1	25131	Varilla roscada DIN 975 M-8 8.8 acero pav.
17	4	51053	Arandela plana DIN 125A Ø10 Zn
18	8	51025	Tuerca DIN 934 M-6 6 Zn
19	1 mt.	58132	Tubo Ø40 mm interior para aire flexible transparente
20	1	56798	Abrazadera isof. sujeción tubo Ø40-M8x30
21	1	57141	Decapador encendido
22	1	57142	Adaptador aire
23	1	58131	Carrete toma aire refrigeración encendedor
24	1	50236	Arandela plana DIN 9021 Ø8 Zn
25	2	58133	Abrazadera sinfin 32-50 de 8 mm

Figura 89. Esquema y despiece del quemador la caldera de la guardería.

Fuente: Lasián 2012.

Para distribuir la energía térmica generada por la caldera de forma eficiente, se optó por un circuito de agua caliente y radiadores de fundición apoyados en pies de idéntico material y anclados a la pared asegurando en todo momento la auto estabilidad de los elementos. En total se instalaron 21 puntos de calefacción con un total de 313 elementos de radiador hierro fundido de medidas Alto 878mm Ancho 92mm Profundo 60mm. Un termostato y programador en el interior permiten controlar la temperatura y el funcionamiento de la caldera.



Fotografía 44. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 45. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 46. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 47. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 48. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 49. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 50. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.
Fuente: Elaboración propia

El presupuesto completo de la instalación de la caldera de biomasa de la guardería y del circuito de radiadores elementos incluidos fue de:

Unidades de obra	CLASE DE OBRA	Precios unitarios	Importe parcial Euros
Medición	LOTE 2: Escoleta infantil		
1,00	Caldera 35W	5.531,09 €	5.531,09 €
1,00	Recogida de cenizas	609,24 €	609,24 €
1,00	Sinfin 1,5 m 120 w	483,19 €	483,19 €
1,00	Tolva de chapa 740 lts	319,33 €	319,33 €
1,00	Optimax 21-60	411,76 €	411,76 €
1,00	Depósito de Inercia	411,76 €	411,76 €
313,00	Elemento radiador de aluminio con marcado CE para instalaciones de agua caliente con una presión de trabajo de hasta 6 bares y 120 °C de temperatura, de dimensiones de 680x80x100 mm (alto x ancho x profundo), una potencia calorífica de 109 kcal/h para un salto térmico de 50 °C y suministrado en baterías de 3 a 14 elementos unidos entre si con juntas de acero y junta de estanquidad, recibido en obra completo según necesidades de emisión calorífica demandada e instalado a una distancia mínima del suelo de de 12 cm y entre 3 y 5 cm de la pared posterior, instalación mono o bitubular, con parte proporcional de enlaces, reducciones, manguitos, juntas de silicona especial para altas temperaturas, tapones y soportes, previa colocación en el radiador de la grifería de calefacción, purgador y detentor específico, incluso comprobación, conforme a las especificaciones dispuestas en la norma UNE -EN 442, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento.	23,11 €	7.233,19 €
1,00	Instalación y montaje de caldera, radiadores y elementos necesarios para su funcionamiento	3.025,21 €	3.025,21 €
1,00	Accesorios de montaje, sujecciones a pared, patas, válvulas y detentores	1.422,27 €	1.422,27 €
1,00	Preinstalación circuito de calefacción tubería multicapa y accesorios	3.356,22 €	3.356,22 €
1,00	Descalcificador bajo consumo	1.407,56 €	1.407,56 €
1,00	Bomba de Presión ACS	316,91 €	316,91 €
1,00	Instalación y puesta en marcha de descalcificador	377,94 €	377,94 €
1,00	Osmosis Doble Membrana con bomba y depósito	1.141,74 €	1.141,74 €
1,00	Desmontaje placa solar y depósito	84,03 €	84,03 €
1,00	Instalación de Osmosis con pedales y gripes de caño	705,88 €	705,88 €
Total Capítulo 2 LOTE 2			26.837,34 €
Total PEM LOTE 2			26.837,34 €
13% Gastos Generales			3.488,85 €
6% Beneficio Industrial			1.610,24 €
Base imponible			31.936,44 €
I.V.A. 18%			5.748,56 €
Total Ejecución por contrata LOTE 2			37.685,00 €

Esta instalación fue con cargo total al Plan Provincial de Obras y Servicios de la Diputación de Valencia.

III.4.2.2 Edificio consistorial:

El edificio municipal del Ayuntamiento se levanta en tres alturas sobre una superficie de más de 550 m², ocupando en total más de 1.100 m² de superficie útil. En la planta baja (550 m²) se encuentran las dependencias de la oficina correos, turismo, el centro médico, reten de la policía, juzgado de paz y las oficinas municipales de registro, archivo y desarrollo local. En primera planta (396 m²) se encuentran los despachos del equipo de gobierno, tributaria, contabilidad, oficina técnica, servicios sociales, personal y salón de plenos. Por último en segunda planta se localizan (175 m²) despachos de concejales y sala de reuniones además de parte del archivo municipal.

La calefacción de todas las dependencias era por bomba de calor o radiadores individuales de aceite o incandescencia todo ello conectado a la red eléctrica. Considerando la existencia de una dependencia destinada a sótano, en planta baja, que podía albergar la instalación de la caldera de biomasa, y que además por otras circunstancias dicho sótano tenía salida directa al exterior por la parte trasera del ayuntamiento, a través de un hueco generado para un ascensor que conectara el parking que linda al norte con el edificio consistorial. Una vez determinadas las necesidades térmicas del edificio, se optó por la instalación de una caldera de biomasa poli combustible, idéntica a la situada en la guardería municipal, pero de mayor potencia, en este caso 65 kW de potencia. La caldera alimenta un acumulador de agua de 2500 litros y este a su vez alimenta tres circuitos diferenciados de agua caliente que es transportada mediante bombas a todos los radiadores del edificio.

La superficie total calentada por la caldera de biomasa y el circuito de radiadores es de 523 m², las dependencias que son calentadas por plantas son las siguientes:

Planta baja superficie total calentada (312 m²):

- Oficina de turismo.
- Centro médico.
- Juzgado de Paz.
- Retén de Policía.
- Oficinas del Ayuntamiento en Planta Baja.

Planta primera superficie total calentada (162 m²):

- Despacho del Alcalde.
- Servicios Sociales.
- Despacho Asesor.
- Despachos Secretaría y Padrón.

- Despacho Contabilidad.
- Despacho Personal.
- Oficina Técnica.
- Despacho Concejales.

Planta segunda, superficie total calentada (46 m²):

- Despacho concejales.
- Sala de reuniones.

Cada uno de los radiadores instalados dispone de válvulas termostáticas de forma que al llegar el elemento radiador a la temperatura marcada la válvula se cierra hasta que baja de nuevo la temperatura, esto permite regular la temperatura forma individual en función de las necesidades de calor de cada una de las dependencias.

Existen por otra para programadores en cada una de las plantas que regulan el funcionamiento por separado de los circuitos de calefacción, dichos programadores se encuentran en el centro médico por ser una dependencia con especial necesidad, en la oficina de registro de entrada, en el hall de la primera planta y en la sala de reuniones de la planta segunda. Estos programadores funcionan de forma independiente y permiten el apagado de unos sectores y el funcionamiento de otros sin que esto afecte al régimen de marcha de la caldera.

En lo que respecta a los componentes de la caldera son idénticos a la caldera de la guardería por lo que a estos efectos se remite al punto anterior. En cuanto a las características de la caldera son las que se extraen de la siguiente tabla para una potencia de 65 kW.

		BIO-SELECT 35	BIO-SELECT 50	BIO-SELECT 65
Potencia nominal	kW	35	50	65
	kcal / h	30.100	43.000	55.900
Potencia útil mínima	kW	10	13	16
	kcal / h	8.600	11.180	13.760
Consumo combustible (p.c.i. 4.100 kcal/kg – humedad 10%)	kg / h	2,9 – 9,1	3,4 – 13,1	4,2 – 17
Rendimiento	%	87	87	87
Potencia mínima en modo reposo	kW	1,5		
Consumo combustible en modo reposo	kg / h	0,37		
Temperatura de gases	°C	140 – 230	140 – 230	140 - 230
Peso	kg	285	320	370
Volumen de agua en cuerpo	l	91	106	121
Diámetro salida de humos	mm	150	180	180
Capacidad del depósito de combustible	l	725		
	kg	470		
Autonomía con pellets, hueso oliva o similar	h	51 - 160	36 - 138	27 - 111
Dimensiones: anchura x altura x profundidad	mm	550X1612X1360	700X1640X1450	780X1700X1660
Presión de trabajo máxima	bar	4		
Presión de prueba	bar	6		
Temperatura mínima de retorno de agua	°C	55		
Temperatura máxima de trabajo	°C	90		
Tiro de chimenea	mbar	0,15 – 0,25	0,20 – 0,30	0,20 – 0,30
Caudal de humos :				
- a potencia útil nominal	kg / s	0,024	0,034	0,045
- a potencia útil mínima	kg / s	0,007	0,009	0,012
Conexión	- Impulsión	1" H	1-½" H	1-½" H
	- Retorno	1" H	1-½" H	1-½" H
Alimentación eléctrica		~ 230 V 50 Hz +T		
Potencia nominal consumida, modo calentamiento	W	330	330	330
Potencia máxima consumida, modo encendido		1330	1330	1930
Aislamiento de la caja eléctrica		IP 65		

Tabla 40. Características de la caldera de biomasa instalada en el edificio del Ayuntamiento.

Fuente: Lasián 2012.

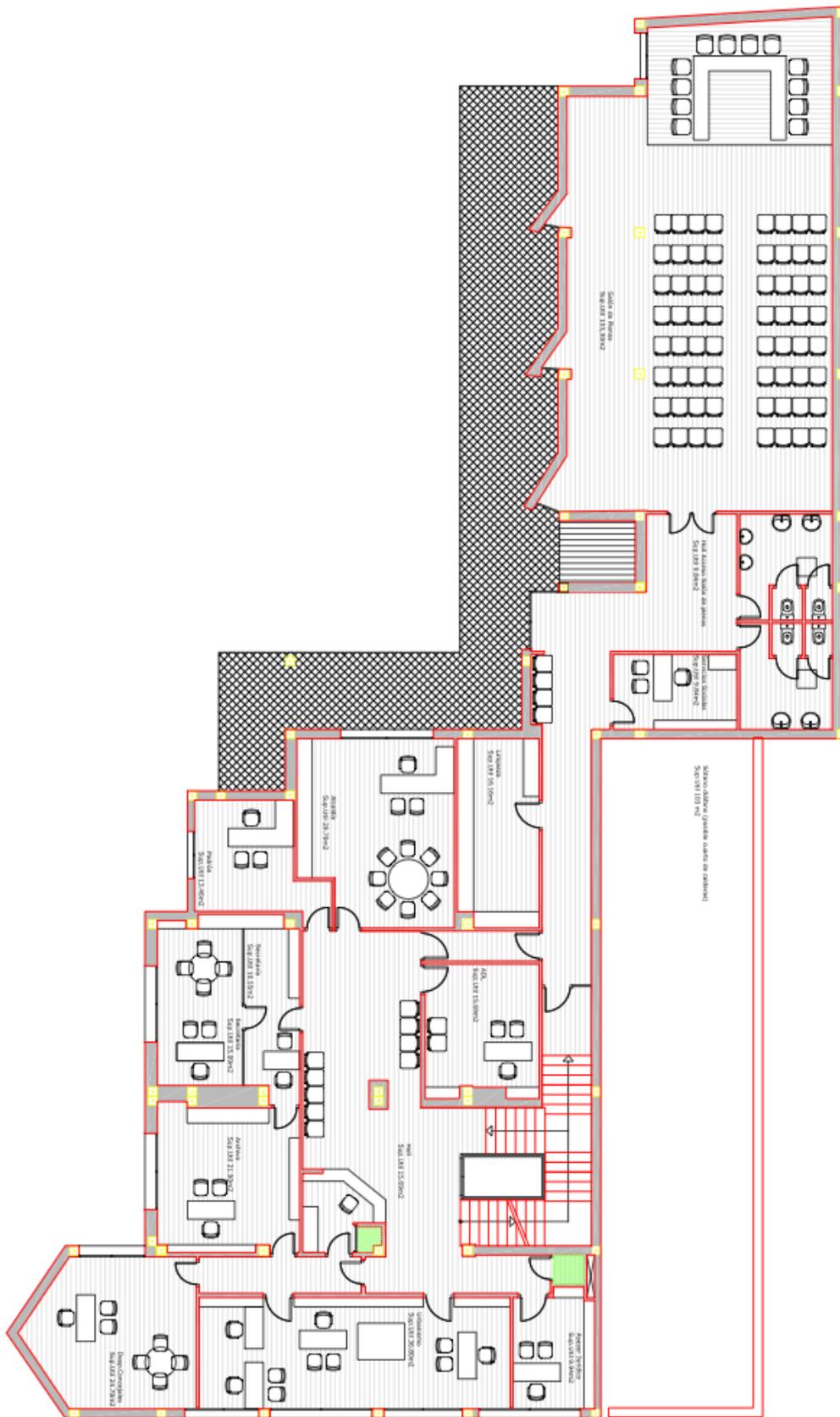


Figura 91. Plano de distribución del edificio del Ayuntamiento Planta Primera.

Fuente: Elaboración propia.

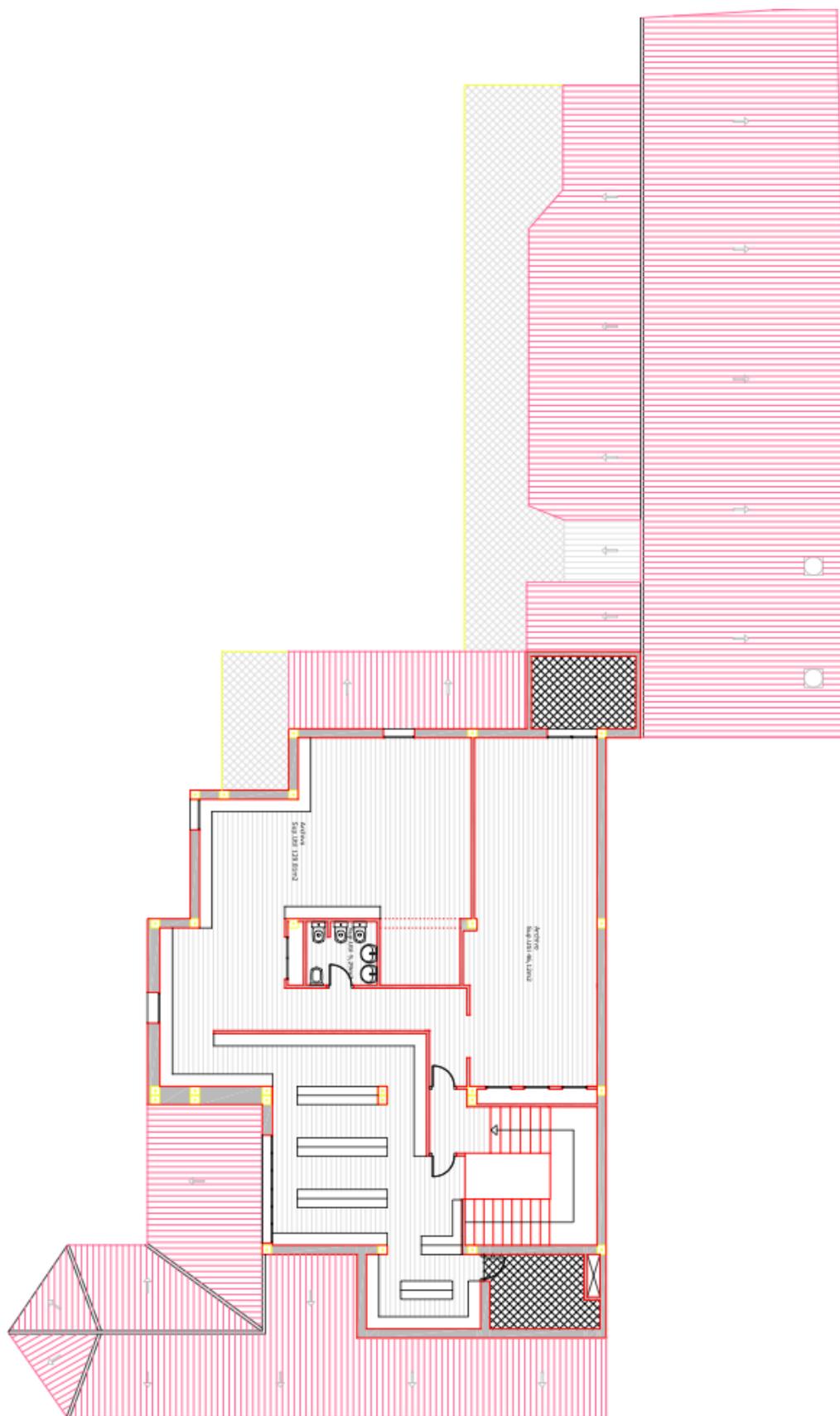
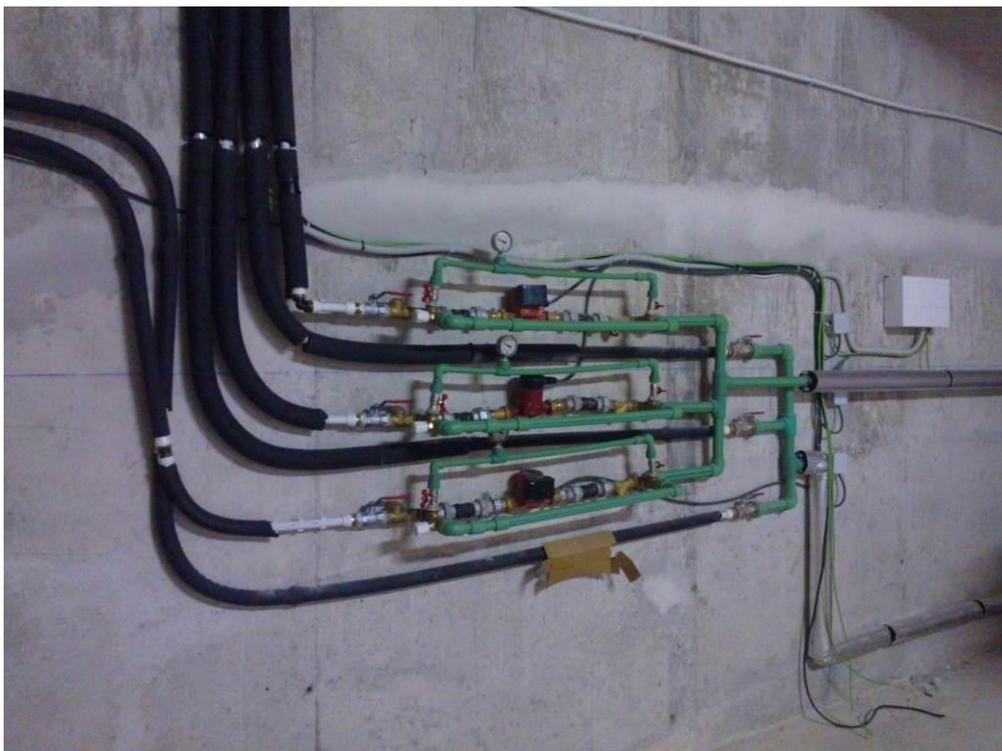


Figura 92. Plano de distribución del edificio del Ayuntamiento Planta Segunda.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 51. Caldera de biomasa poli combustible de 65 kW del edificio consistorial.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 52. Circuitos alimentados por la caldera de biomasa poli combustible de 65 kW del edificio consistorial.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 53. Caldera de biomasa poli combustible de 65 kW del edificio consistorial, parte frontal
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 54. Caldera de biomasa poli combustible de 65 kW del edificio consistorial, parte trasera.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 55. Caldera de biomasa poli combustible de 65 kW del edificio consistorial, parte trasera.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 56. Instalación de radiadores del edificio consistorial, oficina técnica.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 57. Instalación de radiadores del edificio consistorial, oficina registro.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 58. Silo de la caldera del ayuntamiento lleno de pélets..

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 59. Quemador de la caldera del ayuntamiento en funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 60. Cuadro de mando de la caldera del ayuntamiento en funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia

Al objeto de calentar el salón de actos del ayuntamiento que se emplea de forma ocasional, en el año 2016 se adquirió una estufa de 12 kW, poli combustible equipada con sistema automático de limpieza con las siguientes características:

CARACTERISTICAS TECNICAS		10 kW	12 kW
Potencia min/max <i>Potenza / Puissance / Thermal power</i>	kW	3,7 - 10,4	3,8 - 12
Consumo horario min/max <i>Consumo orario / Consommation horaire / Consumption hourly</i>	Kg/h	0,8 - 2,1	0,8 - 2,4
Rendimiento <i>Rendimento / Rendement / Efficiency</i>	%	> 85	
Capacidad depósito <i>Capacità serbatoio / Capacité du dépôt / Tank capacity</i>	Kg	16	25
Autonomía min/max <i>Autonomia / Autonomie / Autonomy</i>	h	8 - 20	10 - 31
Volumen calefactable <i>Volume riscaldabile / Volume de chauffe / Heatable volume</i>	m ³	260	300
Peso <i>Peso / Poids / Weight</i>	Kg	126	157
Dimensiones (mm) <i>Dimensioni / Dimensions / Dimensions</i>		535 500 1080	535 500 1165

Figura 93. Características de la estufa de 12 kW del salón de actos.

Fuente: Lasian 2016.

En el caso de la caldera del ayuntamiento el silo se alimenta desde la planta superior en la que se encuentra el parking, se diseñó una pre tolva y una conducción de pvc de 250 mm, el camión cargado de pélets alimenta directamente esta pre tolva cuya conducción, de 250 mm, conecta con el silo de la caldera haciendo la carga del combustible de forma cómoda y rápida. Así la carga completa del silo se realiza una vez por semana. La estufa se alimenta con sacos de pélet que son transportados al ayuntamiento por los operarios municipales, esta estufa únicamente se enciende en caso de necesidad.

La inversión total del edificio del Ayuntamiento incluyendo la caldera de 65 kW, toda la instalación de los circuitos de agua caliente, radiadores y todos los elementos como válvulas termo estáticas y programadores, ascendió en el año de 2013 a 88.575,93 € IVA incluido y estuvo contemplada en el proyecto de INSTALACION DE CALDERA DE BIOMASA, SISTEMA AUTOMATICO DE EXTRACCION DE CENIZAS, SILO Y SISTEMA DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE EN EL AYUNTAMIENTO DE SERRA, dentro del plan de mejora de eficiencia energética en edificios municipales de la Excelentísima Diputación Provincial de Valencia, de mejora de las instalaciones térmicas en edificios públicos, participada por la administración provincial en 50% de la inversión total.

El coste de la estufa de pélets del salón de actos ascendió a 2.000 €, cuyo coste corrió a cargo de los fondos propios municipales.



Fotografía 61. Estufa del salón de actos del ayuntamiento.

Fuente: Elaboración propia

III.4.2.3 Colegio Público:

El colegio público de Serra fue construido en el año 2010 y su sistema de calefacción era mediante caldera de gas-oil de 100 kW y circuito de agua que alimentaba los elementos radiadores. La superficie a calentar es de aproximadamente 2.000 m² en planta baja y primera.

Según las necesidades térmicas del edificio se optó por una caldera automática poli combustible de 150 kW, instalada en una caseta exterior, emplazada en el parking de profesores, y que aloja también el silo de obra con capacidad para 3.000 kg de pélet construido al efecto.

La caldera consta de los siguientes elementos:

- Cuerpo de caldera de acero.
- Quemador de acero y fundición.
- Depósito de combustible (quemador y sinfín alimentador).
- Ventiladores.
- Aislamiento térmico.
- Envolventes.
- Cuadro de control electrónico.

El cuerpo de la caldera está fabricado en acero con pasos de humos horizontales. Todo el conjunto del cuerpo de caldera se completa con el aislamiento térmico para evitar radiaciones térmicas, y con el acabado exterior de las chapas envolventes que le confieren limpieza, agradable estética visual, y protección contra quemaduras. El quemador es de afloración con alimentación de combustible por la parte inferior del mismo, fabricado en acero y fundición.

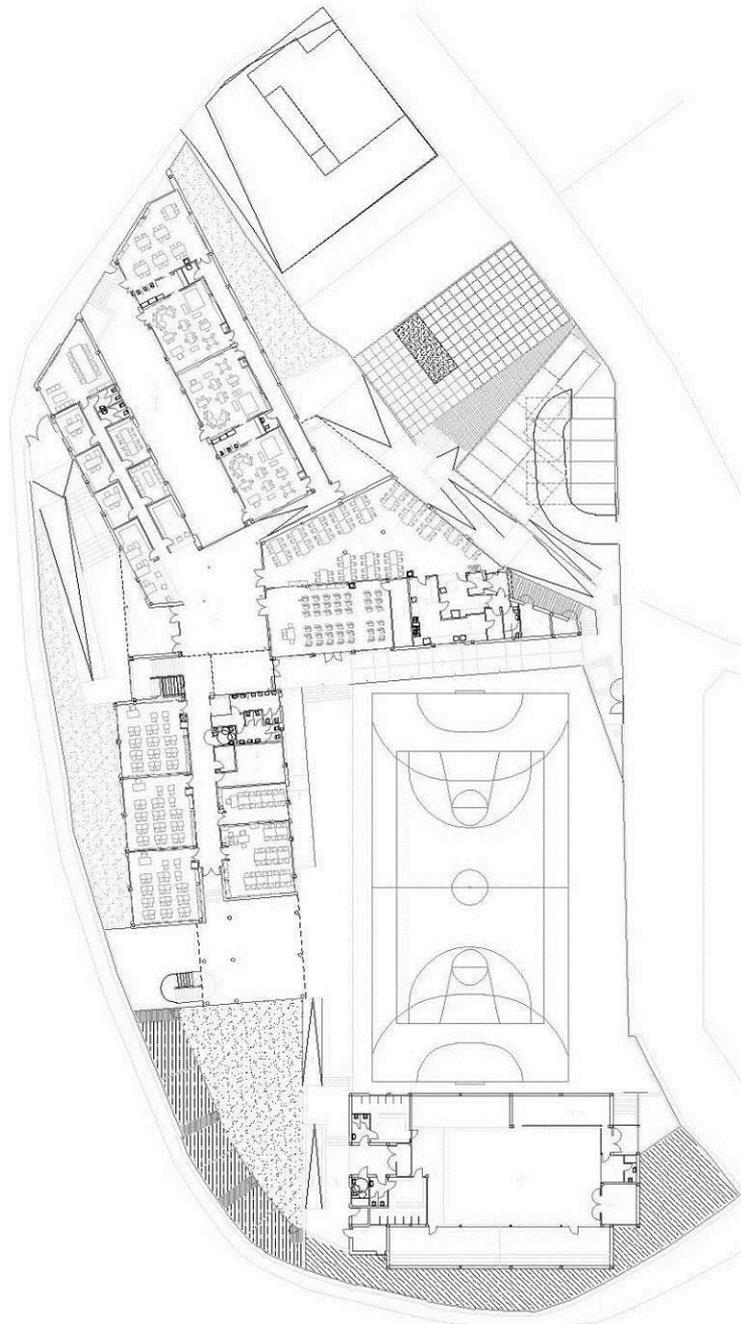
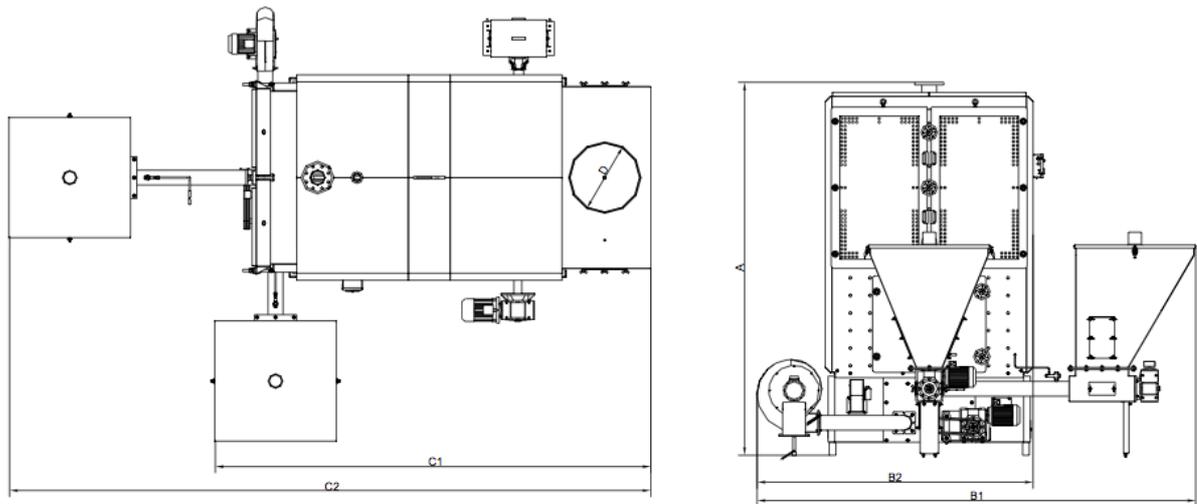


Figura 94. Plano de distribución del Colegio Público de Serra.

Fuente: Elaboración propia.



MODELO	A(mm)	B1 (lateral, mm)	B2 (frontal, mm)	C1(lateral, mm)	C2(frontal, mm)	D(Ømm)	IDA/RETORNO
BIOPACT 100	1816	2060	910	1967	3577	300	DN50
BIOPACT 150	1816	2060	910	2594	4204	350	DN50
BIOPACT 200	2276	2250	1100	2380	3990	350	DN65
BIOPACT 250	2276	2250	1100	2720	4330	400	DN65
BIOPACT 325	2518	2185	1260	2622	4012	400	DN80
BIOPACT 400	2518	2185	1260	2996	4386	450	DN80
BIOPACT 500	2518	2185	1260	3422	4812	450	DN80
BIOPACT 650	2868	3334	1580	3304	5104	550	DN100
BIOPACT 800	2868	3334	1580	3773	5573	550	DN100
BIOPACT 1000	3168	3770	2413	3944	5771	580	DN125
BIOPACT 1600	3629	4138	2867	4568	6400	728	DN150

BIOPACT FRONTAL ORIENTABLE					
	100	150	200	250	325
POTENCIA ÚTIL (Kw)	100	150	200	250	325
POTENCIA ÚTIL (Kcal/h)	86.000	129.000	172.000	215.000	279.500
RENDIMIENTO (%)	85	85	85	85	85
CONSUMO COMBUSTIBLE, P.C.I. 4.100Kcal/Kg- humedad 10%, (Kg)	24,68	37,02	49,35	61,69	80,20
TEMPERATURA GASES COMBUSTIÓN (°C)	150-190	150-190	150-190	150-190	150-190
PESO (Kg)	1.600	2.000	2.250	2.780	3.327
VOLUMEN DE AGUA (Litros)	350	520	660	825	1160
PERDIDA DE CARGA, ΔT=10K (mBar)	115	150	200	260	340
DEPRESIÓN MÍNIMA EN CHIMENEA (Pa)	30				
PRESIÓN DE TRABAJO MÁXIMA (Bar)	3				
ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	~ 3 x 400V+N+T				
POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA (Kw) SIN/CON RECOGIDA CENIZAS	1,40/1,58	1,40/1,58	1,40/1,58	1,40/1,58	1,90/2,08

Figura 95. Esquema de la caldera de 150 kW y principales características.

Fuente: Lasián 2015.

El cuerpo de la caldera es de acero con pasos de humos horizontales. Se emplea un revestimiento térmico del cuerpo de la caldera para evitar pérdidas térmicas chapas de embellecimiento se encargan de dar al conjunto una vista compacta y agradable, por último cabe destacar un quemador de afloración con entrada del combustible por la parte inferior, el quemador está fabricado en fundición y acero.

La regulación de la caldera se realiza a través del control automático dependiendo de los parámetros introducidos y considerando permanentemente los datos que le llegan de los sensores de temperatura. Existe la posibilidad de funcionamiento manual durante las labores de mantenimiento y durante el adecuado ajuste de los parámetros de la caldera. De esta forma que se obtiene el máximo rendimiento en función del combustible a emplear.

La seguridad se lleva a cabo mediante un termostato instalado en un lateral de la caldera. Este sistema de seguridad está calibrado a 110 °C, se impide así cualquier maniobra que rebase esta temperatura. Si se produjera un sobrecalentamiento, el sistema de seguridad se activa y la caldera se bloquea en modo apagado apareciendo en el display un código de error. Una vez que la temperatura vuelve a normalizarse se puede proceder a su rearme manual. La presión de controla mediante un manómetro que mide la presión del agua que hay en el circuito.

La combustión óptima se asegura mediante ventilación forzada con dos ventiladores un primario y uno secundario. El ventilador primario está situado dentro del mismo quemador, y el ventilador secundario se halla en la parte inferior del cuerpo de caldera. La entrada de aire es regulable manualmente.

Por último la seguridad ante un retroceso de llama se garantiza a través de una válvula termostática que ya función es la de extinguir el fuego con inundación de agua en caso de retroceso de llama. Está formado por un cabezal por donde se efectúa la descarga del agua y por un bulbo que opera la apertura determinada por la temperatura recibida. La instalación se realiza según la figura representada a continuación.

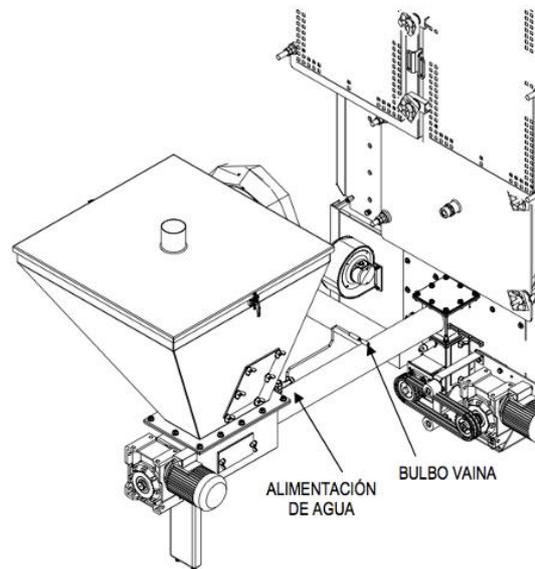


Figura 96. Esquema de la válvula termostática de inundación.

Fuente: Lasián 2015.

La conexión al circuito de agua y radiadores existente en el colegio público se realizó de forma aérea apoyada en una estructura de acero ligera, las conducciones van encajonadas en un perfil metálico rectangular cubierto en todas sus caras para evitar la entrada de agua pluvial. Un sistema de válvulas y llaves permite el funcionamiento con la caldera de biomasa o con la de gas-oil indistintamente, en función de las necesidades. Se ha venido utilizando la caldera de biomasa como caldera principal durante los inviernos de 2016-2017 y 2017-2018, reservando la caldera de gas-oil para el caso de avería o revisión de la caldera de biomasa, el uso de esta última por ahora no ha sido necesario.

La caldera del colegio público fue instalada con cargo al Plan de Eficiencia Energética en Equipos de Combustión de biomasa (PEEEC) puesto en marcha por la Diputación de Valencia en el año 2015, cuyo presupuesto ascendió a 69.151,50 € y se repartía al 80% con cargo a la administración provincial y el 20% con cargo a los fondos municipales. Además de la caldera la instalación incluía los siguientes elementos:

- Generador Térmico de biomasa de 150 kW de potencia
- Modificación de colector de acero negro existente de 110 mm.
- Vaso de expansión de 200 lts.
- Vaso de expansión de 100 lts.
- Conjunto de llaves de paso y válvulas.
- Conjunto de cableados y señales.
- Control pirotático de caldera.
- Chimenea de doble pared en acero inoxidable.

- Tubería de acero negro de 50 mm.
- Tubería de acero negro de 32 mm.
- Contador AFCH DN 15.
- Ciclón extractor y cuadro autómatas PLC.
- Depósito de inercia de 1.500 lts.
- Sistema de transporte del combustible del silo a la caldera.

Se incluía además la regulación y control remotos mediante telemanager y sonda que permiten el control y transmisión de alarmas vía GSM-SMS.

Esto último ha facilitado enormemente la gestión de la caldera durante los pasados inviernos haciendo que tanto la programación de la misma como su monitorización se pudiera hacer de forma remota ya fuera a través de terminal informático o móvil.



Fotografía 62. Interfaz de control remoto de la caldera del colegio público en terminal informático.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 63. Interfaz de control remoto de la caldera del colegio público en terminal móvil.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 64. Parking de profesores en el colegio público previo a la construcción de la caseta que alojaría la caldera.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 65. Construcción de la caseta que alojaría la caldera del colegio público.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 66. Construcción de la caseta que alojaría la caldera del colegio público.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 67. Montaje e instalación de la caldera del colegio público.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 68. Construcción del silo de obra para pélets de caldera del colegio público.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 69. Construcción del silo de obra para pélets de caldera del colegio público.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 70. Instalación de la caldera del colegio público.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 71. Quemador de la caldera del colegio público.

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que las labores de mantenimiento de la caldera del colegio, al ser algo menos automatizado que las calderas de la guardería y del edificio consistorial, deben de planificarse al efecto de que se realicen, sin falta de forma periódica. Así semanalmente se realizan las labores de limpieza de los pasos de humos horizontales y cada tres días se empuja la ceniza acumulada en exceso en el interior del quemador, como puede observarse en la fotografía, hacía el fondo del quemador donde se encuentra el cajón de cenizas. La extracción de cenizas del cajón se realiza de forma automática al depósito de extracción. Además cada 20 días es necesario vaciar de partículas el depósito inferior del ciclón. Este impide que partículas mayores sean expulsadas al exterior a través de la chimenea, no obstante estas partículas se acumulan en el fondo del silo, siendo necesaria, por lo tanto su extracción manual.

Deficientes labores de mantenimiento en la caldera del colegio tienen efectos negativos en la combustión, producen humos negros y exceso de partículas que afectan a las viviendas próximas e impiden el correcto paso de los humos haciendo que estos retornen por los

sistemas de transporte de combustible pudiendo llegar a accionarse la válvula de seguridad anti retroceso de llama que inunda el conducto de transporte de combustible, obligando a su desmontaje, limpieza y posterior montaje.



Fotografía 72. Desmontaje del transporte de combustible por salto de la válvula de seguridad.

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV. Resultados del caso de Estudio.

IV.1 Resultados económicos:

IV.1.1 Gestión de residuos:

La gestión de los residuos en el municipio de Serra es un servicio gestionado de forma directa por el Ayuntamiento, este dispone de vehículos y operarios destinados exclusivamente a este servicio, los Residuos Sólidos Urbanos son transportados a la planta que dispone el Consorcio Valencia Interior en el municipio de Lliria. La planta de Lliria comenzó a gestionar residuos en el año 2011. La planta de Lliria únicamente tiene capacidad para gestionar 2.000 toneladas de residuo verde de las más de 25.000 toneladas que se generan en el área de influencia de este consorcio que abarca 5 comarcas y 61 municipios entre los que se encuentra la población de Serra. Anteriormente a la puesta en marcha de la planta del Consorcio el residuo verde era depositado en la denominada planta de Fervasa en el término municipal de Quart de Poblet con un coste por tonelada que aparece en la tabla adjunta. En la actualidad los residuos verdes no tratados en la planta de biomasa de Serra por su bajo contenido lignínico, su exceso de humedad o su escaso interés como combustibles son transportados a una planta intermedia que dispone el Consorcio en el municipio de Lliria, para la exposición de resultados se ha mantenido el precio de deposición por tonelada de residuo verde en planta del consorcio con una actualización media anual del 2%. El ahorro obtenido se debe descontar del coste total de la gestión de residuos por parte del Consorcio en el municipio de Serra, debiéndose reflejar en una reducción de la tasa anual que abonan los vecinos de Serra. Actualmente el Ayuntamiento de Serra está en negociaciones con el Consorcio Valencia Interior para formalizar este último aspecto.

Así el coste de gestión del residuo verde para el Ayuntamiento de Serra incluyendo, personal, transporte, deposición en planta, seguros, gastos generales etc...ha sido el siguiente:

Año	Residuo verde eliminado (tn)	Precio (€/tn)	Coste anual de eliminación R.V.
2006	1.320	36,43 €	56.816,39 €
2007	1.078	37,16 €	48.785,96 €
2008	1.198	37,90 €	54.135,18 €
2009	1.435	38,66 €	64.205,42 €
2010	1.534	39,43 €	69.218,70 €
2011	1.286	40,22 €	60.453,75 €

Tabla 41. Coste de gestión del residuo verde

Fuente elaboración propia

Para la obtención de los resultados anteriores, al producto de las toneladas depositadas en planta por el precio por tonelada se añade el valor promedio anual en transporte, personal, seguros y gastos generales que se estima en 8.730 € en función de la tabla siguiente:

	Viajes semana	Semanas	Total	Toneladas por viaje	Toneladas mes	Total coste por viaje personal, trasporte, seguros y GG	Coste total mensual
Enero	1	4	4	18	72	121,25 €	485,00 €
Febrero	1	4	4	18	72	121,25 €	485,00 €
Marzo	2	4	8	18	144	121,25 €	970,00 €
Abril	2	4	8	18	144	121,25 €	970,00 €
Mayo	2	4	8	18	144	121,25 €	970,00 €
Junio	2	4	8	18	144	121,25 €	970,00 €
Julio	2	4	8	18	144	121,25 €	970,00 €
Agosto	2	4	8	18	144	121,25 €	970,00 €
Septiembre	1	4	4	18	72	121,25 €	485,00 €
Octubre	1	4	4	18	72	121,25 €	485,00 €
Noviembre	1	4	4	18	72	121,25 €	485,00 €
Diciembre	1	4	4	18	72	121,25 €	485,00 €
Total anual							8.730,00 €

Tabla 42. Promedio de gastos anuales de personal, transporte, seguros y gastos generales.

Fuente elaboración propia

En el momento en que comienza a funcionar la planta piloto de tratamiento de biomasa comienza igualmente el aprovechamiento del residuo verde cuya evolución ha sido la siguiente:

Toneladas residuo verde tratadas en planta por año					
2012	2013	2014	2015	2016	2017
322	515	603	524	744	833

Tabla 43. Toneladas de residuo verde tratado en la planta piloto de biomasa por año.

Fuente elaboración propia

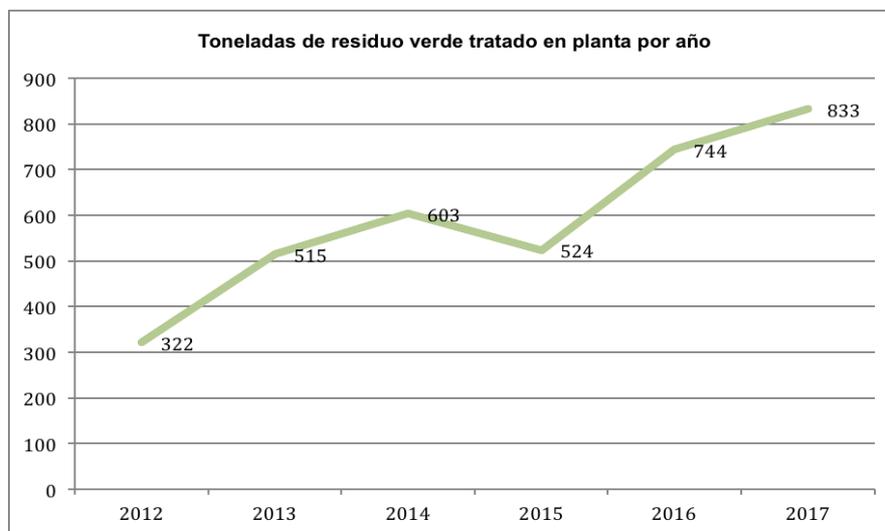


Gráfico 2. Toneladas de residuo verde tratado en la planta piloto de biomasa por año.
Fuente elaboración propia

El gráfico muestra claramente los cambios que se han ido produciendo a lo largo de los años en el proceso de aprovechamiento del residuo verde, así durante el primer año en el que se produjo astilla empleada en la caldera de la guardería y en la caldera del Ayuntamiento el tratamiento de residuo se redujo a 322 toneladas. La puesta en marcha de las peletizadoras manuales durante los años 2013 a 2015 se refleja en un aumento del residuo verde que alcanzó un promedio de 547 toneladas. A partir del año 2016 con la puesta en marcha de la línea semi industrial de peletizado las toneladas de residuo verde tratado sufren un aumento considerable hasta alcanzar las 833 toneladas del año 2017. Los datos provisionales del año 2018 corroboran estos resultados con una total de toneladas tratadas hasta el mes de mayo de 2018 de 750 toneladas lo que con toda seguridad permitirá sobrepasar la cifra del año 2017.

Al igual que ha variado durante los años la capacidad de tratamiento de la planta piloto también lo ha hecho la composición del residuo verde tratado. Así se puede observar en los gráficos siguientes donde se observa como en principio más del 90% de los residuos tenía un origen de jardinería mientras que en el año 2017 predominan los residuos de origen forestal. Esto no fue algo fortuito lo que se pretendía con el proyecto es además de mejorar la gestión de los residuos verdes, introducir los residuos de origen forestal para así ver si era posible hacer rentables económicamente los trabajos de prevención de incendios forestales. Además tal y como se ha comentado en apartados anteriores la mejora de la calidad del combustible pasaba obligatoriamente por mejorar la homogeneidad del mismo y su contenido lignínico para lo cual era imprescindible aumentar el origen forestal de los residuos tratados.



Gráfico 3. Composición del residuo verde tratado en la planta piloto de biomasa en el año 2012.
Fuente elaboración propia

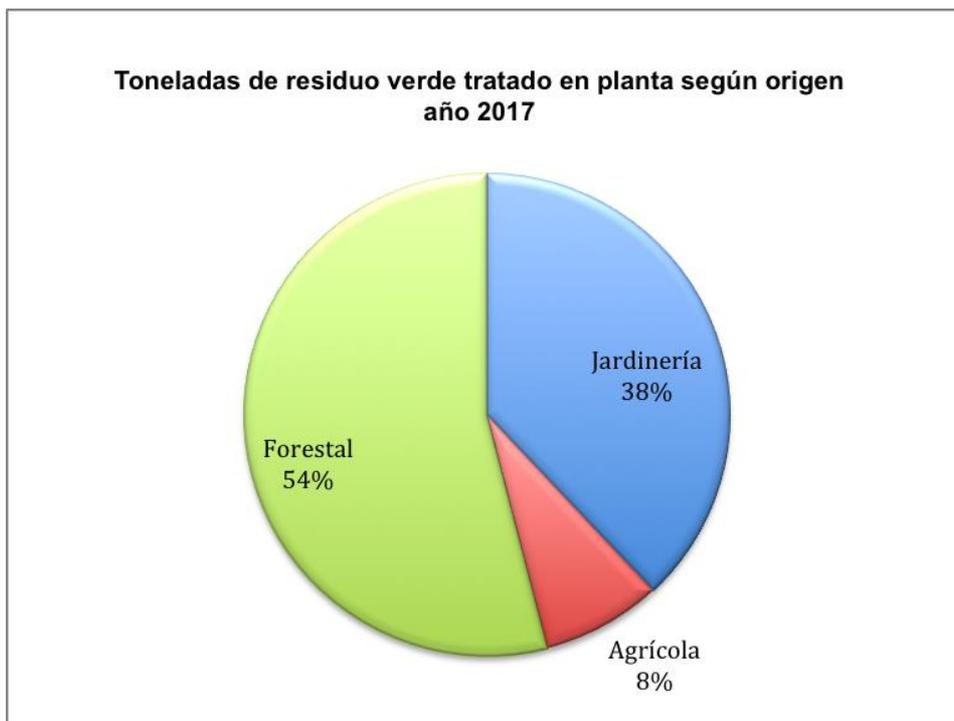


Gráfico 4. Composición del residuo verde tratado en la planta piloto de biomasa en el año 2017.
Fuente elaboración propia

El promedio de la composición del residuo verde tratado en la planta de biomasa durante el periodo de estudio ha sido de un 60% residuo de jardinería y 40% residuo forestal y agrícola.

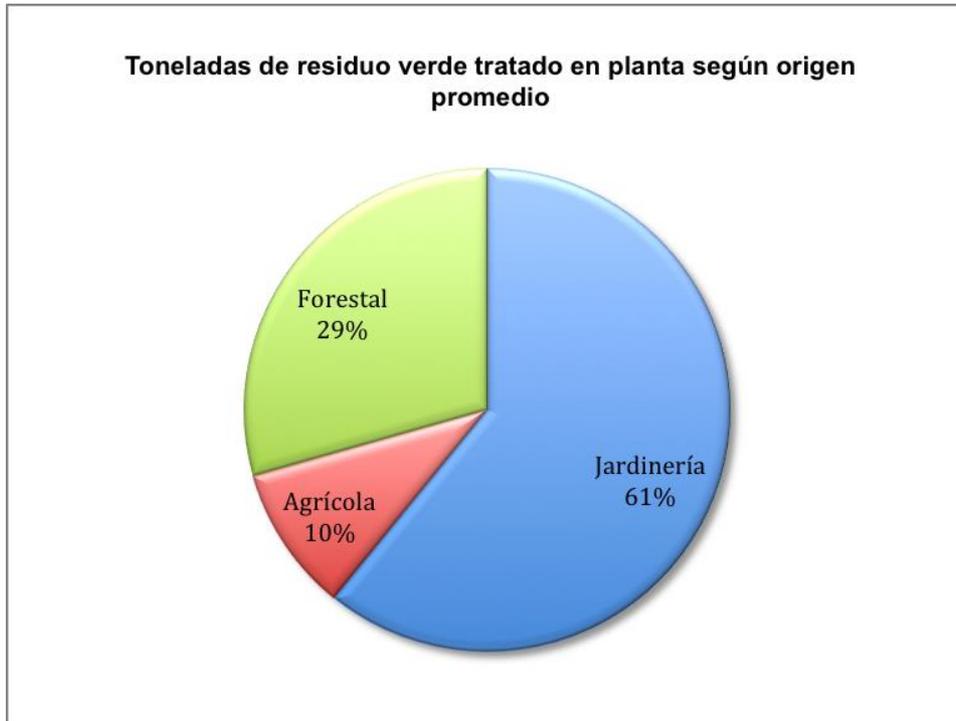


Gráfico 5. Composición promedio del residuo verde tratado en la planta piloto de biomasa años 2012 a 2017.
Fuente elaboración propia

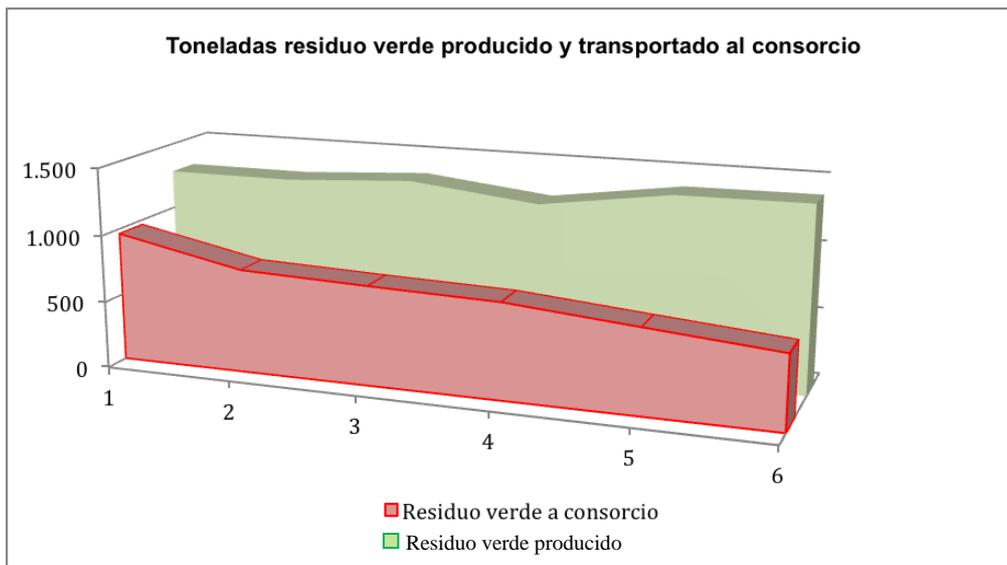


Gráfico 6. Toneladas de residuo verde gestionadas por el Ayuntamiento y toneladas transportadas a la planta del CVI.
Fuente elaboración propia

El gráfico anterior muestra en verde las toneladas totales de residuo verde gestionadas por el Ayuntamiento de Serra y en rojo las toneladas transportadas y depositadas en la planta del Consorcio Valencia Interior (CVI) en el municipio de Lliria desde el año 1 al año 6 del periodo de investigación. Se observa que aunque las toneladas de residuo verde tratado aumentan, al

añadir residuo forestal y agrícola, son menores las toneladas transportadas a la planta del CVI por ser tratadas una gran parte de estos residuos en la planta piloto de biomasa.

Los resultados económicos directos obtenidos en la gestión de residuos son los siguientes:

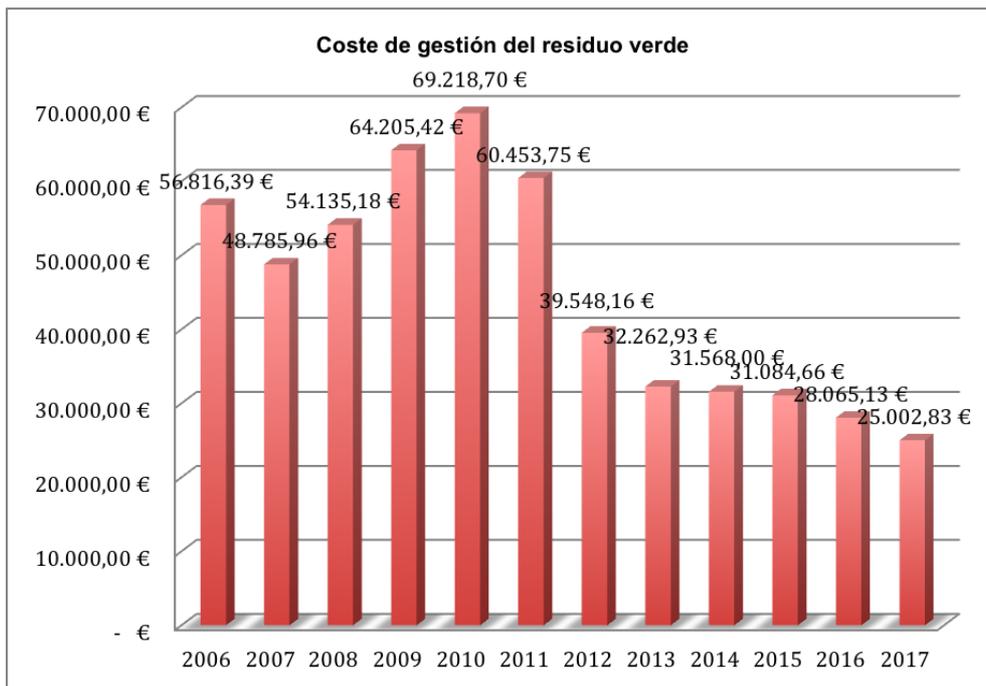


Gráfico 7. Coste de gestión del residuo verde para el Ayuntamiento de Serra por año.

Fuente elaboración propia

Se observa que en el periodo anterior a la puesta en marcha del proyecto, años 2006 a 2011 el coste promedio de la gestión del residuo verde para el Ayuntamiento de Serra ascendió a 58.935,90 €, a partir del año 2012 en que se pone en marcha el proceso de aprovechamiento energético del residuo verde se observa una neta disminución en el coste de gestión de dicho residuo que se reduce a un promedio de 31.255,28 € al año.

Así el ahorro medio anual obtenido en gestión del residuo verde desde el año 2012 ha sido de 24.235,40 €.

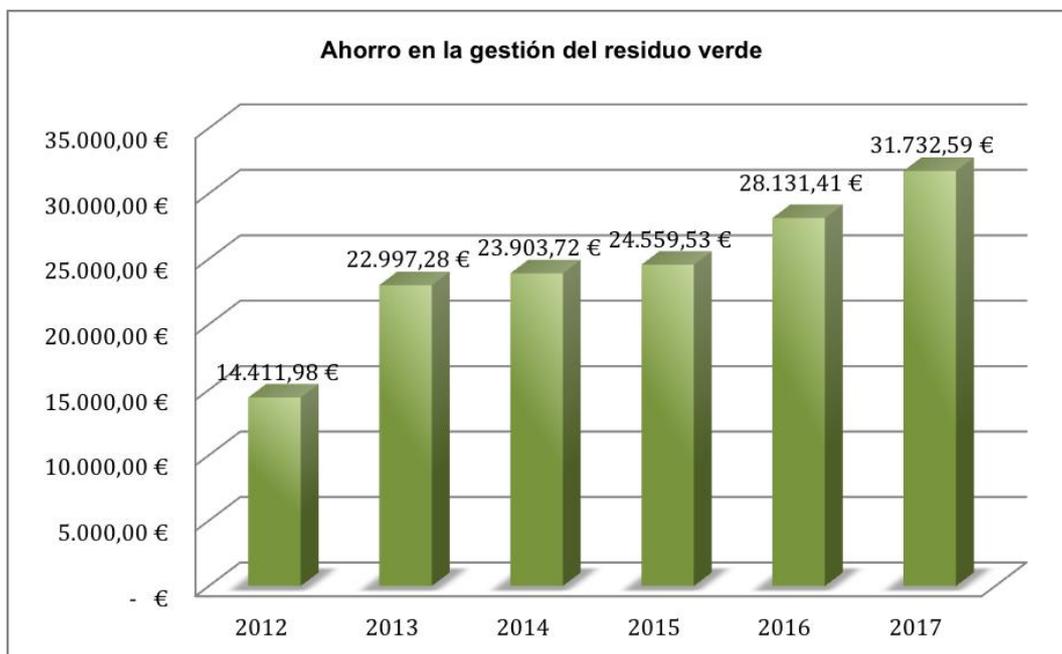


Gráfico 8. Ahorro anual en gestión de residuo verde para el Ayuntamiento de Serra.

Fuente elaboración propia.

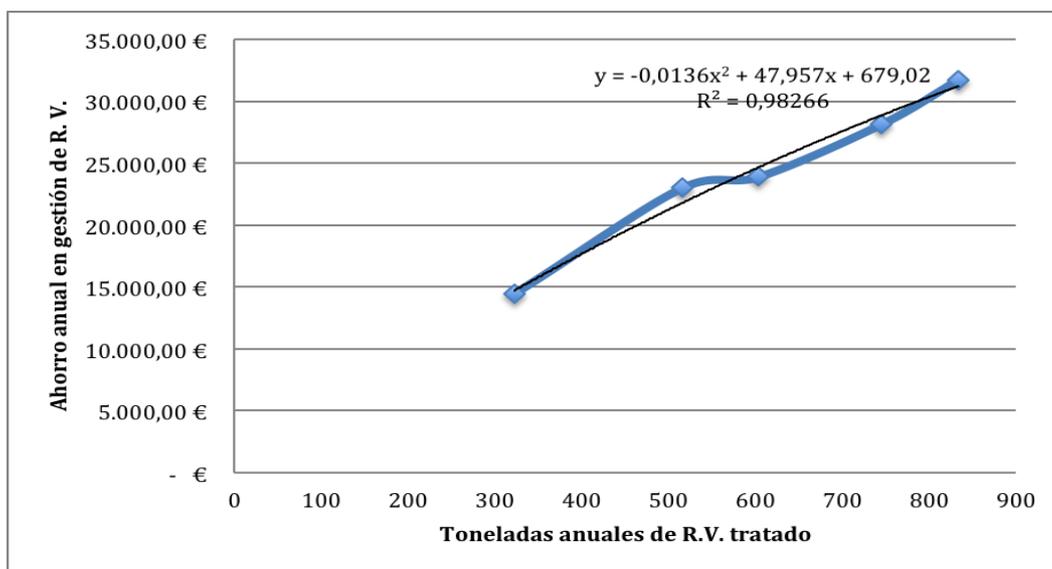


Gráfico 9. Ahorro anual en gestión de residuo en función de las toneladas de residuo tratadas.

Fuente elaboración propia.

Realizando una comparación entre las toneladas de residuo tratado y el ahorro generado en gestión de residuo verde se puede obtener una aproximación que permite obtener el ahorro en gestión de residuos en función de las toneladas de residuo verde tratadas en una planta de biomasa de las características de la de Serra.

Considerando los municipios que se encuentran dentro del ámbito del Parque Natural de la Sierra Calderona y su población, puede obtenerse una aproximación de los ahorros que se

obtendrían estos municipios aplicando a la gestión del residuo verde una solución similar a la del Ayuntamiento de Serra.

Comarca Municipio	Superficie TM (Has)	Superficie en PN (Has)	Habitantes (2016)	Toneladas de RV tratadas Promedio anual	Ahorro medio anual en gestión del RV
ALTO PALANCIA					
ALTURA	12.950	12.389	3.621	687	27.206,70 €
SEGORBE	10.610	8.441	9.005	1.420	41.354,92 €
CAMP DE MORVEDRE					
ALBALAT DELS TARONGERS	2.130	1.730	1.185	191	9.342,67 €
ALGIMIA D'ALFARA	1.450	1.162	1.047	166	8.265,12 €
ESTIVELLA	2.090	1.638	1.374	214	10.318,99 €
GILET	1.130	599	3.304	347	15.682,54 €
SAGUNT	13.240	2.054	64.439	1.982	42.304,59 €
SEGART	660	660	159	32	2.199,72 €
TORRES-TORRES	1.180	932	644	101	5.383,94 €
CAMP DE TURIA					
GÁTOVA	3.040	3.040	366	73	4.107,41 €
MARINES	3.570	2.930	1.869	304	14.001,09 €
NAQUERA	3.870	1.020	6.087	318	14.554,06 €
OLOCAU	3.740	2.797	1.685	250	11.818,27 €
SERRA	5.730	5.555	3.070	590	24.239,49 €
TOTAL	65.390	44.947	97.855	6.675	230.779,50 €

Tabla 44. Toneladas de residuo verde tratado y ahorros obtenidos en gestión del residuo en municipios del Parque Natural de la Sierra Calderona.

Fuente elaboración propia

Aquellos municipios con mayor superficie y mayor número de habitantes y por lo tanto con un coste mayor en gestión de residuos, serían aquellos que obtendrían igualmente un mayor ahorro por el tratamiento del residuo verde con soluciones de aprovechamiento energético similares a las obtenidas en el caso del municipio de Serra. El total ahorro obtenido en gestión de residuos en el ámbito del Parque Natural de la Sierra Calderona supera los 230.000 € anuales.

Al objeto de que este ahorro en la gestión del residuo tenga efectos directos sobre la población, las cantidades de residuo verde gestionadas directamente por los municipios deberían detrarse de las contabilizadas por los Consorcios de Residuos correspondientes, de forma que pudiera estudiarse una rebaja en la tasa de gestión de residuos, que pudiera aplicarse a cada uno de los contribuyentes empadronados en alguno de los municipios que se encuentran dentro del Parque Natural de la Sierra Calderona.

Otra opción es que los Consorcios de Residuos abonen, directamente y de forma anual, a los ayuntamientos que pongan en marcha este tipo de medidas y en función de las toneladas que aprovechen energéticamente los siguientes precios por tonelada.

Comarca/Municipio	Retorno por tonelada de RV tratado
ALTO PALANCIA	
ALTURA	39,60 €
SEGORBE	29,12 €
CAMP DE MORVEDRE	
ALBALAT DELS TARONGERS	48,91 €
ALGIMIA D'ALFARA	49,79 €
ESTIVELLA	48,22 €
GILET	45,19 €
SAGUNT	21,34 €
SEGART	68,74 €
TORRES-TORRES	53,31 €
CAMP DE TURIA	
GÁTOVA	56,27 €
MARINES	46,06 €
NÁQUERA	45,77 €
OLOCAU	47,27 €
SERRA	41,08 €

Tabla 45. Propuesta de precio por tonelada de residuo verde aprovechado por los municipios a abonar por los Consorcios de Residuos.

Fuente elaboración propia

De este modo los presupuestos de los consorcios y las tasas de gestión de residuos no se verían afectadas, no obstante se favorecerían los municipios con menos recursos y menos población cuya gestión del residuo verde es más costosa por su lejanía de la planta del consorcio y por haber de repartirse el coste de la gestión de los residuos entre un menor número de contribuyentes. Este aporte económico directo por parte de los consorcios de residuos a los municipios tiene además la ventaja de animar a implantar este tipo de proyectos en aquellos municipios donde se alberguen dudas sobre los beneficios del aprovechamiento energético del residuo verde.

IV.1.2 Producción de combustible:

La producción de combustible por tipo de combustible generado durante el periodo de estudio ha sido la siguiente:

Toneladas de combustible producido por tipo y año						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Astilla	322	493	565	475	606	551
Pélet	0	22	38	49	138	282

Tabla 46. Toneladas de combustible producidas por año.

Fuente elaboración propia

Respecto al consumo de astilla en las calderas de los edificios municipales el resultado ha sido el siguiente:

Toneladas de astilla consumida por edificio y año						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Guardería	18	4	0	0	0	0
Ayuntamiento	0	10	0	0	0	0
Colegio	0	0	0	0	0	0

Tabla 47. Toneladas de astilla consumidas por edificio y año.

Fuente elaboración propia

En lo que se refiere al pélet consumido los resultados son los expuestos a continuación:

Toneladas de pélet consumido por edificio y año						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Guardería	0	8	13	15	11	13
Ayuntamiento	0	14	25	27	24	26
Colegio	0	0	0	0	37	39

Tabla 48. Toneladas de pélet consumidas por edificio y año.

Fuente elaboración propia

Tal y como se observa en las tablas anteriores durante el año 2013 en el que se produce el cambio de astilla a pélet, las calderas de la guardería y del ayuntamiento consumen estos dos tipos de combustible, con consumos de pélet inferiores al año 2014 que es cuando únicamente se emplea pélet como combustible. A partir del año 2014 se estabiliza el consumo notándose un aumento claro al poner en marcha la caldera de 150 kw del colegio público en el invierno de 2016 cuyo consumo se acerca en solitario a las 40 toneladas de pélet al año. El consumo de la estufa situada en el salón de actos del edificio consistorial no se tiene en cuenta por ser inferior a los 100 kg al año.

	Toneladas de combustible consumido y almacenado					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Astilla producida	322	493	565	475	606	551
Pélet producido	0	22	38	49	138	282
Astilla consumida	18	14	0	0	0	0
Pélet consumido	0	22	38	42	72	78
Astilla almacenada	304	761	1.288	1.714	2.182	269
Pélet almacenado	0	0	0	7	73	277

Tabla 43. Toneladas de combustible producido y almacenado por año.

Fuente elaboración propia

Tal y como se observa se durante todo el periodo de estudio se produce mucha más astilla de la que se consume acumulándose dicha astilla que fue comercializada a granel en el año 2016 al precio de 4,00 € por tonelada y obteniéndose unos ingresos de 8.728,00 € I.V.A. incluido.

Del mismo modo hasta el año 2017 se han venido produciendo mayores cantidades de pélet de las consumidas por el Ayuntamiento, esto se debe a que el proyecto ya contemplaba la comercialización del combustible generado en exceso, dicha comercialización comenzó en el año 2017 con el precio público aprobado por la Ordenanza Fiscal del Ayuntamiento de Serra publicada en el B.O.P. de 19 de julio de 2017.

Desde la publicación de la ordenanza fiscal hasta el mes de mayo de 2018 la venta de pélets del Ayuntamiento de Serra ha ascendido a 184 toneladas a un precio medio de 0,23 € por kilogramo I.V.A. incluido, por lo que los ingresos brutos obtenidos a partir de la venta de pélet han ascendido durante 2018 a 42.320 €.

IV.1.3 Facturación energía eléctrica:

IV.1.3.1 Guardería:

Se han recopilado las facturas de energía eléctrica del edificio de la guardería municipal con anterioridad a la puesta en marcha del proyecto y durante los años de estudio que se refleja en las tablas siguientes:

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Ahorro
2011	21/01/2011-17/02/2011	5432 kwh	5.432	713,18 €	0,13 €	5.432	- €
	17/02/2011-17/03/2011	5201 kwh	5.201	680,86 €	0,13 €	5.201	- €
	17/03/2011-19/04/2011	5361 kwh	5.361	655,41 €	0,12 €	5.361	- €
	19/04/2011-19/05/2011	4157 kwh	4.157	497,77 €	0,12 €	4.157	- €
	19/05/2011-02/06/2011	1826 kwh	1.826	217,65 €	0,12 €	1.826	- €
	17/08/2011-19/09/2011	8032 kwh	8.032	874,69 €	0,11 €	8.032	- €
	19/09/2011-19/10/2011	2962 kwh	2.962	374,45 €	0,13 €	5.331	318,62 €
	19/10/2011-22/11/2011	3732 kwh	3.732	508,38 €	0,14 €	5.331	238,01 €
	22/11/2011-21/12/2011	3539 kwh	3.539	497,32 €	0,14 €	5.331	249,07 €

Contabilizado 2011	40.242	5.019,71 €	0,12 €	46.003	805,70 €
--------------------	--------	------------	--------	--------	----------

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Ahorro
2012	20/01/2012-21/02/2012	7446 kwh	7.446	1.046,62 €	0,14 €	5.331	-300,23 €
	21/02/2012-22/03/2012	3051 kwh	3.051	432,49 €	0,14 €	5.331	313,90 €
	Marzo	Estimado	3.636	508,97 €	0,14 €	5.331	237,42 €
	Abril	Estimado	3.636	508,97 €	0,14 €	5.331	237,42 €
	Mayo	Estimado	1.826	255,64 €	0,14 €	1.826	- €
	Junio	Estimado	1.826	255,64 €	0,14 €	1.826	- €
	Julio	Estimado	1.826	255,64 €	0,14 €	1.826	- €
	Agosto	Estimado	1.826	255,64 €	0,14 €	1.826	- €
	Septiembre	Estimado	2.962	414,68 €	0,14 €	5.331	331,71 €
	Octubre	Estimado	3.636	508,97 €	0,14 €	5.331	237,42 €
	Noviembre	Estimado	3.636	508,97 €	0,14 €	5.331	237,42 €
	Diciembre	Estimado	3.636	508,97 €	0,14 €	5.331	237,42 €

Contabilizado 2012	38.941	5.461,20 €	0,14 €	33.961	1.532,45 €
--------------------	--------	------------	--------	--------	------------

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Ahorro
2013	Enero	Estimado	3.636	590,81 €	0,16 €	5.331	275,59 €
	Febrero	Estimado	3.636	590,81 €	0,16 €	5.331	275,59 €
	Marzo	Estimado	3.636	590,81 €	0,16 €	5.331	275,59 €
	Abril	Estimado	3.636	590,81 €	0,16 €	5.331	275,59 €
	Mayo	Estimado	1.826	296,74 €	0,16 €	1.826	- €
	23/05/2013-21/06/2013	2086,04 kwh	2.086	335,02 €	0,16 €	2.086	- €
	21/06/2013-24/07/2013	2349 kwh	2.349	373,73 €	0,16 €	2.349	- €
	24/07/2013-23/08/2013	2315 kwh	2.315	378,50 €	0,16 €	2.315	- €
	23/08/2013-20/09/2013	2475 kwh	2.475	400,03 €	0,16 €	2.475	- €
	20/09/2013-23/10/2013	3279 kwh	3.279	516,78 €	0,16 €	5.331	323,45 €
	23/10/2013-22/11/2013	3282 kwh	3.282	566,57 €	0,17 €	5.331	353,78 €
	Diciembre	Estimado	3.636	567,57 €	0,16 €	5.331	298,83 €

Contabilizado 2013	35.790	5.798,18 €	0,16 €	32.376	2.078,42 €
--------------------	--------	------------	--------	--------	------------

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Ahorro
2014	20/12/2013-23/01/2014	3971 kwh	3.971	672,74 €	0,17 €	5.331	230,46 €
	23/01/2014-21/02/2014	3113 kwh	3.113	535,65 €	0,17 €	5.331	381,71 €
	21/02/2014-24/03/2014	3023 kwh	3.023	528,90 €	0,17 €	5.331	403,86 €
	24/03/2014-23/04/2014	2579 kwh	2.579	431,06 €	0,17 €	5.331	460,03 €
	Mayo	Estimado	2.150	348,84 €	0,16 €	2.150	- €
	23/05/2014-23/06/2014	2150 kwh	2.150	348,84 €	0,16 €	2.150	- €
	Julio	Estimado	1.826	292,16 €	0,16 €	1.826	- €
	23/07/2014-22/08/2014	2271 kwh	2.271	361,02 €	0,16 €	2.271	- €
	22/08/2014-19/09/2014	2401 kwh	2.401	370,22 €	0,15 €	2.401	- €
	19/09/2014-22/10/2014	3290 kwh	3.290	486,32 €	0,15 €	5.331	301,75 €
	22/10/2014-21/11/2014	3389 kwh	3.389	525,91 €	0,16 €	5.331	301,41 €
	21/11/2014-22/12/2014	3711 kwh	3.711	570,09 €	0,15 €	5.331	248,92 €

Contabilizado 2014	33.874	5.471,75 €	0,16 €	48.117	2.328,14 €
--------------------	--------	------------	--------	--------	------------

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Ahorro
2015	22/12/2014-23/01/2015	2714 kwh	2.714	586,98 €	0,22 €	5.331	566,07 €
	23/01/2015-23/02/2015	3398 kwh	3.398	535,92 €	0,16 €	5.331	304,92 €
	Marzo	Estimado	3.636	573,38 €	0,16 €	5.331	267,46 €
	26/03/2015-24/04/2015	2553 kwh	2.553	401,42 €	0,16 €	5.331	436,85 €
	24/04/2015-23/05/2015	2275 kwh	2.275	367,84 €	0,16 €	2.275	- €
	23/05/2015-23/06/2015	2314 kwh	2.314	393,83 €	0,17 €	2.314	- €
	23/06/2015-24/07/2015	2277 kwh	2.277	372,51 €	0,16 €	2.277	- €
	24/07/2015-26/08/2015	2626 kwh	2.626	416,00 €	0,16 €	2.626	- €

	26/08/2015-24/09/2015	2624 kwh	2.624	402,17 €	0,15 €	2.624	- €
	24/09/2015-28/10/2015	3458 kwh	3.458	516,56 €	0,15 €	5.331	279,84 €
	28/10/2017-23/11/2015	Estimado	3.636	455,57 €	0,13 €	5.331	212,51 €
	23/11/2015-24/12/2015	3597 kwh	3.597	553,20 €	0,15 €	5.331	266,73 €

	Contabilizado 2015	35.107	5.575,38 €	0,16 €	38.773	2.334,38 €
--	--------------------	--------	------------	--------	--------	------------

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Ahorro
2016	26/01/2016-22/02/2016	2879 kwh	2.879	442,84 €	0,15 €	5.331	377,21 €
	22/02/2016-25/03/2016	3067 kwh	3.067	484,87 €	0,16 €	5.331	357,97 €
	25/03/2016-25/04/2016	2476 kwh	2.476	394,67 €	0,16 €	5.331	455,14 €
	Abril	Estimado	2.476	371,40 €	0,15 €	5.331	428,30 €
	25/04/2016-24/05/2016	2049 kwh	2.049	339,20 €	0,17 €	2.049	- €
	Junio	Estimado	1.826	273,90 €	0,15 €	1.826	- €
	23/06/2016-22/07/2016	1836 kwh	1.836	304,81 €	0,17 €	1.836	- €
	22/07/2016-25/08/2016	2388 kwh	2.388	382,41 €	0,16 €	2.388	- €
	Septiembre	Estimado	2.388	358,20 €	0,15 €	2.388	- €
	22/09/2016-25/10/2016	3250 kwh	3.250	469,75 €	0,14 €	5.331	300,83 €
	25/10/2016-28/11/2016	Estimado	3.250	469,75 €	0,14 €	5.331	300,83 €
	Diciembre	Estimado	3.250	487,50 €	0,15 €	5.331	312,20 €

	Contabilizado 2016	31.135	4.779,30 €	0,15 €	37.144	2.532,49 €
--	--------------------	--------	------------	--------	--------	------------

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Ahorro
2017	25/01/2017-22/02/2017	2893 kwh	2893	435,55 €	0,15 €	5.331	367,10 €
	22/02/2017-27/03/2017	3059 kwh	3059	472,65 €	0,15 €	5.331	351,10 €
	27/03/2017-26/04/2017	2466 kwh	2466	373,77 €	0,15 €	5.331	434,30 €
	26/04/2017-22/05/2017	Estimado	2466	302,04 €	0,12 €	5.331	350,95 €
	22/05/2017-02/06/2017	663 kwh	663	112,40 €	0,17 €	663	- €
	02/06/2017-22/06/2017	1205 kwh	1205	195,91 €	0,16 €	1205	- €
	22/06/2017-25/07/2017	944 kwh	944	231,59 €	0,25 €	944,00 €	- €
	25/07/2017-23/08/2017	860 kwh	860	206,55 €	0,24 €	860	- €
	23/08/2017-25/09/2017	1106 kwh	1106	246,84 €	0,22 €	1106	- €
	Octubre	Estimado	1275	229,50 €	0,18 €	5.331	730,14 €
	24/10/2017-24/11/2017	1275 kwh	1275	265,58 €	0,21 €	5.331	844,93 €
	Diciembre	Estimado	1275	229,50 €	0,18 €	5.331	730,14 €

	Contabilizado 2017	19.487	3.301,88 €	0,17 €	31.435	3.808,65 €
--	--------------------	--------	------------	--------	--------	------------

Tabla 49. Consumo de energía eléctrica y ahorro obtenido en edificio municipal de la Guardería de 2011 a 2017.

Fuente elaboración propia

Los datos que se han podido recopilar son datos de facturación del contador con número de CUPS ES 0021 0000 1251 5097 WN, correspondiente al contador de energía eléctrica del edificio de la guardería. Se obtuvieron datos a partir del año 2011, que en este caso coincide con la puesta en marcha, durante el invierno de 2011-2012, de la caldera de biomasa de 25 kw de potencia, en la guardería municipal, esto ha permitido obtener los ahorros derivados del empleo del combustible sólido propio generado a partir del residuo verde, para aquellos periodos en los que no se dispone de lectura esta se ha estimado en función de los consumos mensuales de años anteriores.

El resumen de los resultados en el edificio de la guardería municipal es el siguiente:

GUARDERIA MUNICIPAL				
Año	Consumo anual kW	importe	€/kwh	Ahorro
2011	40.242	5.019,71 €	0,12 €	805,70 €
2012	38.941	5.461,20 €	0,14 €	1.532,45 €
2013	35.790	5.798,18 €	0,16 €	2.078,42 €
2014	33.874	5.471,75 €	0,16 €	2.328,14 €
2015	35.107	5.575,38 €	0,16 €	2.334,38 €
2016	31.135	4.779,30 €	0,15 €	2.532,49 €
2017	19.487	3.301,88 €	0,17 €	3.808,65 €
Total	234.575	35.407,40 €	0,15 €	15.420,23 €

Tabla 50. Resumen de consumo de energía eléctrica y ahorro obtenido en la Guardería de 2011 a 2017.
Fuente elaboración propia

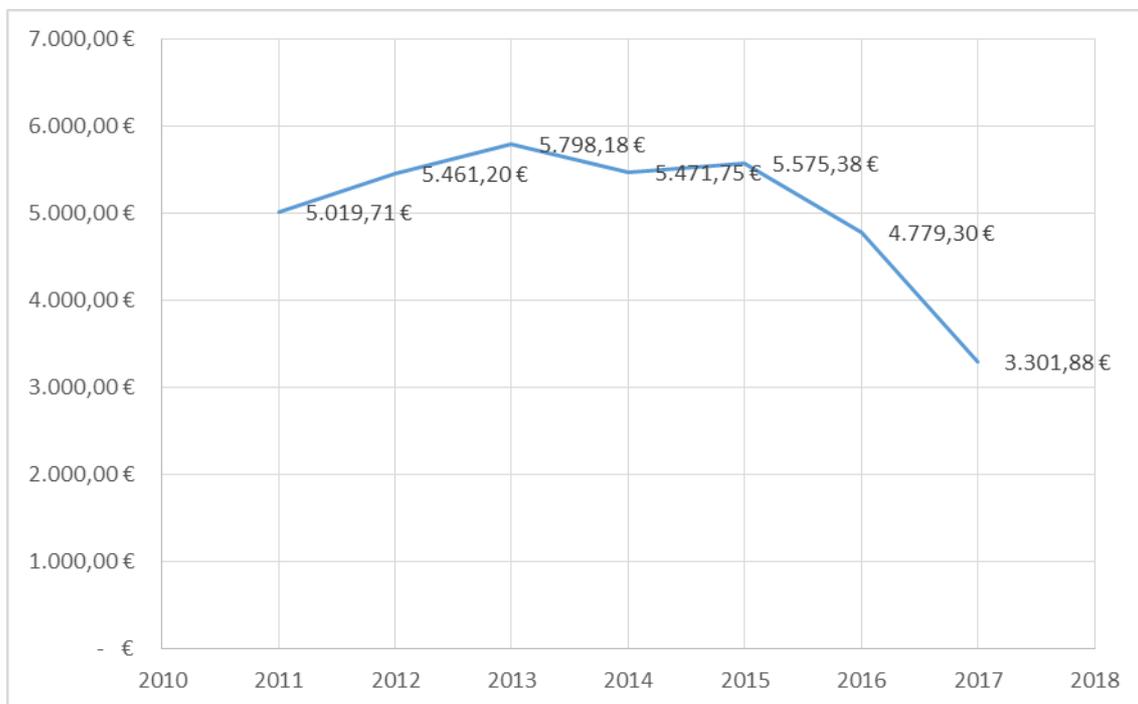


Gráfico 10. Gasto en energía eléctrica en el edificio de la guardería de 2011 a 2017.
Fuente elaboración propia

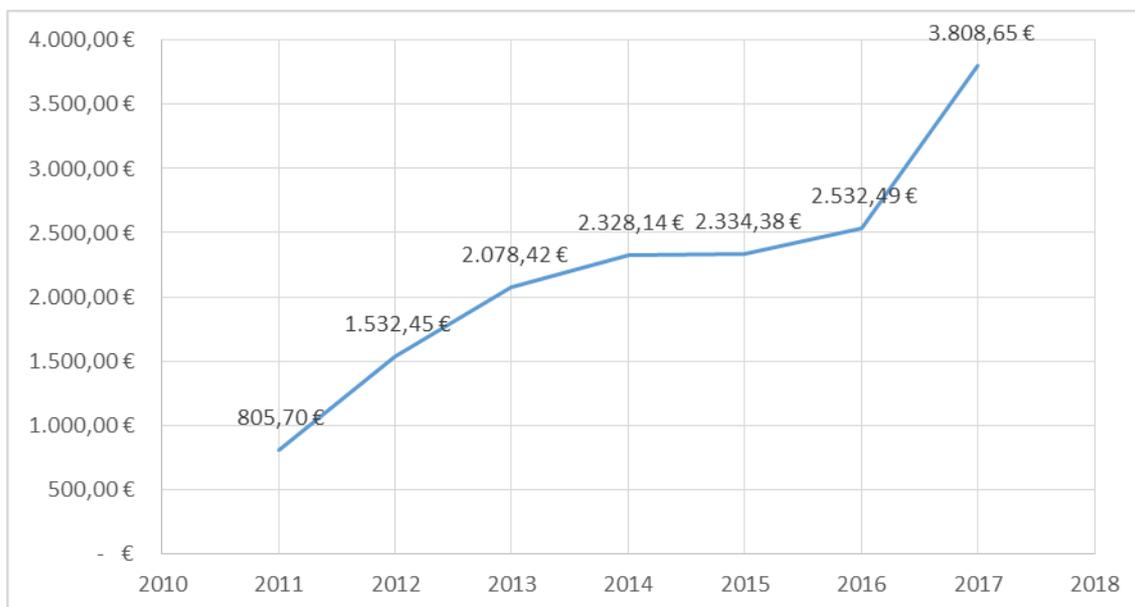


Gráfico 11. Ahorro en consumo de energía eléctrica en el edificio de la guardería de 2011 a 2017.

Fuente elaboración propia

Tal y como se aprecia a partir de la segunda mitad del año 2011 se observa una estabilización en el consumo y en la facturación, algo que se repite a lo largo de los años siguientes. El consumo disminuye y el ahorro va en ascenso en función del aumento del precio de la energía eléctrica que alcanza su máximo en el año 2017 con un precio de 0,17 €/kwh, por lo que es en este año en el que se obtiene un ahorro máximo anual de 3.808,65 €. Durante los años de funcionamiento de la caldera de biomasa en la guardería municipal el ahorro en el consumo de energía eléctrica se cifra en un total de 15.420, 23 €. El balance anual ahorrado es del 53% con respecto al consumo inicial de energía eléctrica.

IV.1.3.2 Ayuntamiento:

Del mismo modo que en el edificio de la guardería, se han recopilado las facturas de energía eléctrica del edificio consistorial con anterioridad a la puesta en marcha del proyecto y durante los años de estudio que se refleja en las tablas siguientes:

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Importe teórico	Ahorro
2011	18/11/2010-21/12/2010	7.758	1.163,69 €	0,15 €	7.758	1.163,69 €	- €
	21/12/2010-21/01/2011	7.583	1.196,78 €	0,16 €	7.583	1.196,78 €	- €
	Febrero	7.671	1.180,58 €	0,15 €	7.671	1.180,58 €	- €
	16/02/2011-17/03/2011	6.830	1.111,56 €	0,16 €	6.830	1.111,56 €	- €
	17/03/2011-19/04/2011	5.833	988,71 €	0,17 €	5.833	988,71 €	- €
	19/04/2011-19/05/2011	4.140	672,34 €	0,16 €	4.140	672,34 €	- €
	19/05/2011-02/06/2011	2.172	383,75 €	0,18 €	2.172	383,75 €	- €
	26/05/2011-13/07/2011	5.714	1.107,45 €	0,19 €	5.714	1.107,45 €	- €

	17/08/2011-19/09/2011	6.557	1.690,06 €	0,26 €	6.557	1.690,06 €	- €
	19/09/2011-19/10/2011	3.940	743,44 €	0,19 €	3.940	743,44 €	- €
	19/10/2011-22/11/2011	4.091	679,41 €	0,17 €	4.091	679,41 €	- €
	22/11/2011-21/12/2011	4.882	736,71 €	0,15 €	4.882	736,71 €	- €

Contabilizado 2011	67.171	11.654,48 €	0,17 €	67.171	11.654,48 €	- €
--------------------	--------	-------------	--------	--------	-------------	-----

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Importe teórico	Ahorro
2012	21/01/2012-21/02/2012	6187	2.051,19 €	0,33 €	6187	2.051,19 €	- €
	21/02/2012-21/03/2012	4497	743,80 €	0,17 €	4497	743,80 €	- €
	Abril	5.833	1.016,06 €	0,17 €	5.833	1.016,06 €	- €
	Mayo	4.140	721,15 €	0,17 €	4.140	721,15 €	- €
	Junio	2.172	378,34 €	0,17 €	2.172	378,34 €	- €
	Julio	5.714	995,33 €	0,17 €	5.714	995,33 €	- €
	Agosto	6.557	1.142,17 €	0,17 €	6.557	1.142,17 €	- €
	Septiembre	3.940	686,31 €	0,17 €	3.940	686,31 €	- €
	Octubre	4.091	712,62 €	0,17 €	4.091	712,62 €	- €
	Noviembre	4.882	850,40 €	0,17 €	4.882	850,40 €	- €
	Diciembre	7.758	1.351,38 €	0,17 €	7.758	1.351,38 €	- €

Contabilizado 2012	55.771	10.648,75 €	0,19 €	55.771	10.648,75 €	- €
--------------------	--------	-------------	--------	--------	-------------	-----

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Importe teórico	Ahorro
2013	Enero	8374,2	1.571,80 €	0,19 €	8.374	1.571,80 €	- €
	23/01/2013-25/02/2013	9852	1.842,32 €	0,19 €	9.852	1.842,32 €	- €
	Marzo	4497	844,07 €	0,19 €	4.497	844,07 €	- €
	Abril	4.140	777,06 €	0,19 €	4.140	777,06 €	- €
	Mayo	3304	620,15 €	0,19 €	3304	620,15 €	- €
	23/05/2013-21/06/2013	3304	711,21 €	0,22 €	3304	711,21 €	- €
	Julio	4552	854,39 €	0,19 €	4552	854,39 €	- €
	Agosto	4574	858,52 €	0,19 €	4574	858,52 €	- €
	Septiembre	3561	668,38 €	0,19 €	3561	668,38 €	- €
	Octubre	3941	739,71 €	0,19 €	4.016	753,69 €	13,98 €
	Noviembre	3660	686,97 €	0,19 €	4.487	842,10 €	155,13 €
	Diciembre	3787	710,80 €	0,19 €	6.320	1.186,24 €	475,43 €

Contabilizado 2013	57.546	10.885,38 €	0,19 €	60.980	11.529,93 €	644,55 €
--------------------	--------	-------------	--------	--------	-------------	----------

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Importe teórico	Ahorro
2014	19/12/2013-23/01/2014	5448	1.001,28 €	0,18 €	7.440	1.367,34 €	366,06 €
	Febrero	4719	893,69 €	0,19 €	8.718	1.650,92 €	757,24 €
	21/02/2014-24/03/2014	3990	783,98 €	0,20 €	5.664	1.112,80 €	328,82 €
	24/03/2014-23/04/2014	3759	684,39 €	0,18 €	5.833	1.062,00 €	377,61 €
	Mayo	3736	707,52 €	0,19 €	3736	707,52 €	- €
	23/05/2014-23/06/2014	3713	628,67 €	0,17 €	3713	628,67 €	- €
	23/06/2014-23/07/2014	4552	869,98 €	0,19 €	4552	869,98 €	- €
	23/07/2014-22/08/2014	4574	1.014,65 €	0,22 €	4574	1.014,65 €	- €
	22/08/2014-19/09/2014	3561	805,97 €	0,23 €	3561	805,97 €	- €
	19/09/2014-22/10/2014	3941	784,41 €	0,20 €	4.016	799,24 €	14,83 €

22/10/2014-21/11/2014	3660	599,17 €	0,16 €	4.487	734,47 €	135,30 €
21/11/2014-22/12/2014	3787	606,36 €	0,16 €	6.320	1.011,93 €	405,57 €

Contabilizado 2014	49.440	9.380,07 €	0,19 €	62.612	11.765,50 €	2.385,43 €
--------------------	--------	------------	--------	--------	-------------	------------

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Importe teórico	Ahorro
2015	Enero	3907,5	742,43 €	0,19 €	7.440	1.413,55 €	671,12 €
	23/01/2015-23/02/2015	4028	721,23 €	0,18 €	8.718	1.560,90 €	839,67 €
	Marzo	4045	768,55 €	0,19 €	5.664	1.076,07 €	307,52 €
	26/03/2015-24/04/2015	4062	705,76 €	0,17 €	5.833	1.013,47 €	307,71 €
	24/04/2015-22/05/2015	3385	567,09 €	0,17 €	3385	567,09 €	- €
	22/05/2015-23/06/2015	3562	684,13 €	0,19 €	3562	684,13 €	- €
	23/06/2015-24/07/2015	4180	811,56 €	0,19 €	4180	811,56 €	- €
	24/07/2015-26/08/2015	4798	980,55 €	0,20 €	4798	980,55 €	- €
	26/08/2015-24/09/2015	3139	620,74 €	0,20 €	3139	620,74 €	- €
	24/09/2015-28/10/2015	2861	489,76 €	0,17 €	4.016	687,39 €	197,63 €
	Noviembre	2886	548,34 €	0,19 €	4.487	852,44 €	304,10 €
22/12/2014-23/01/2015	2911	662,81 €	0,23 €	6.320	1.439,01 €	776,20 €	

Contabilizado 2015	43.765	8.302,95 €	0,19 €	61.540	11.706,89 €	3.403,95 €
--------------------	--------	------------	--------	--------	-------------	------------

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Importe teórico	Ahorro
2016	Enero	3907,5	741,55 €	0,19 €	7.440	1.411,89 €	670,33 €
	Febrero	4028	764,42 €	0,19 €	8.718	1.654,38 €	889,96 €
	Marzo	4045	767,65 €	0,19 €	5.664	1.074,80 €	307,15 €
	23/03/2016-22/04/2016	3328	520,58 €	0,16 €	5.833	912,42 €	391,84 €
	22/04/2016-24/05/2016	3019	502,76 €	0,17 €	3019	502,76 €	- €
	Junio	3562	675,98 €	0,19 €	3562	675,98 €	- €
	23/06/2016-22/07/2016	3855	622,23 €	0,16 €	3855	622,23 €	- €
	22/07/2016-25/08/2016	5158	857,99 €	0,17 €	5158	857,99 €	- €
	Septiembre	3139	595,71 €	0,19 €	3139	595,71 €	- €
	22/09/2016-25/10/2016	2593	497,96 €	0,19 €	4.016	771,14 €	273,18 €
	25/10/2016-25/11/2016	2816	457,55 €	0,16 €	4.487	728,98 €	271,43 €
Diciembre	2863,5	543,43 €	0,19 €	6.320	1.199,39 €	655,96 €	

Contabilizado 2016	42.314	7.547,80 €	0,18 €	61.209	11.007,66 €	3.459,85 €
--------------------	--------	------------	--------	--------	-------------	------------

	Periodo de facturación	Consumo/Potencia kWh	importe	€/kwh	Consumo teórico	Importe teórico	Ahorro
2017	Enero	2810,75	499,32 €	0,18 €	7.440	1.321,64 €	822,32 €
	25/01/2017-22/02/2017	2758	427,87 €	0,16 €	8.718	1.352,41 €	924,54 €
	22/02/2017-27/03/2017	3049	506,91 €	0,17 €	5.664	941,58 €	434,67 €
	27/03/2017-26/04/2017	2593	421,66 €	0,16 €	5.833	948,53 €	526,87 €
	22/05/2017-02/06/2017	1356	207,90 €	0,15 €	1356	207,90 €	- €
	02/06/2017-22/06/2017	2304	337,40 €	0,15 €	2304	337,40 €	- €
	22/06/2017-25/07/2017	5654	973,01 €	0,17 €	5654	973,01 €	- €
	25/07/2017-23/08/2017	4843	766,95 €	0,16 €	4843	766,95 €	- €
	23/08/2017-25/09/2017	3077	627,39 €	0,20 €	3077	627,39 €	- €
	Octubre	3007	534,18 €	0,18 €	4.016	713,34 €	179,16 €
	24/10/2017-24/11/2017	2937	433,86 €	0,15 €	4.487	662,76 €	228,90 €

Diciembre	2900,25	515,22 €	0,18 €	6.320	1.122,73 €	607,51 €
Contabilizado 2017	37.289	6.251,67 €	0,17 €	59.710	9.975,64 €	3.723,97 €

Tabla 51. Consumo de energía eléctrica y ahorro obtenido en edificio del ayuntamiento de 2011 a 2017.

Fuente elaboración propia

Los datos que se han podido recopilar son datos de facturación del contador con número de CUPS ES 0021 0000 0845 4662 DC, correspondiente al contador de energía eléctrica del edificio del ayuntamiento donde se encuentran las dependencias del centro médico, policía local, juzgado de paz, oficina de turismo y oficinas municipales. Se obtuvieron datos a partir del año 2011 teniendo en cuenta que durante el invierno de 2013-2014 se puso en marcha la caldera de biomasa de 65 kw de potencia. Por lo que dejaron de emplearse radiadores conectados a la red eléctrica, esto ha permitido obtener los ahorros derivados del empleo del combustible sólido propio generado a partir del residuo verde. Para aquellos periodos en los que no se dispone de lectura esta se ha estimado en función de los consumos mensuales de años anteriores.

El resumen de los resultados en el edificio del ayuntamiento es el siguiente:

AYUNTAMIENTO				
Año	Consumo anual kW	importe	€/kwh	Ahorro
2011	67.171	11.654,48 €	0,17 €	- €
2012	55.771	10.648,75 €	0,19 €	- €
2013	57.546	10.885,38 €	0,19 €	644,55 €
2014	49.440	9.380,07 €	0,19 €	2.385,43 €
2015	43.765	8.302,95 €	0,19 €	3.403,95 €
2016	42.314	7.547,80 €	0,18 €	3.459,85 €
2017	37.289	6.251,67 €	0,17 €	3.723,97 €
Total	353.295	64.671	0,18 €	13.617,75 €

Tabla 52. Resumen de consumo de energía eléctrica y ahorro obtenido en el Ayuntamiento de 2011 a 2017.

Fuente elaboración propia

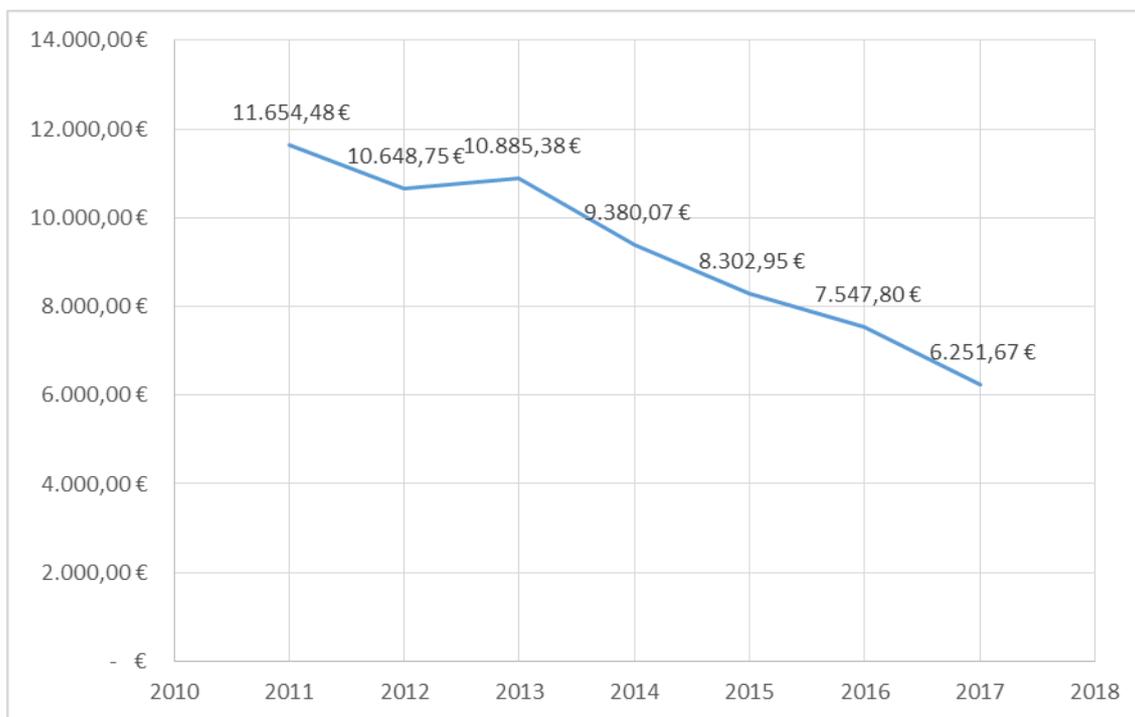


Gráfico 12. Gasto en energía eléctrica en el edificio del ayuntamiento de 2011 a 2017.

Fuente elaboración propia

Tal y como se aprecia a partir de la segunda mitad del año 2013 se observa una disminución en el consumo y en la facturación, algo que se repite a lo largo de los años siguientes. El ahorro va en ascenso en función del aumento del precio de la energía eléctrica que alcanza su máximo en el año 2017 con un precio de 0,17 €/kwh, por lo que es en este año en el que se obtiene un ahorro máximo anual de 3.723,97 €. Durante los años de funcionamiento de la caldera de biomasa en el ayuntamiento, el ahorro en el consumo de energía eléctrica se cifra en un total de 13.617,753 €. Cabe destacar que pese a tener casi el doble de superficie, el edificio del ayuntamiento únicamente está en uso en horario de oficina por lo que el ahorro anual obtenido es similar al de la guardería y para el caso del Ayuntamiento se sitúa en torno al 43% con respecto a la energía eléctrica consumida.

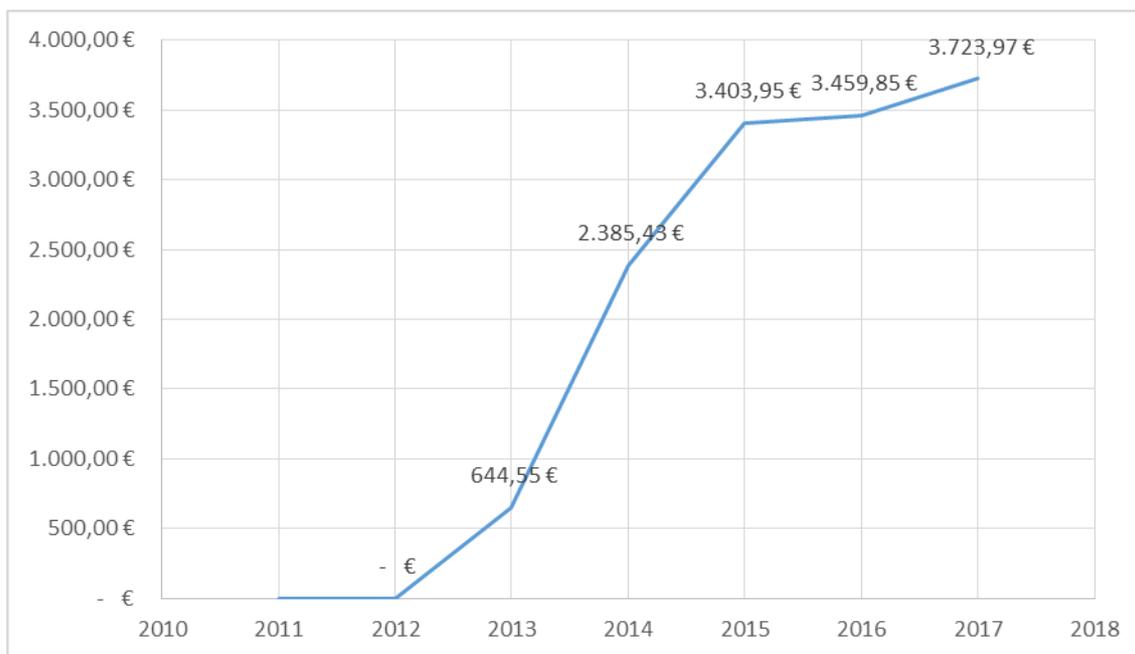


Gráfico 13. Ahorro en consumo de energía eléctrica en el edificio del ayuntamiento de 2011 a 2017.

Fuente elaboración propia

IV.1.4 Facturación de gasóleo - colegio público:

La calefacción de colegio público Sant Josep se realizaba mediante una caldera de gasoil de 100 kW y circuito cerrado de agua, el depósito enterrado de gasoil tiene una capacidad de 5.478 litros. Este depósito se llenaba entre 2 y tres veces al año en función de las necesidades del colegio, con la puesta en marcha de la caldera de biomasa de la guardería el depósito de gasoil quedó lleno a mitad por si era necesario poner en marcha la caldera de gasoil por reparación o avería en la caldera de biomasa, hasta la fecha no ha vuelto a ponerse en marcha la caldera de gasoil. Considerando la evolución del precio del gasóleo para calefacción desde el año 2011 hasta el año 2017 publicado por el ministerio de industria, el ahorro obtenido se detrae del siguiente cuadro.

Se observa que con la puesta en marcha de la caldera de biomasa de 150 kw en el año 2016 se produce automáticamente un ahorro de 8.263,02 € que tienen su origen en la parada de la caldera de gasoil y por lo tanto el cese de la demanda de este combustible ya que a lo largo del año 2016 únicamente se realizó el llenado del depósito una única vez. Por lo tanto a partir del año 2016 se obtiene una media anual de ahorro de 11.877,40 €, lo que supone el 92% sobre el combustible fósil que se estaba utilizando hasta la fecha para calentar el edificio del colegio público.

	Volumen (lts)	Llenado	Precio	Importe	Consumo teórico (lts)	Ahorro
2011	5.478	3	0,90 €	14.741,30 €	16.434	- €
2012	5.478	3	0,94 €	15.382,22 €	16.434	- €
2013	5.478	2	0,86 €	9.455,03 €	10.956	- €
2014	5.478	3	0,81 €	13.229,37 €	16.434	- €
2015	5.478	3	0,73 €	11.914,65 €	16.434	- €
2016	5.478	1	0,84 €	- €	15.338	8.263,02 €
2017	5.478	0	1,01 €	- €	15.338	15.491,78 €
Total ahorro gasoil						28.345,36 €

Tabla 53. Resumen de consumo de gasóleo y ahorro obtenido en el colegio público de 2011 a 2017.

Fuente elaboración propia

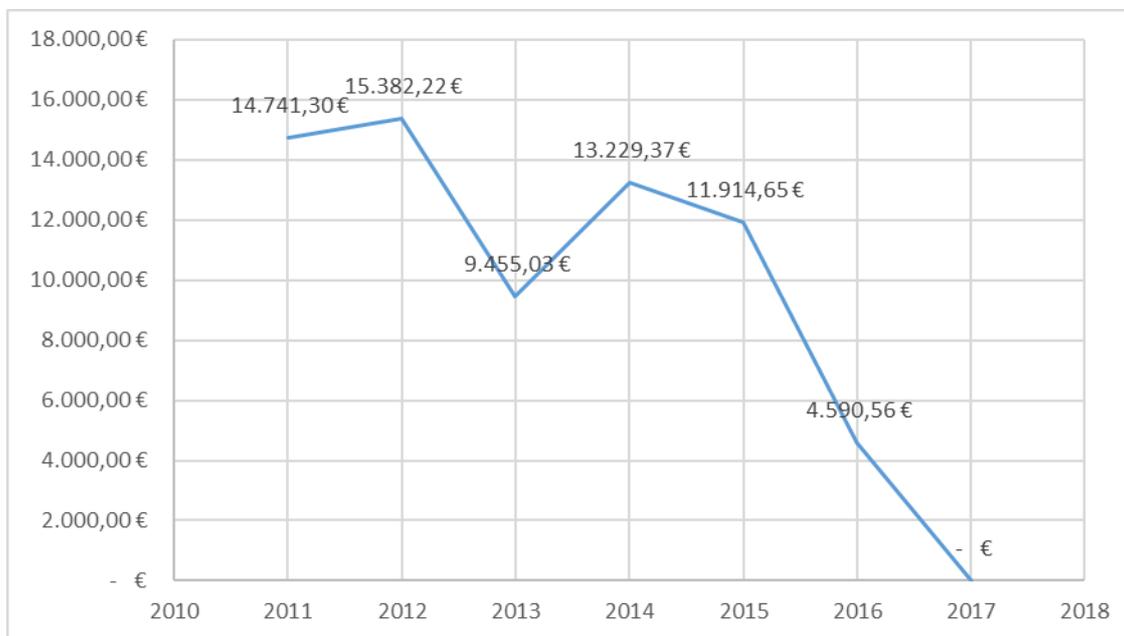


Gráfico 14. Inversión en consumo de gasóleo en el colegio público de 2011 a 2017.

Fuente elaboración propia

La previsión para los próximos años es que se siga sin utilizar la caldera de gasóleo y que por lo tanto los ahorros anuales obtenidos sean similares a los del año 2017 es decir que se sitúen en torno a los 15.000 € año.

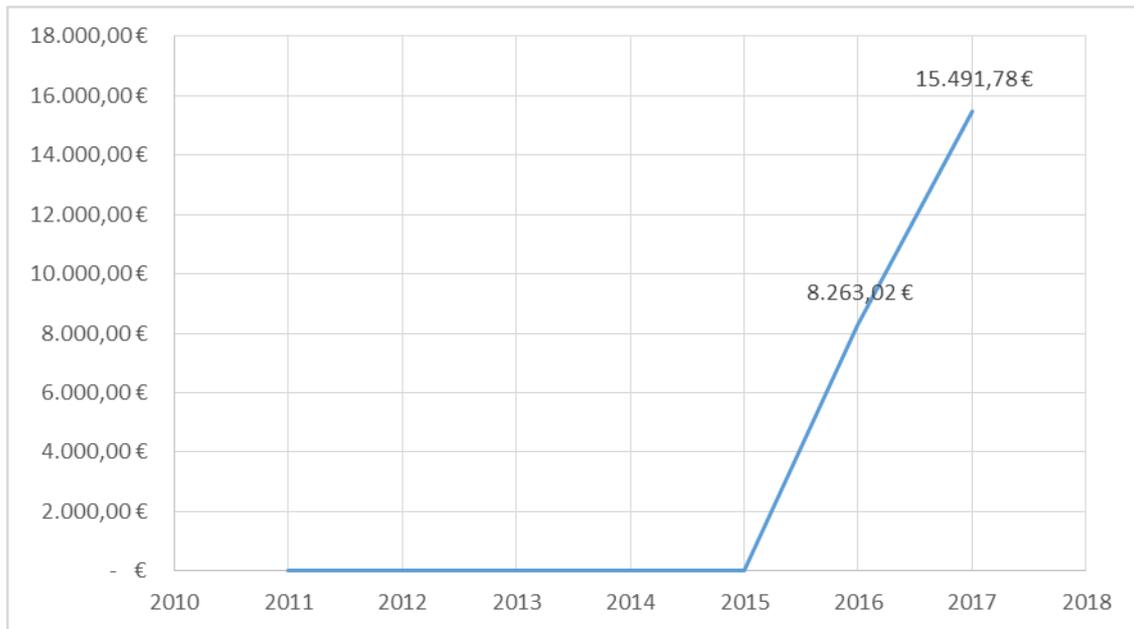


Gráfico 15. Ahorro en consumo de gasóleo en el colegio público de 2011 a 2017.

Fuente elaboración propia

El ahorro medio energético anual es por lo tanto de:

Edificio	Ahorro medio anual
Guardería	2.435,76 €
Ayuntamiento	3.243,30 €
Colegio Público	15.491,78 €
Total	21.170,84 €

Tabla 54. Resumen del ahorro medio anual obtenido en la suma de los edificios públicos.

Fuente elaboración propia

El ahorro total desde el inicio del proyecto asciende a:

Edificio	Total
Guardería	15.420,23 €
Ayuntamiento	13.617,75 €
Colegio Público	23.754,80 €
Total	52.792,78 €

Tabla 55. Resumen del ahorro total obtenido en la suma de los edificios públicos desde 2011 a 2017.

Fuente elaboración propia

IV.2 Resultados en lucha contra el cambio climático

IV.2.1 Reducción de emisiones de CO₂:

Para el cálculo de la reducción de emisiones de CO₂ en el caso de la menor utilización de energía eléctrica en los edificios de la guardería y del ayuntamiento se han seguido las recomendaciones de la GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO versión del 1 de marzo de 2018, publicada por la Oficina Catalana del Cambio Climático de la Generalitat de Catalunya, y más concretamente lo desarrollado en el apartado 2.1 dedicado al consumo eléctrico, en el que se destaca que el cálculo de las emisiones asociadas al consumo eléctrico precisa del empleo de un factor denominado mix eléctrico que se mide en gramos de CO₂ por Kilovatio hora y que se apareja al suministro eléctrico, en definitiva este factor tiene en cuenta las emisiones asociadas a la generación de energía eléctrica independientemente del origen de dicha energía.

Así pues el citado mix eléctrico entre los años 2008 a 2011 es el que se expone a continuación:

	2008	2009	2010	2011
MIX ELÉCTRICO (g CO ₂ /kWh)	313	297	206	267

Tabla 56. Valores del factor 'mix eléctrico' entre los años 2008 a 2011 recomendados por la OCCC.

Fuente Oficina Catalana para el Cambio Climático, 2014.

Para los años anteriores a 2014 se empleará como valor del mix eléctrico el promedio de la tabla anterior, a partir del año 2013 se emplean los valores del mix eléctrico establecidos por la Oficina Catalana del Cambio Climático durante los años 2014 a 2017 obteniéndose los siguientes resultados:

GUARDERÍA						
Año	Consumo anual kW	Mix eléctrico	Emisiones reales CO ₂ (kg)	Consumo anual teórico kW	Emisiones teóricas CO ₂ (kg)	Ahorro emisiones CO ₂ (kg)
2011	40.242	271	10.895,52	46.003,00	12.455,31	1.559,79
2012	38.941	271	10.543,14	49.954,67	13.525,23	2.982,09
2013	35.790	271	9.690,01	48.370,33	13.096,27	3.406,26
2014	33.874	267	9.044,36	48.117,33	12.847,33	3.802,97
2015	35.107	398	13.972,59	49.435,33	19.675,26	5.702,68
2016	31.135	308	9.589,58	47.806,33	14.724,35	5.134,77
2017	19.487	392	7.638,90	42.097,33	16.502,15	8.863,25

Total ahorro emisiones CO₂ (kg) **31.451,81**

Tabla 57. Resultados en emisiones de CO₂ debidos a la instalación de la caldera de biomasa en el edificio de la guardería durante el periodo de estudio.

Fuente Elaboración propia.

AYUNTAMIENTO						
Año	Consumo anual kW	Mix eléctrico	Emisiones reales CO2 (kg)	Consumo anual teórico kW	Emisiones teóricas CO2 (kg)	Ahorro emisiones CO2 (kg)
2011	67.171	271	18.186,41	67.170,50	18.186,41	0,00
2012	55.771	271	15.100,00	55.771,00	15.100,00	0,00
2013	57.546	271	15.580,63	60.980,20	16.510,39	929,76
2014	49.440	267	13.200,48	61.539,73	16.431,11	3.230,63
2015	43.765	398	17.418,27	61.539,73	24.492,81	7.074,54
2016	42.314	308	13.032,71	61.208,73	18.852,29	5.819,58
2017	37.289	392	14.617,29	59.709,73	23.406,22	8.788,93

Total ahorro emisiones CO2 (kg) **25.843,43**

Tabla 58. Resultados en emisiones de CO₂ debidos a la instalación de la caldera de biomasa en el edificio del ayuntamiento durante el periodo de estudio.

Fuente Elaboración propia.

Para el caso del colegio público se empleará como datos establecidos en el apartado 2.1 de la GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, referente a combustibles de origen fósil. Que para el caso del Gasoil de calefacción se expresa en 2,87 kg de CO₂ emitidos por litro consumido, con una densidad del gasóleo a 15° C de 900 kg/m³, según el Real Decreto 1088/2010.

COMBUSTIBLE	FACTOR D'EMISSIÓ ¹⁸
Gas natural (m ³)	2,15 kg CO ₂ /Nm ³ de gas natural
Gas butà (kg)	2,96 kg CO ₂ /kg de gas butà
Gas butà (nombre de bombones)	37,06 kg CO ₂ /bombona (considerant 1 bombona de 12,5 kg)
Gas propà (kg)	2,94 kg CO ₂ /kg de gas propà
Gas propà (nombre de bombones)	102,84 kg CO ₂ /bombona (considerant 1 bombona de 35 kg)
Gasoil (litres)	2,87 kg CO ₂ /l de gasoil ¹⁹

Tabla 59. Valores de emisión de CO₂ de combustibles de origen fósil recomendados por la OCCC.

Fuente Oficina Catalana para el Cambio Climático, 2014.

COLEGIO						
	Consumo real (lts.)	Emisión por litro	Total emitido CO ₂ kg	Consumo teórico (lts.)	Emisiones teóricas CO ₂ (kg)	Ahorro emisiones CO ₂ (kg)
2011	16.434	2,87	47.166	16.434	47.166	0
2012	16.434	2,87	47.166	16.434	47.166	0
2013	10.956	2,87	31.444	10.956	31.444	0
2014	16.434	2,87	47.166	16.434	47.166	0
2015	16.434	2,87	47.166	16.434	47.166	0
2016	5.478	2,87	15.722	15.338	44.021	28.299
2017	0	2,87	0	15.338	44.021	44.021
Total ahorro emisiones CO₂ (kg)						72.321

Tabla 60. Resultados en emisiones de CO₂ debidos a la instalación de la caldera de biomasa en el edificio del colegio público durante el periodo de estudio.

Fuente Elaboración propia.

En resumen el ahorro de emisiones de CO₂ por edificio durante el periodo de estudio ha sido el siguiente:

	Ahorro en emisión de CO ₂ (kg)
Guardería	31.452
Ayuntamiento	25.843
Colegio Público	72.321
Total	129.616

Tabla 61. Resultados en emisiones de CO₂ debidos a la instalación de los equipos de biomasa en el conjunto de edificios públicos durante el periodo de estudio.

Fuente Elaboración propia.

A todo lo anterior cabe añadir el ahorro derivado de la venta, durante el año 2017, del combustible sólido procedente de residuo verde y el uso del mismo por parte de aquellos vecinos del municipio que han sustituido sus antiguas instalaciones de gasóleo por calderas o estufas de biomasa.

Toneladas de pélet vendidas (ton)	200
Factor de conversión pélet gasóleo	2,5
Emisión CO ₂ por litro de gasóleo kg	2,87
Ahorro en emisiones de CO₂ (kg)	229.600

Tabla 62. Ahorro en emisiones de CO₂ derivados de la venta del combustible sólido procedente del residuo verde.

Fuente Elaboración propia.

Por lo tanto el ahorro en emisiones de CO₂ durante el periodo de estudio se ha cuantificado en 359.216 kg, cifra que aumentaría conforme aumenta el volumen de venta y puesta en el mercado del combustible sólido.

Toneladas de pélet vendidas	1000
Factor de conversión pélet gasóleo	2,5
Emisión por litro de gasóleo	2,87
Ahorro en emisiones de CO2	1.148.000

Tabla 63. Ahorro en emisiones de CO₂ derivados de la venta del combustible sólido procedente del residuo verde a máxima capacidad de producción de la planta.

Fuente Elaboración propia.

Considerando que una capacidad de producción máxima de la planta de en torno a 800-1.000 toneladas año y considerando que la cantidad de emisiones para los edificios públicos anual se estabiliza en las siguientes cifras:

	Ahorro en emisión de CO ₂ (kg/año)
Guardería	8.863
Ayuntamiento	8.789
Colegio Público	44.021
Total	61.673

Tabla 64. Ahorro en emisiones de CO₂ anual por edificio.

Fuente Elaboración propia.

El número de emisiones posibles ahorradas en total sería de 1.209,673 toneladas año. Según lo establecido en apartado 3.1 Turismos del capítulo dedicado al transporte, de la GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, las emisiones que produce un vehículo de gasolina con una cilindrada de entre 1.400 y 2.000 cc en vía urbana a una velocidad media de 21 km/h son de 231,15 g CO₂. Por lo tanto las emisiones de CO₂ evitadas, al año, con el conjunto de instalaciones de biomasa del municipio de Serra y la venta del combustible sólido generado son equivalentes a la circulación de 5.233.283 vehículos durante una hora o 218.053 vehículos durante 24 horas.

COMBUSTIBLE	CILINDRADA	EMISSIONS EN FUNCIO DE LA VELOCITAT (gCO ₂ /km)		
		URBANA (21 km/h)	MITJA (69 km/h)	ALTA (102 km/h)
Gasolina	< 0,8 l (Euro 4 i posteriors)	157,02	107,94	128,39
	0,8 - 1,4 l	191,91	123,35	136,60
	1,4 - 2,0 l	231,15	144,90	153,55
	> 2,0 l	314,17	181,35	190,72
Dièsel	< 1,4 l (Euro 4 i posteriors)	118,79	97,72	112,90
	1,4 - 2,0 l	204,37	130,19	146,37
	> 2,0 l	257,31	166,26	189,04
	Qualsevol	97,32	93,66	114,63
GLP	Qualsevol	164,95	127,38	155,93
GNC (genèric, suposant 100%CH ₄)	1,4 - 2,0 l	194,17	129,00	135,97
E85	1,4 - 2,0 l	46,08	30,61	32,27

Tabla 65. Emisiones de CO₂ por tipo de combustible, vehículo y velocidad.

Fuente Oficina Catalana para el Cambio Climático, 2014.

IV.3 Resultados en prevención de incendios forestales:

IV.3.1 Infraestructuras de defensa creadas

La puesta en marcha del proyecto de reconversión del residuo verde a combustible sólido empleado en las calderas municipales y la posterior instalación semi-industrial para la producción de pélets de madera, han permitido incorporar al proyecto el material de origen forestal procedente de trabajos de prevención de incendios forestales y más concretamente las fajas auxiliares del camino de la Ombría y del Castell que se detallan a continuación.

Considerando que según el artículo 25 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, reguladora de las Bases del Régimen Local, el Municipio ejercerá en todo caso, competencias, en los términos de la legislación del Estado y de las Comunidades Autónomas, entre otras, en materia de prevención y extinción de incendios y de protección del medio ambiente.

Considerando lo establecido en el artículo 34.3 de la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes del siguiente tenor:

“La gestión de los montes protectores o con otras figuras de especial protección que no dispongan de proyecto de ordenación de montes o plan dasocrático se ajustará al instrumento de planificación vigente en la zona. Si tampoco existiera este instrumento, los aprovechamientos que se quieran realizar en estos montes deberán atenerse a lo establecido en el artículo 37 y, en todo caso, siempre asegurando la conservación de los valores que determinaron su declaración.”

Considerando además lo establecido en el artículo 26.3 de la Ley 3/1993 de 9 de diciembre, Forestal de la Comunidad Valenciana que establece que:

“Para aquellos montes que no tengan previamente aprobado un Programa de Gestión y Mejora Forestal, sus propietarios podrán elaborar proyectos de ejecución que, previamente a su ejecución, requerirán el informe de la Administración”

Considerando lo indicado en el artículo 35 Delegación de competencias en materia forestal de la Generalitat a ayuntamientos o entidades locales, del Decreto 58/2013, de 3 de mayo, del Consell, por el que se aprueba el Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana: *“En la distribución de responsabilidades administrativas forestales entre las entidades locales, la Generalitat velará por el respeto a los principios de subsidiariedad, coordinación, cooperación y colaboración. Sin perjuicio de la atribución de competencias forestales a las entidades locales por la legislación correspondiente, se podrá delegar la ejecución de funciones forestales y encomendar la gestión de las actividades y servicios en materia forestal a los ayuntamientos y entes locales supramunicipales, cuando con ello se garantice la proximidad de la gestión a la ciudadanía y se alcance una mayor participación de los mismos, asegurándose, en todo caso, la debida coordinación y eficacia en la prestación de los servicios.”*

Desde el Ayuntamiento de Serra y con motivo de aprovechar las labores de control de plagas y mejorar la protección del monte frente a incendios forestales el Ayuntamiento de Serra, realizó una FAJA AUXILIAR, sin coste alguno para la Administración Autonómica, en la zona del camino de Ombría –Castell, siendo el objeto de los trabajos, por una parte, crear una zona de abrigo que garantice la seguridad de los habitantes de la población en caso de incendio forestal y por otra realizar trabajos de silvicultura preventiva que permitieran, en primer lugar, la modificación de la masa existente con objeto de dificultar la propagación de los incendios forestales, y en segundo lugar mejorar el aprovechamiento de los recursos existentes mediante la utilización de los restos forestales generados para su reconversión en combustible sólido empleado en calderas de biomasa municipales.

La definición de los trabajos de ejecución de la Faja Auxiliar de protección contra Incendios Forestales en el camino Ombría Castell y venía recogida en el Plan Local de Prevención de Incendios Forestales del Término Municipal de Serra redactado por los Ingenieros Técnicos Forestales D Carlos A. Chirivella García y D. Pablo Talens Gil y aprobado por el Pleno del Ayuntamiento de Serra reunido en Sesión Ordinaria el 28 de septiembre de 2007.

Los trabajos consistieron fundamentalmente en la intervención selvícola, mediante los parámetros definidos en el Plan de Prevención de Incendios de la Sierra Calderona, que definían las áreas cortafuegos “tipo” del siguiente modo:

1. Banda de decapado (D): Constituye el eje del área cortafuegos. Se hace desaparecer por completo la vegetación existente, llegando a suelo mineral, será una banda de anchura fija de 1'5 metros. En caso de que el área cortafuegos se apoye en un vial, el decapado lo constituye el propio vial, la dimensión de la banda de decapado será de 5 metros.
2. Banda de desbroce tota (Ds): Se situará a ambos lados de la banda de decapado. Se realiza un desbroce del matorral y un apeo de los pies arbóreos. La anchura de la banda será en principio de 10 metros pudiendo variar en función de la topografía del terreno.
3. Banda auxiliar (BA): Se sitúa a ambos lados de las bandas de desbroce total. La anchura de las bandas no es simétrica a ambos lados del área, situándose 1/3 de la anchura total de la banda en el lado más desfavorable, la banda auxiliar se define como: desbroce del matorral hasta una FCC máxima del 10 %, aclarándose la masa arbolada hasta conseguir una FCC del 30 %, el ancho de banda será a priori de 30 metros pudiendo variar en función de la topografía del terreno.



Figura 97 .Estructura de área cortafuegos en tres bandas.

Fuente: Generalitat Valenciana – Vaersa 2007.

Los trabajos se realizaron en su mayoría en parcelas de propiedad municipal, no obstante cuando fue necesaria la intervención en parcelas de propiedad privada, con carácter previo a la realización de los mismos, se obtuvo la correspondiente autorización por parte del propietario de los terrenos.

El punto 3.1 de las Instrucciones para el Diseño de Áreas Cortafuegos del Plan de Prevención de Incendios Forestales de la Demarcación de Llíria, establece que:

“Con el fin de acotar la superficie que pueda recorrer un incendio y para facilitar el acceso de los medios de extinción, el territorio se fracciona en función de la calidad del sistema forestal a proteger. Este fraccionamiento se consigue mediante la red que forman los elementos de ruptura clasificados en tres órdenes diferentes.

La siguiente tabla determina los módulos de superficie que deben englobar las áreas cortafuegos, en función de la calidad de las masas:

ORDEN	CALIDAD				
	1	2	3	4	5
1	2.000 ha	3.000 ha	4.000 ha	5.000 ha	6.000 ha
2	500 ha	750 ha	1.000 ha	1.250 ha	1.500 ha
3	100 ha	150 ha	200 ha	250 ha	300 ha

Tabla 66 .Calidad del Área Cortafuegos.

Fuente: Generalitat Valenciana – Vaersa 2007.

Calidad 1: Sistemas forestales incluidos en un área protegida o en vías de declararse.

Calidad 2: Sistemas forestales de coníferas y de frondosas, con FCC > 25 %.

Calidad 3: Repoblaciones o sistemas forestales de coníferas y de frondosas, con FCC >25 % que hayan sufrido un incendio en los últimos 5 años.

Calidad 4: Sistemas forestales de coníferas y frondosas con FCC < 25 % o repoblaciones con altura superior a 2 metros que hayan sufrido un incendio en los últimos 5 años.

Calidad 5: Sistemas forestales de matorral, superficies incendiadas en los últimos 5 años, sistemas de frondosas y coníferas y repoblaciones que hayan sufrido más de un incendio en ese periodo o sistemas de frondosas y coníferas con FCC < 25 % que hayan sufrido un incendio.”

Considerando que el Área Cortafuegos se encontraba dentro del Parque Natural de la Sierra Calderona se consideró la primera columna de la tabla referente a Calidad 1, teniendo en cuenta la superficie de monte a fraccionar (290 has) se obtuvo un número del Área Cortafuegos de Orden 2.

El anexo I de las Instrucciones para el Diseño de Áreas Cortafuegos del Plan de Prevención de Incendios Forestales de la Demarcación de Llíria, sitúa al municipio de Serra en la Zona Meteorológica número 3.

Término municipal con Terreno Forestal	Zona meteorológica	Término municipal con Terreno Forestal	Zona meteorológica
Albalat dels Tarongers	4	Marines	3
Alborache	3	Massanassa	4
Alfara de la Baronia	4	Mislata	4
Algar de Palancia	4	Moncada	4
Algimia de Alfara	4	Museros	4
Benaguasil	3	Náquera	3
Benifairó de les Valls	4	Olocau	3
Beniparell	4	Paterna	4
Benisanó	3	Petrés	4
Bétera	3	Picassent	4
Buñol	3	Pobla de Vallbona La	3
Canet d'En Berenguer	4	Puçol	4
Casinos	3	Puig	4
Catarroja	4	Quart de les Valls	4
Cheste	3	Quart de Poblet	4
Chiva	3	Quartell	4
Dos Aguas	3	Riba-roja de Túria	3
L'Eliana	3	Rocafort	4
Estivella	4	Sagunto / Sagunt	4
Faura	4	San Antonio de Benagéber	4
Gátova	7	Segart	4
Gilet	4	Serra	3
Godella	4	Siete Aguas	3
Godolleta	3	Torrent	4
Llíria	3	Torres Torres	4
Loriguilla	3	Valencia	4
Macastre	3	Vilamarxant	3
Manises	4	Yátova	3

Tabla 67 .Zona meteorológica de los municipios para el diseño de áreas cortafuegos.

Fuente: Generalitat Valenciana – Vaersa 2007.

Siguiendo las directrices marcadas por el Manual de Operaciones Contra Incendios Forestales (ICONA 1994) y el Manual del Contrafuego (TRAGSA 1997), el modelo de combustible de Rothermel observado en campo se correspondía con el número 7.

“Matorral inflamable de 0,6 a 2,0 m de altura que propaga el fuego bajo el arbolado. El incendio se desarrolla con contenidos más altos en humedad del combustible muerto que en los otros modelos debido a la naturaleza más inflamable de los combustibles vivos.

Carga: 10-15 tn/ha”.

Se tomó además como hipótesis de densidad de arbolado la hipótesis b en la que la fracción de cubida de cubierta del arbolado es superior al 10% y existe contacto entre las ramas bajas del arbolado y el matorral.

El punto 4.1 de las Instrucciones para el Diseño de Áreas Cortafuegos del Plan de Prevención de Incendios Forestales de la Demarcación de Liria establece que:

“La anchura total del área cortafuegos depende de:

- La zona meteorológica en la que se encuentre (ver anexo I).
- El orden del área cortafuegos, según lo asignado por el fraccionamiento del territorio.
- El modelo de combustible, visto en campo, que se corrige con los siguientes criterios:
 - Hipótesis a: la fracción de cabida cubierta del arbolado < 10 % y/o no existe contacto entre las ramas bajas del mismo y el matorral.
 - Hipótesis b: la fracción de cabida cubierta del arbolado > 10 % y existe contacto entre las ramas bajas del mismo y el matorral.
- La orientación del eje del área cortafuegos respecto a los vientos dominantes o de poniente.”

Los resultados de la anchura total, para la zona meteorológica 3, aparecen en la tabla siguiente:

		ZONA 3. ANCHURA TOTAL DEL ÁREA CORTAFUEGOS (m)					
		1er orden		2º orden		3er orden	
MODELO		Hipótesis a	Hipótesis b	Hipótesis a	Hipótesis b	Hipótesis a	Hipótesis b
1		28	28	11	11	6	6
2		57	57	23	23	11	11
4		193	193	77	77	39	39
5		46	92	18	37	9	18
6		49	98	20	39	10	20
7		44	88	18	35	9	18
8		7	7	3	3	1	1

Tabla 68 .Anchura total del área cortafuegos.

Fuente: Generalitat Valenciana – Vaersa 2007.

Por lo tanto considerando los datos de partida se obtuvo un Ancho Total del Área Cortafuegos de 35 metros.

Siguiendo las directrices marcadas por las Instrucciones, no se realizó corrección de la anchura con el ángulo que forma el Área Cortafuegos con los vientos dominantes por ser el Área de Orden 2.

La banda de decapado Constituía el eje del área cortafuegos. El tratamiento selvícola consistió en eliminar la vegetación existente, llegando al suelo mineral. La anchura de esta banda dependía del orden del área cortafuegos. Esta actuación se realizó para evitar que el fuego pueda transmitirse a través de un área cortafuegos por el subsuelo, pudiendo provocar rebrotes de fuegos en otras zonas. En este caso en el que se trataba de un área cortafuegos apoyada en vial, el vial constituía la propia banda de decapado siempre que la anchura del vial fuera superior a la necesaria.

Considerando que el Área Cortafuegos estaba apoyada en la pista forestal denominada “Camí de L’Ombría-Castell” con un ancho que varía de los 3 a los 8 metros, cumple en todo caso con el mínimo establecido en las Instrucciones para el Diseño de Áreas Cortafuegos del Plan de Prevención de Incendios Forestales de la Demarcación de Liria que para el caso de Áreas Cortafuegos de Orden 2 es de 3 metros, por lo que no hubo que realizar decapado, además en aquellas zonas en las que el ancho del camino era superior a 3 metros se restó la diferencia del ancho total del Área Cortafuegos.

La banda de desbroce se sitúa a ambos lados de la banda de decapado. La actuación sobre la vegetación correspondió a un desbroce total o selectivo del matorral y un apeo de los pies arbóreos. La anchura de esta banda es variable para cada tramo y dependía de la zona meteorológica en la que se encontraba, así como del orden del área cortafuegos según la siguiente tabla:

Zona	Orden	Anchura banda desbroce (m) ³
	-	-
	1	28
3	2	11
	3	6

Tabla 69. Anchura de la banda de desbroce.
Fuente: Generalitat Valenciana – Vaersa 2007.

Considerando los datos de partida se obtuvo un ancho total de la banda de desbroce de 11 metros, cabe recordar que las medidas expresadas en la tabla son la suma de las áreas de desbroce, es decir, de este dato se situará ½ a cada lado de la banda de decapado, por lo tanto 5,5 metros a cada lado del vial.

La banda auxiliar se sitúa a ambos lados de las bandas de desbroce total. Se desbroza el matorral y se realiza un apeo de los pies arbóreos hasta conseguir una FCC del 10 %. La anchura de las bandas no es simétrica a ambos lados del área, diferenciándose entre lado A y lado A', siendo:

- Lado A: lado más expuesto a poniente, con más pendiente o más desfavorable (2/3 de la anchura de la banda auxiliar se situarán a este lado).
- Lado A': lado menos expuesto a poniente, con menos pendiente o más favorable (1/3 de la anchura de la banda auxiliar se situará a este lado).

La anchura total de la banda auxiliar se obtiene de la resta entre la anchura total del área cortafuegos y las anchuras obtenidas de banda de decapado y banda de desbroce.

En función de los diferentes anchos del vial se obtuvieron tres tramos tipo con las siguientes dimensiones:

TRAMO 1	
Banda decapado	3 m
Total Banda de desbroce	11 m
Bandas de desbroce	5,5 m
Banda Auxiliar ancho total	21 m
Lado desfavorable A	14 m
Lado favorable A'	7 m

TRAMO 2	
Banda decapado	5 m
Total Banda de desbroce	11 m
Bandas de desbroce	5,5 m
Banda Auxiliar ancho total	19 m
Lado desfavorable A	12,7 m
Lado favorable A'	6,3 m

TRAMO 3	
Banda decapado	8 m
Total Banda de desbroce	11 m
Bandas de desbroce	5,5 m
Banda Auxiliar ancho total	16 m
Lado desfavorable A	10,7 m
Lado favorable A'	5,3 m

Tabla 70 .Anchuras del área cortafuegos según tramos.

Fuente: Elaboración propia.

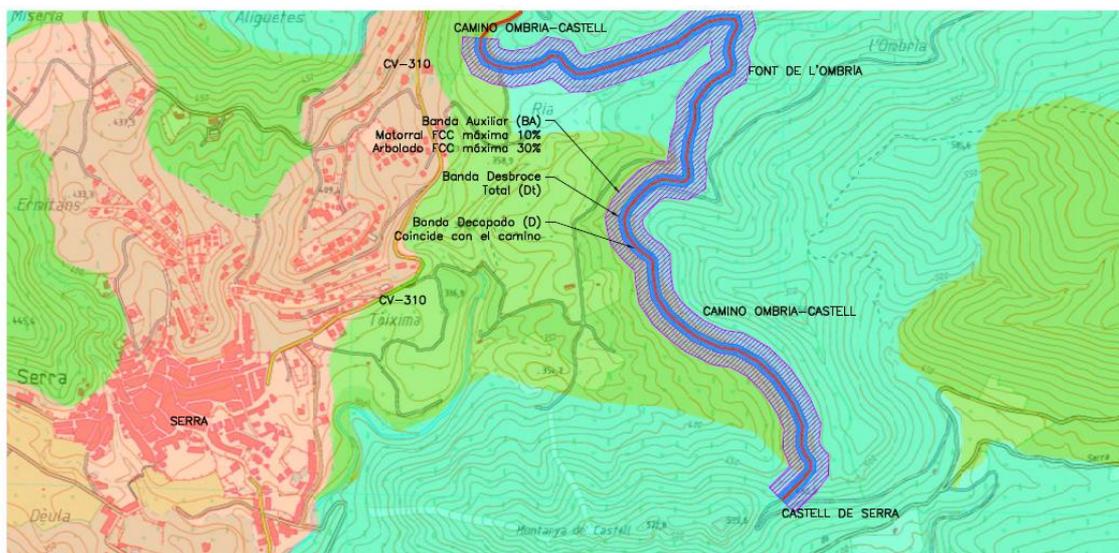


Figura 98 .Área cortafuegos generada propuesta inicial camino Ombria.

Fuente: Elaboración propia.

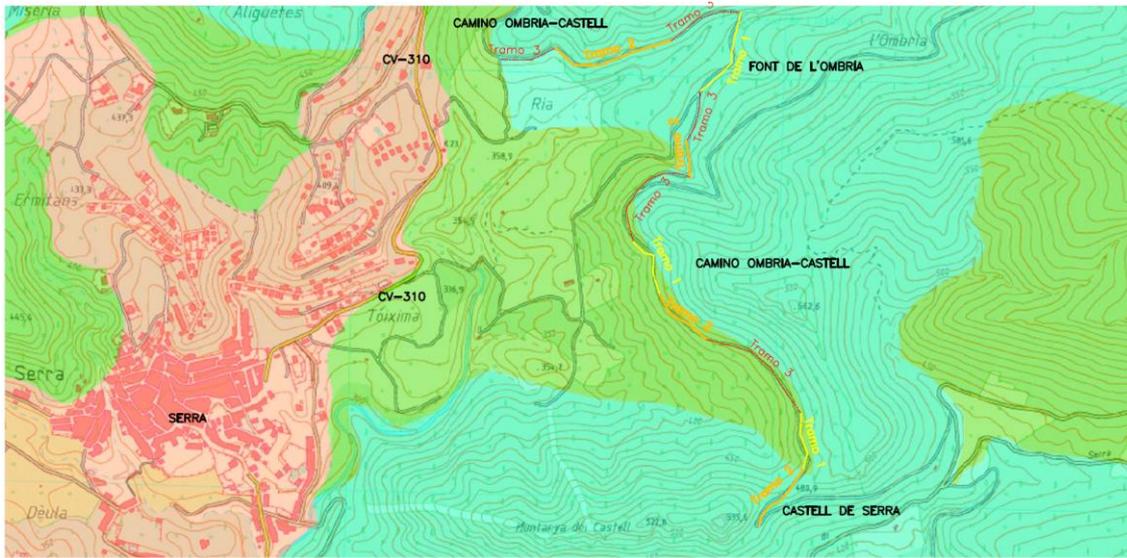


Figura 99 .Área cortafuegos generada por tramos camino Ombria.
Fuente: Elaboración propia.

Faja Auxiliar camino Ombria Castell

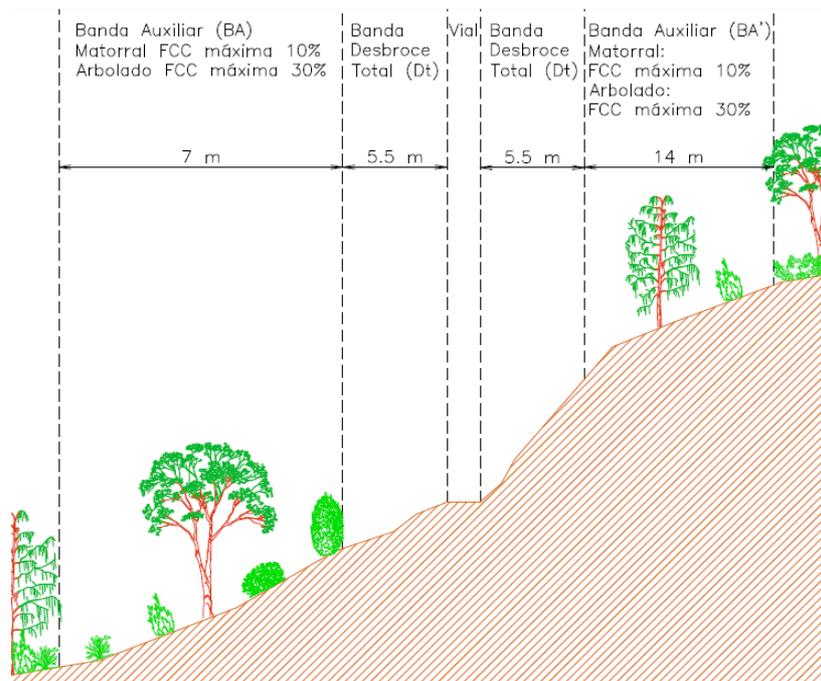


Figura 100 .Detalles del área cortafuegos generada por tramos camino Ombria – tramo 1.
Fuente: Elaboración propia.

Faja Auxiliar camino Ombría Castell

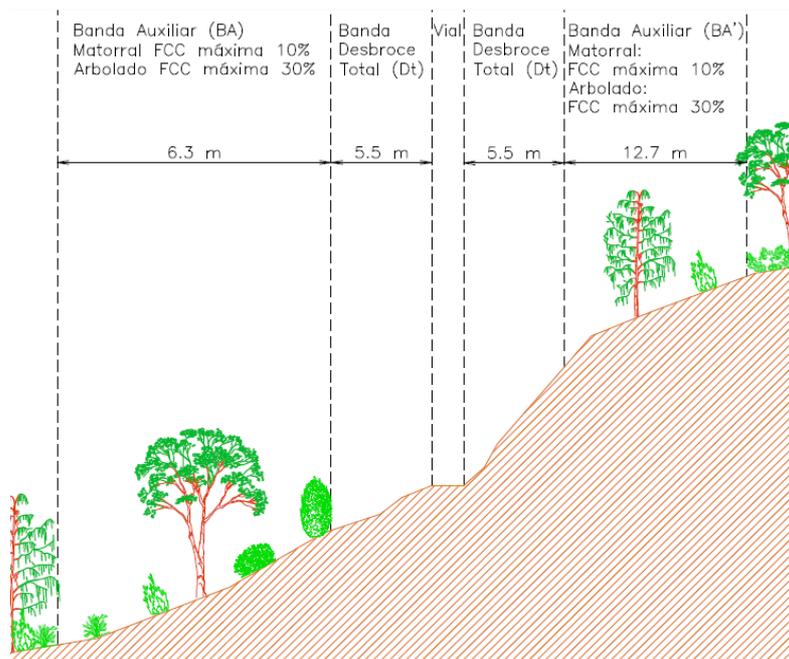


Figura 101 .Detalles del área cortafuegos generada por tramos camino Ombría – tramo 2.

Fuente: Elaboración propia.

Faja Auxiliar camino Ombría Castell

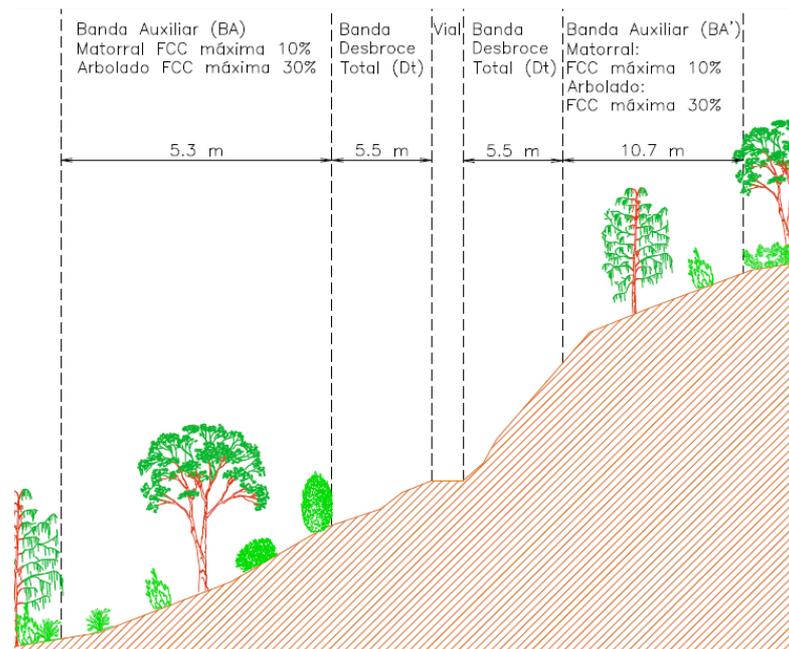


Figura 102 .Detalles del área cortafuegos generada por tramos camino Ombría – tramo 3.

Fuente: Elaboración propia.

El resultado fue la intervención sobre 15 hectáreas para la sectorización de una superficie de 130 hectáreas.



Figura 103. Sectorización del M.U.P. objetivo del área cortafuegos camino Ombría Castell.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 73 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombría Castell.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 74 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombría Castell.
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 75 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombría Castell.
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 76 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombría Castell.
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 77 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombría Castell.
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 78 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombria Castell.
Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 79 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombria Castell.
Fuente: Elaboración propia.

IV.3.2 Propuesta de infraestructuras en 5 años vista

La previsión es que los trabajos forestales a realizar a costa de los costes laborales cubiertos por la venta del combustible generado durante los años 2016 a 2020 permitan la sectorización de 490 hectáreas del M.U.P. nº 105 “Alt del Pi”.

	2019	2020	2021	2022	2023
Superficie de actuación (has)	13,24	10,05	10,18	10,70	7,30
Superficie sectorizada (has)	128	203	203	151	151
Presupuesto total	117.872,21 €	89.445,87 €	90.623,94 €	95.205,32 €	65.011,88 €
Costes de personal	94.617,60 €	78.848,00 €	86.732,80 €	88.309,76 €	70.963,20 €
Cubiertos por proyecto	96.739,20 €	96.739,20 €	96.739,20 €	96.739,20 €	96.739,20 €
Total recursos propios	21.133,01 €	-7.293,33 €	-6.115,26 €	-1.533,88 €	-31.727,32 €
Total aportado proyecto	96.739,20 €	96.739,20 €	96.739,20 €	96.739,20 €	96.739,20 €
Presupuesto total	117.872,21 €	89.445,87 €	90.623,94 €	95.205,32 €	65.011,88 €

Tabla 71. Previsión del coste de ejecución de trabajos forestales para la sectorización del monte de Serra de 2019 a 2023.

Fuente: Elaboración propia.

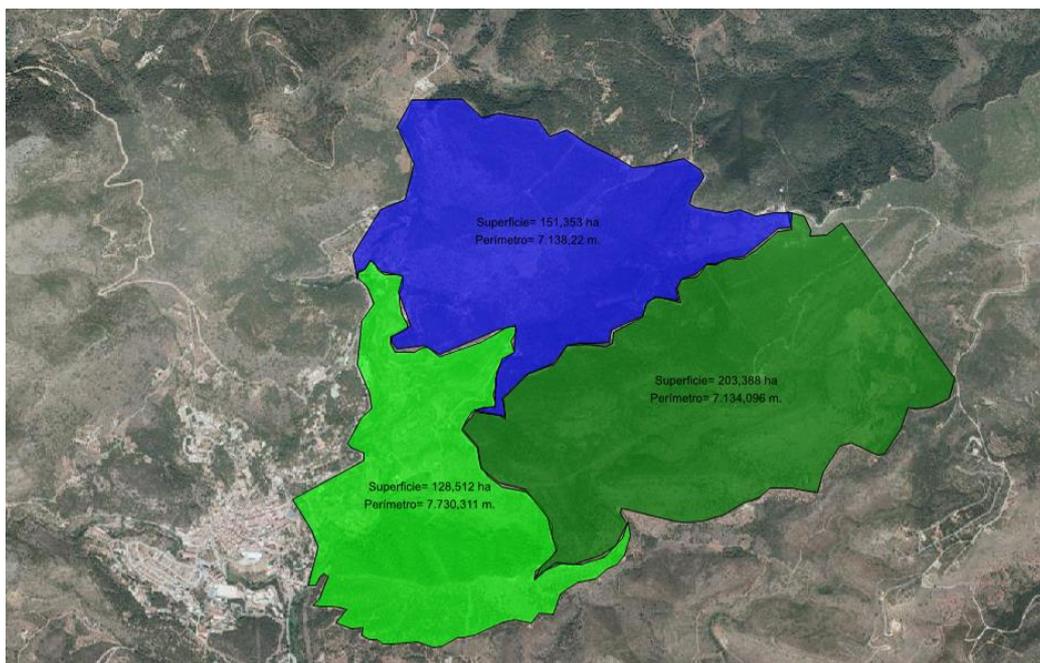


Figura 104. Sectorización del M.U.P. nº 105 años 2019 a 2023

Fuente: Elaboración propia.

La previsión es que los trabajos forestales a realizar a costa de los costes laborales cubiertos por la venta del combustible generado durante los años 2019 a 2023 permitieran la sectorización de 490 hectáreas del M.U.P. nº 105 “Alt del Pi”.

Considerando un precio por hectárea para apertura manual de áreas cortafuegos de 8.900 €, los costes de personal cubiertos por la venta del pélet para la extracción de biomasa del monte serían, en principio, suficientes para cubrir los costes de ejecución de las infraestructuras de protección contra incendios forestales que permiten la sectorización de 128, 203 y 151 hectáreas de monte durante los años 2019 a 2023.

IV.4 Resultados sociales:

IV.4.1 Estudio de viabilidad económica del proyecto:

Considerando el tipo de proyectos y la evolución del mismo, sobre todo en lo relacionado con el método de producción de combustible sólido se realizaron estudios económicos estáticos y dinámicos en función del método de producción manual o semi industrial obteniéndose los resultados siguientes:

IV.4.1.1 Producción manual:

Los costes de producción empleando el método manual o artesanal fueron los siguientes:

Costes de personal:

Personal	Salario	Precio/h	Dedicación	Coste anual
Chofer	1.680,41 €	11,20 €	0,1	2.016,49 €
Peón	1.383,56 €	9,88 €	0,1	1.660,27 €
Oficial peletizado	2.209,59 €	14,73 €	1	26.515,08 €
Peón peletizado	1.007,70 €	8,40 €	1	12.092,40 €
Técnico superior	1.856,45 €	12,38 €	0,2	4.455,48 €
Total personal				46.739,72 €

Tabla 72. Costes anuales de personal de producción manual de pélet.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando una dedicación completa de los trabajadores de planta, tanto peón como oficial y una dedicación parcial del 10% del peón y chofer adscritos al servicio de recogida de residuos, y del 20% del técnico superior director del proyecto los costes de personal ascendían a 46.739,22 € al año.

Costes en gasóleo:

Los costes de en gasóleo vienen derivados del empleo de la trituradora forestal diésel de 60 CV y del transporte del residuo verde a planta, obteniéndose el siguiente montante:

Gas-oil	Coste anual
Camión	669,76 €
Trituradora	1.820,00 €
Total	2.489,76 €

Tabla 73. Costes anuales en gasóleo para la producción manual de pélet.

Fuente: Elaboración propia.

Costes en energía eléctrica:

Los costes en energía eléctrica proceden del empleo de la maquinaria propia de peletizado como es el molino de finos y las peletizadoras manuales adquiridas, para la obtención del coste se ha empleado el consumo de la máquina peletizadora de 15 kW y producción aproximada de 180 kg/h, el precio de la energía eléctrica es la media del precio durante los años de estudio del proyecto y se establece en 0,15 €/kwh.

Energía eléctrica	Producción (kg/h)	Consumo (kW)	funcionamiento semanal (h)	funcionamiento anual (h)	Coste anual
Molino de finos		7,5	10	300	337,50 €
Peletizadora 2	180	15	15	450	1.012,50 €
Consumo energía eléctrica producción manual					1.350,00 €

Tabla 74. Costes anuales en energía eléctrica para la producción manual de pélet.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando un total de horas de funcionamiento semanales de 25 horas entre las dos máquinas teniendo en cuenta que los operarios únicamente eran capaces de operar una máquina a la vez, considerando igualmente las dificultades para la elaboración del pélet derivadas de la falta o exceso de humedad y la heterogeneidad del material, que obligaban en ocasiones a pasar el pélet por la máquina de peletizar hasta dos veces, el coste total anual de energía eléctrica para la producción manual de combustible sólido se estimó en 1.350 €.

Costes de mantenimiento, consumibles y amortización:

A los costes anteriores de operación es necesario añadir los costes de mantenimiento, lo que incluye reparación de maquinaria y piezas de sustitución, además al objeto de hacer el proyecto lo más real posible es necesario incorporar los costes de amortización de la maquinaria independientemente de si esta fue o no subvencionada por ayudas de la administración provincial. Se consideran periodos de amortización de 10 años para la trituradora forestal y de un año para el molino de finos de 7,5 kW y la peletizadora manual de 15 kW. Se añaden igualmente los costes derivados de las analíticas de combustible encargadas al laboratorio INGRES del Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción de la Universitat Jaume I de Castellón. El coste anual obtenido fue de 1.605 €.

Mantenimiento	625,00 €
Analíticas combustible	980,00 €
Amortización	10.769,89 €
Total	12.374,89 €

Tabla 75. Otros costes anuales para la producción manual de pélet.

Fuente: Elaboración propia.

El total de costes de producción manual de pélet por año se obtiene de la suma de las cantidades anteriores y asciende a 62.954,38 €.

Costes	
Personal	46.739,72 €
Gas-oil	2.489,76 €
Energía eléctrica	1.350,00 €
Mantenimiento y certificación	1.605,00 €
Amortización	10.769,89 €
Total Costes	62.954,38 €

Tabla 76. Resumen de costes anuales para la producción manual de pélet.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta una producción máxima anual de 49.000 kg, el coste por unidad de producción de combustible sólido fue el siguiente:

Costes de producción por kg	
Costes de personal	0,954 €
Costes gasóleo	0,051 €
Costes energía eléctrica	0,028 €
Otros costes	0,253 €
Total	1,285 €

Tabla 77. Costes de producción por kg de pélet producido.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que durante los primeros años del proyecto los únicos ingresos venían derivados de los ahorros obtenidos por la no utilización de energía eléctrica en los edificios de la guardería y el ayuntamiento el balance anual fue el siguiente.

Kg producidos	49.000
Coste unitario de producción	1,285 €
Coste anual de producción	62.954,38 €
Ahorro Guardería	2.435,76 €
Ahorro Ayuntamiento	3.243,30 €
Ahorro gestión residuo verde	24.235,40 €
Balance neto anual	33.039,92 €

Tabla 78. Balance neto anual producción manual.

Fuente: Elaboración propia.

El resultado es que el coste de la producción de pélet para su empleo en calderas de biomasa municipales con producción manual asciende a 33.039,92 € al año para las arcas municipales,

en contra partida se sitúan la creación de empleo, la reutilización del residuo verde, la protección del monte y reducción de la emisión de gases de efecto invernadero.

Un estudio económico a 10 años vista manteniendo el sistema de producción manual arroja los siguientes resultados:

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión					
Costes					
Personal	46.739,72 €	47.440,82 €	48.152,43 €	48.874,72 €	49.607,84 €
Gas-oil	2.489,76 €	2.527,11 €	2.565,01 €	2.603,49 €	2.642,54 €
Energía eléctrica	1.350,00 €	1.370,25 €	1.390,80 €	1.411,67 €	1.432,84 €
Mantenimiento y certificación	1.605,00 €	1.629,08 €	1.653,51 €	1.678,31 €	1.703,49 €
Amortización	10.769,89 €	10.769,89 €	10.769,89 €	10.769,89 €	10.769,89 €
Capital pendiente	18.027,90 €	7.258,01 €	- 3.511,89 €	- 14.281,78 €	- 25.051,68 €
Total Costes	62.954,38 €	63.898,69 €	64.857,17 €	65.830,03 €	66.817,48 €
Producción anual (kg)	49.000	49.000	49.000	49.000	49.000
Ahorros	29.914,46 €	30.363,17 €	30.818,62 €	31.280,90 €	31.750,11 €
TOTAL BALANCE	- 33.039,92 €	- 33.535,52 €	- 34.038,55 €	- 34.549,13 €	- 35.067,37 €
	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión					
Costes					
Personal	50.351,96 €	51.107,24 €	51.873,84 €	52.651,95 €	53.441,73 €
Gas-oil	2.682,18 €	2.722,41 €	2.763,25 €	2.804,70 €	2.846,77 €
Energía eléctrica	1.454,33 €	1.476,15 €	1.498,29 €	1.520,76 €	1.543,58 €
Mantenimiento y certificación	1.729,04 €	1.754,98 €	1.781,30 €	1.808,02 €	1.835,14 €
Amortización	10.769,89 €	10.769,89 €	10.769,89 €	10.769,89 €	10.769,89 €
Capital pendiente	35.821,57 €	46.591,46 €	- 57.361,36 €	- 68.131,25 €	- 78.901,14 €
Total Costes	67.819,74 €	68.837,04 €	69.869,60 €	70.917,64 €	71.981,40 €
Producción anual (kg)	49.000	49.000	49.000	49.000	49.000
Ahorros	32.226,36 €	32.709,76 €	33.200,41 €	33.698,41 €	34.203,89 €
TOTAL BALANCE	- 35.593,38 €	- 36.127,28 €	- 36.669,19 €	- 37.219,23 €	- 37.777,52 €

Tabla 79. Proyección del estudio económico a 10 años vista con producción manual de pélet.

Fuente: Elaboración propia.

Es decir que mantener un sistema de producción manual a lo largo de 10 años hubiera generado un déficit económico al ayuntamiento de Serra de más de 353.000 €.

Además de que la producción de combustible era insuficiente para cubrir las necesidades de los edificios municipales es necesario destacar que la producción manual no hubiera podido incorporar un mayor número de trabajadores ni hubiera permitido inversiones que mejoraran el proceso de producción.

IV.4.1.2 Producción semi industrial:

Tal y como se ha expuesto en puntos anteriores el año 2016 supuso un cambio radical en el proceso de producción pues se incorporó una nueva línea de producción semi industria que constituía la base de la planta de pélets y cuya capacidad total de producción es de 800 a 1.000 toneladas de pélet al año, aunque durante la fase de estudio y concretamente el año 2017 la planta únicamente llegó a funcionar a un tercio de su capacidad total de producción. Los costes de producción durante este periodo fueron los siguientes:

Costes de personal:

Personal	Salario	Precio/h	Dedicación	Coste anual
Chofer	1.680,41 €	11,20 €	0,1	2.016,49 €
Peón	1.383,56 €	9,88 €	0,1	1.660,27 €
Oficial peletizado	2.209,59 €	14,73 €	1	26.515,08 €
Peón peletizado	1.007,70 €	8,40 €	1	12.092,40 €
Técnico superior	1.856,45 €	12,38 €	0,2	4.455,48 €
Total personal				46.739,72 €

Tabla 80. Costes anuales de personal de producción industrial de pélet.

Fuente: Elaboración propia.

Los costes de personal son idénticos a los costes con proceso manual, es decir que se ha considerado una dedicación completa de los trabajadores de planta, tanto peón como oficial y una dedicación parcial del 10% del peón y chofer adscritos al servicio de recogida de residuos, y del 20% del técnico superior director del proyecto, por lo que los costes de personal ascendieron a 46.739,22 € al año.

Costes en gasóleo:

Al igual que para los costes de personal, los costes de en gasóleo vienen derivados del empleo de la trituradora forestal diésel de 60 CV y del transporte del residuo verde a planta, obteniéndose el siguiente montante:

Gas-oil	Coste anual
Camión	669,76 €
Trituradora	1.820,00 €
Total	2.489,76 €

Tabla 81. Costes anuales en gasóleo para la producción industrial de pélet.

Fuente: Elaboración propia.

Coste en energía eléctrica:

El coste de energía eléctrica es el empleado en la línea semi industrial de producción de pélet y considerando las horas de funcionamiento semanales y un precio medio de la energía impuestos incluidos de 0,15 kW, el coste obtenido fue el siguiente:

Energía eléctrica	Producción (kg/h)	Consumo (kW)	funcionamiento semanal (h)	funcionamiento anual (h)	Coste anual
Línea peletizado (kg/h)	550	50	24	720	5.400,00 €
Consumo energía eléctrica producción automatizada					5.400,00 €

Tabla 82. Costes anuales en energía eléctrica para la producción industrial de pélet.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando un total de horas de funcionamiento semanales de 24 horas teniendo en cuenta que los operarios municipales únicamente hacen un turno de mañana, el coste total anual de energía eléctrica para la producción automática de combustible sólido se estimó en 5.400 €.

Costes de mantenimiento, consumibles y amortización:

A los costes anteriores de operación es necesario añadir los costes de mantenimiento, lo que incluye reparación de maquinaria y piezas de sustitución, además al objeto de hacer el proyecto lo más real posible es necesario incorporar los costes de amortización de la maquinaria independientemente de si esta fue o no subvencionada por ayudas de la administración provincial. Se consideran periodos de amortización de 10 años para la trituradora forestal y la línea de producción semi industrial de pélets. Se añaden igualmente los costes derivados de las analíticas de combustible encargadas al laboratorio INGRES del Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción de la Universitat Jaume I de Castellón. El coste anual obtenido fue de 1.605 €.

Mantenimiento	1.250,00 €
Analíticas combustible	980,00 €
Amortización	13.365,00 €
Total	15.595,00 €

Tabla 83. Otros costes anuales para la producción industrial de pélet.

Fuente: Elaboración propia.

El total de los costes de producción semi industrial a lo largo del año se obtiene de la suma de los valores anteriores y ascendió a 70.224,48 €.

Costes	
Personal	46.739,72 €
Gas-oil	2.489,76 €
Energía eléctrica	5.400,00 €
Mantenimiento y certificación	2.230,00 €
Amortización	13.365,00 €
Capital pendiente	120.285,00 €
Total Costes	70.224,48 €

Tabla 84. Resumen de costes anuales para la producción industrial de pélet.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta una producción máxima anual de 282.000 kg, el coste por unidad de producción de combustible sólido fue el siguiente:

Costes de producción por kg	
Costes de personal	0,166 €
Costes gasóleo	0,009 €
Costes energía eléctrica	0,019 €
Otros costes	0,055 €
Total	0,249 €

Tabla 85. Costes de producción por kg de pélet producido en modo industrial.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que durante los primeros años del proyecto los únicos ingresos venían derivados de los ahorros obtenidos por la no utilización de energía eléctrica en los edificios de la guardería y el ayuntamiento junto con la gestión de residuo verde, en el caso de la producción industrial es necesario añadir el ahorro obtenido en el colegio público y los ingresos derivados de la venta del combustible sobrante, teniendo en cuenta los 78.000 kg de pélet destinados a consumo propio, el balance anual obtenido fue el siguiente.

Kg producidos	282.000
Coste unitario de producción	0,249 €
Coste anual de producción	70.224,48 €
Ahorro Guardería	2.435,76 €
Ahorro Ayuntamiento	3.243,30 €
Ahorro Colegio	15.491,78 €
Ahorro gestión residuo verde	24.235,40 €
Ingresos por ventas	36.720,00 €
Balance neto anual a favor	11.901,76 €

Tabla 86. Balance neto anual producción industrial.

Fuente: Elaboración propia.

El resultado es que la producción de 282 toneladas de pélet de modo semi industrial para su empleo en calderas de biomasa municipales con producción industrial supone un ahorro de 11.901,76 € al año para las arcas municipales, lo que supone un decremento con respecto a la producción manual de 44.941,68 €, fundamentalmente a causa de los ingresos obtenidos por la venta del combustible y del ahorro en la calefacción del colegio y de gestión del residuo verde.

Un estudio económico a 10 años vista manteniendo el sistema de producción industrial arroja los siguientes resultados:

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
		1,50%	1,50%	1,50%	1,50%
Inversión	- €	- €	- €	2 peón más	- €

Costes					
Personal	46.739,72 €	47.440,82 €	48.152,43 €	61.511,28 €	62.433,95 €
Gas-oil	2.489,76 €	2.527,11 €	2.565,01 €	2.603,49 €	2.642,54 €
Energía eléctrica	5.400,00 €	5.481,00 €	5.563,22 €	5.646,66 €	5.731,36 €
Mantenimiento y certificación	2.230,00 €	2.263,45 €	2.297,40 €	2.331,86 €	2.366,84 €
Amortización	13.365,00 €	13.365,00 €	13.365,00 €	13.365,00 €	13.365,00 €
Capital pendiente	120.285,00 €	106.920,00 €	93.555,00 €	80.190,00 €	66.825,00 €
Total Costes	70.224,48 €	71.077,38 €	71.943,06 €	85.458,29 €	86.539,69 €

Producción total (kg)	282.000	296.100	310.905	388.631	427.494
Producción a venta anual (kg)	204.000	218.100	232.905	310.631	349.494
Precio venta por kg (sin IVA)	0,18 €	0,18 €	0,19 €	0,19 €	0,19 €
Ahorros	45.406,24 €	46.087,33 €	46.778,64 €	47.480,32 €	48.192,53 €

Ingresos por venta (sin IVA)	36.720,00 €	39.846,87 €	43.190,02 €	58.467,67 €	66.769,31 €
-------------------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

TOTAL BENEFICIO NETO	11.901,76 €	14.856,83 €	18.025,60 €	7.853,14 €	15.596,04 €
-----------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-------------------	--------------------

	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%
Inversión		2 peón más		3 peón más	2 peón más

Costes					
Personal	63.370,45 €	77.501,73 €	78.664,25 €	93.387,71 €	212.674,64 €
Gas-oil	2.682,18 €	2.722,41 €	2.763,25 €	2.804,70 €	2.846,77 €
Energía eléctrica	5.817,33 €	5.904,59 €	5.993,16 €	6.083,06 €	6.174,31 €
Mantenimiento y certificación	2.402,34 €	2.438,38 €	2.474,95 €	2.512,08 €	2.549,76 €
Amortización	13.365,00 €	13.365,00 €	13.365,00 €	13.365,00 €	13.365,00 €
Capital pendiente	53.460,00 €	40.095,00 €	26.730,00 €	13.365,00 €	- €
Total Costes	87.637,31 €	101.932,11 €	103.260,62 €	118.152,54 €	237.610,47 €

Producción total (kg)	470.244	587.805	646.585	775.902	931.083
Producción a venta anual (kg)	392.244	509.805	568.585	697.902	853.083
Precio venta por kg (sin IVA)	0,19 €	0,20 €	0,20 €	0,20 €	0,21 €

Ahorros	48.915,42 €	49.649,15 €	50.393,88 €	51.149,79 €	51.917,04 €
Ingresos por venta (sin IVA)	76.060,44 €	100.339,67 €	113.587,46 €	141.512,72 €	175.573,13 €
TOTAL BENEFICIO NETO	24.320,04 €	21.662,21 €	33.930,32 €	20.230,73 €	- 10.120,30 €

Tabla 87. Proyección del estudio económico a 10 años vista con producción industrial de pélet.

Fuente: Elaboración propia.

La proyección de la producción industrial a 10 años de forma que se aumente gradualmente la producción de combustible para su venta hasta alcanzar las 930 toneladas, de las cuales, 850 van directas a venta, y considerando el aumento de la plantilla en once peones más, da un resultado al final del periodo de 10 años de 158.256,36 €, lo que supone una diferencia de 526.296,00 € a favor del ayuntamiento de Serra con respecto a la producción manual.

IV.4.2 Empleos generados:

Tal y como se ha visto en el punto anterior la producción de pélet de forma manual precisa de 5 trabajadores distribuidos de modo que al menos dos sean operarios en la planta de producción a tiempo completo, además de un chófer y un peón a tiempo parcial para la recogida del residuo y por último un técnico superior a tiempo parcial, no obstante el mantenimiento de este tipo de producción en el tiempo es económicamente no viable por su coste aproximado de 61.000 € anuales para el Ayuntamiento. Por lo tanto para el caso de producción de pélet manual el resultado en la generación de empleo es el siguiente:

Producción manual	
Personal	Dedicación
Chofer	10%
Peón	10%
Oficial peletizado	100%
Peón peletizado	100%
Técnico superior	20%
Balance Medio Anual	- 33.039,92 €

Tabla 88. Puestos de trabajo generados en producción manual de pélet y balance medio neto anual para el

Ayuntamiento de Serra.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la producción a nivel semi industrial en una primera etapa con una producción de hasta 388 toneladas año, es preciso aumentar la plantilla en dos peones más, al objeto de establecer un turno más de producción, con lo que los empleos generados son cuatro operarios a tiempo completo además de un chófer y un peón a tiempo parcial para la recogida del residuo y por último un técnico superior a tiempo parcial, sin embargo en este caso al haber introducido la venta del combustible producido el ingreso medio anual para el Ayuntamiento de Serra es de 11.901,76 € frente a las pérdidas de 33.039,92 de la producción manual. El empleo total

generado con el método de producción semi industrial y un máximo de 388 toneladas por año, es de 7 personas de las cuales 4 a tiempo completo y 3 a tiempo parcial y unos ingresos anuales para el Ayuntamiento de Serra cifrados en 11.900 €/año.

Producción industrial hasta 388 ton.	
Personal	Dedicación
Chofer	10%
Peón	10%
Oficial peletizado (3)	100%
Peón peletizado	100%
Técnico superior	20%
Balance Medio Anual	11.901,76 €

Tabla 89. Puestos de trabajo generados en producción industrial de pélet con una producción de hasta 400 toneladas por año y balance medio neto anual para el Ayuntamiento de Serra.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando una tercera fase en la que el aumento en la producción esté cercano a las 600 toneladas anuales, la producción precisa de al menos dos operarios más a tiempo completo con lo que el resultado en generación de empleo queda del siguiente modo:

Producción industrial hasta 600 ton.		
Personal	Número	Dedicación
Chofer	1	10%
Peón	1	10%
Oficial peletizado	1	100%
Peón peletizado	5	100%
Técnico superior	1	20%
Total	9	
	Balance Medio Anual	21.662,21 €

Tabla 90. Puestos de trabajo generados en producción industrial de pélet con una producción de hasta 600 toneladas por año y balance medio neto anual para el Ayuntamiento de Serra.

Fuente: Elaboración propia.

Es decir que el aumento en la producción precisa de dos operario más a efectos de aumentar la carga de trabajo de la línea, generando un total de 9 empleos de los cuales 6 son a tiempo completo, al aumentar la venta del combustible los ingresos medios anuales para el Ayuntamiento de Serra se sitúan en torno a los 21.600 €.

La fase final consiste en Aumentar la producción hasta la capacidad máxima de trabajo de la planta que son 930 toneladas de pélet al año, precisa de 5 operarios más a tiempo completo, al efecto de aumentar la cantidad de biomasa que llega a planta y cuyo origen son las labores forestales de prevención de incendios y así como mantener los turnos de trabajo de la línea de peletizado para llegar la capacidad máxima de producción de la planta, por lo que se ha de

incluir otro oficial de planta y un administrativo/a-comercial a tiempo completo para gestionar el volumen de ventas, con lo que el resultado en generación de empleo sería el siguiente:

Producción industrial hasta 950 ton.		
Personal	Número	Dedicación
Chofer	1	10%
Peón	1	10%
Oficial peletizado	2	100%
Peón peletizado	9	100%
Comercial / admin.	1	
Técnico superior	1	20%
Total	15	
	Balance Medio Anual	-10.120,30 €

Tabla 91. Puestos de trabajo generados en producción industrial de pélet con una producción de hasta 950 toneladas por año y balance medio neto anual para el Ayuntamiento de Serra.

Fuente: Elaboración propia.

Producir 950 toneladas año, y por lo tanto alcanzar la capacidad máxima de producción de la maquinaria, permite el empleo de 15 personas de las cuales 12 son a tiempo completo, con tres turnos de producción y dos personas por turno, más una cuadrilla de tres operarios con un vehículo que se encargan de las labores forestales y que aporta parte de la biomasa. El coste neto anual para el Ayuntamiento de Serra sería de aproximadamente 10.000 €, no obstante el resultado al final del proyecto es de 158.256,36 € a su favor que puede emplear en inversiones de mejora del proceso de producción, en renovación de maquinaria de la planta o en adquisición o renovación de los equipos dedicados a la extracción de biomasa del monte.

IV.4.3 Efectos sobre la sociedad de Serra:

La implantación del proyecto en el municipio de Serra ha tenido como consecuencia el dar a conocer que el empleo de una energía renovable y a mejor precio para la calefacción doméstica es una posibilidad real que además de generar empleo permite la realización de labores forestales que protegen la población en caso de incendiarse el monte.

No obstante estos resultados no fueron inmediatos y durante los primeros años de implantación parte de la población se mostraba reacia a que el edificio que albergaba la guardería y por lo tanto alojaba durante el horario escolar, a los niños más pequeños de Serra, fuera objeto de un cambio que pudiera afectar a su bienestar. Es por ello que se hizo especial hincapié en la seguridad de la instalación y el seguimiento del proceso hubo de ser continuo y preciso, atendiendo de forma inmediata cualquier problema que surgiera en la caldera o en el transporte del combustible desde el silo al quemador.

Este trabajo de seguimiento y anticipación a los problemas tuvo como resultado un cambio de opinión en los padres de los alumnos de la guardería y en las mismas empleadas del edificio que divulgaron las ventajas de la instalación de calefacción por biomasa llegando incluso a instalar sistemas similares en sus viviendas.

Este efecto de divulgación de las ventajas de las instalaciones de calefacción alimentadas por biomasa frente a los sistemas tradicionales se repitió en mayor medida en las instalaciones del edificio consistorial llegando a su zénit en el colegio público Sant Josep. El efecto publicitario fue y la acogida positiva fueron superiores a lo esperado, haciendo que en el municipio de Serra se pasara de 0 calderas domiciliarias a 5 calderas y de 1 estufa se pasara a 12 estufas, datos del año 2017, que con la venta del combustible sólido a precio de coste ha tenido un repercusión notable, por lo que se espera que en los próximos años la tendencia alcista en nuevas instalaciones de biomasa y consumo de pélet local continúe.

Además de todo lo anterior cabe destacar la difusión del proyecto de Serra a nivel nacional e internacional y su reconocimiento de modo que ya se habla de un modelo Serra, siendo ejemplo de aprovechamiento sostenible de un recurso y de bio economía destacado por la Comisión Europea.



Figura 105. Artículo de prensa que destaca la visita del departamento de bio economía de la comisión Europea.

Fuente: Levante – emv, octubre 2017.



Figura 106. Artículo de prensa que destaca la visita del departamento de bio economía de la comisión Europea.

Fuente: Infoturia, octubre 2017.

En definitiva la reutilización energética del residuo verde por parte de la administración local mediante su empleo como combustible en sistemas de calefacción por biomasa, ha generado unas ventajas económicas, de creación de empleo y de protección del entorno natural, que han sido divulgadas por los propios usuarios, conduciendo a un crecimiento en la implantación de estos sistemas y a un mayor empleo del combustible local producido, generando así un verdadero ciclo de economía circular basado en el aprovechamiento energético de lo que antes era considerado un residuo y que además presentaba un problema de gestión.

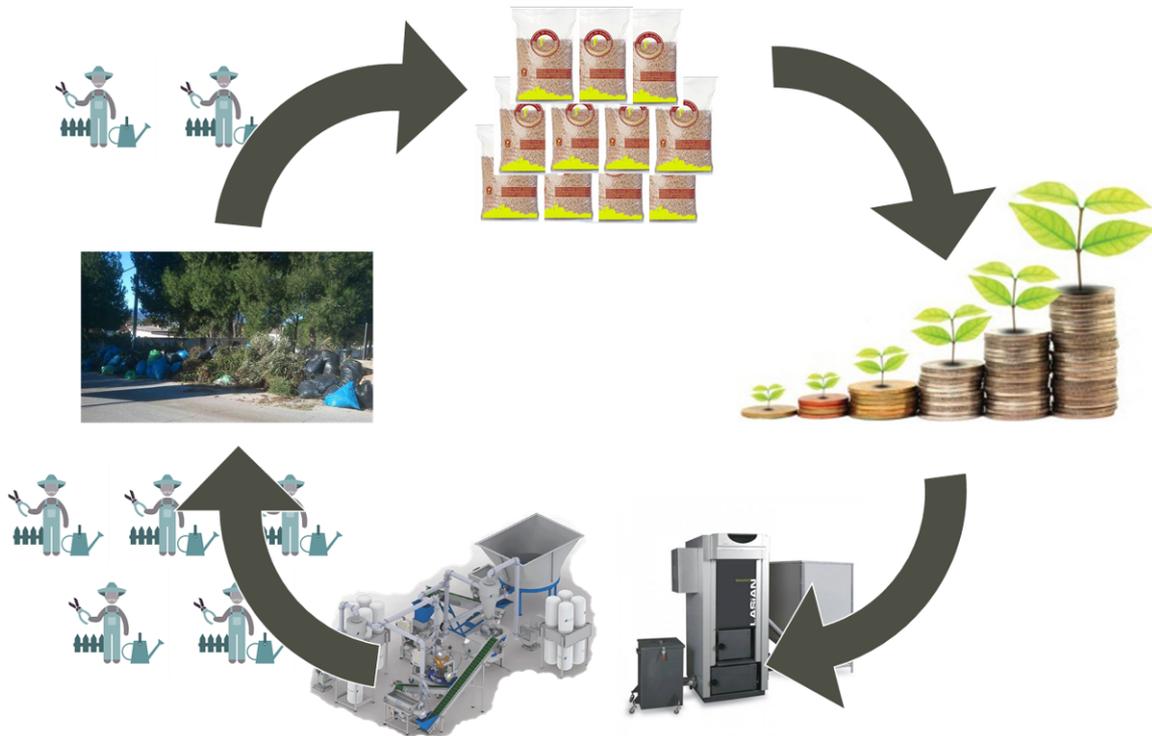


Figura 107. Ciclo de economía circular basado en el aprovechamiento energético del residuo verde para la calefacción de edificios municipales de Serra.

Fuente: Elaboración propia.

El secretari autonòmic de Medi Ambient destaca el model de gestió mediambiental del municipi

El secretari autonòmic de Medi Ambient i Canvi Climàtic, Julià Àlvaro, ha assegurat que la Generalitat Valenciana dona suport al model de gestió mediambiental que es desenvolupa a Serra, "perquè és un vertader exponent d'allò que és la gestió eficaç de la biomassa forestal adaptada a l'àmbit local".

Julià Àlvaro ha visitat el municipi de Serra per a conèixer "in situ" el projecte que l'Ajuntament d'aquesta localitat està desenvolupant, consistent a transformar els residus forestals i de jardineria en combustible per a ser utilitzat com a calefacció en els edificis públics.

Concretament, es tracta d'un sistema d'economia circular que consisteix en la reutilització del residu verd, procedent de la muntanya i de parcs i jardins, per part de l'administració local, que té per objecte la valoració energètica i sostenible de la seua biomassa, la qual cosa permet un important estalvi energètic, a més de la neteja dels boscos i la reducció dels gasos d'efecte hivernacle.

El secretari autonòmic de Medi ambient ha destacat que aquest model de gestió mediambiental "està basat en tres



Visita a les calderes de biomassa de Serra.

teixen en primer lloc, en una eficaç recollida dels residus forestals i agrícoles, en segon lloc en l'estalvi energètic que suposa la utilització de la biomassa com a sistema de calefacció i en tercer lloc, la creació de llocs de treball, que en nombre poden no ser grans però que en pobles d'entre 1.000 i 3.000 habitants

set per cent de la seua població activa".

"Per aqueix motiu, des de la conselleria apostem per projectes com aquests i tractarem d'exportar aquest model de gestió de la biomassa forestal a altres municipis que tinguin característiques similars a les de Serra", ha assenyalat Julià Àlvaro.

Figura 108. Artículo de prensa que destaca la visita del Secretario Autonómico de Medio Ambiente.

Fuente: Infoturia, noviembre 2016.



Figura 109. Artículo de prensa sobre la producción y venta de pélets en el municipio de Serra.

Fuente: Infoturia, abril 2017.



El programa LIFE ayudará a impulsar el proyecto de biomasa

“Estudio de afectación de los recursos hídricos, efectos sobre la prevención de incendios forestales y resistencia climática, debidos al aprovechamiento energético de biomasa a nivel local, para adaptar las cuencas hidrográficas a cambio climático”, es el nombre del proyecto

subvencionado por la **Unión Europea**, a través del **programa LIFE**, cuyo resultado principal es la reproducción de una gestión forestal innovadora que aumente la resistencia forestal frente al cambio climático y produzca bioenergía, brindando así oportunidades económicas a áreas rurales y reduciendo el peligro de incendio.

El pasado mes de noviembre, **la alcaldesa de Serra, Alicia Tusón**, acompañada por el ingeniero municipal Juanjo Mayans, presentaron en **Bruselas** junto a la eurodiputada valenciana, **Inmaculada Rodríguez Piñero**, el proyecto en busca de financiación europea que se ha materializado en 290.000 euros que servirán para dar un impulso material y humano de la planta de biomasa para la producción de **pellets** (<https://www.infotur.com/serra/12764-los-pellets-serra-llegan-al-parlamento-europeo.html>).

Convertir el residuo verde proveniente de la jardinería y de trabajos forestales sostenibles en combustible sólido capaz de dar servicio energético a los edificios municipales, ha situado al ‘modelo Serra’ en un proyecto exportable desde su implantación hace 8 años.

La apuesta local que ha reducido el gasto medio anual en gestión de residuos verdes (25.000 euros), en gasto eléctrico (22.000 euros) y en la reducción total de emisiones de CO2 anuales, calculadas en unas 550 toneladas.

Además de los ahorros económicos, también tiene efectos positivos en términos de protección medioambiental, conservación patrimonial y creación de empleo. Un proyecto de bio economía circular de ciclo completo que ha sido utilizado por la Comisión Europea como ejemplo de buenas prácticas ambientales.

Esta importante ayuda, que prevé una dotación municipal de 288.000 euros para el desarrollo y mejora de la iniciativa medioambiental local, permitirá al proyecto del Ayuntamiento de Serra mejorar el proceso de producción mediante la contratación de operarios, adquirir nueva maquinaria y mejorar la calidad del pellet marca Serra para poder certificarlo bajo los más altos estándares actuales.

En la convocatoria **LIFE 2017**, la Comisión Europea ha recibido 629 propuestas de proyectos medioambientales y de acción por el clima por parte de más de 3.100 organizaciones de los 28 estados de la Unión Europea, entre las que se encuentra el proyecto local del municipio de Serra.

Esta iniciativa conjunta entre Alemania, Portugal y España, de la que forma parte la gestión forestal sostenible del **Ayuntamiento de Serra**, esta siendo coordinada por la Universidad Politécnica de Valencia, con el apoyo del director técnico del proyecto de Serra y ha sido dotada con una cuantía de 2.022.716 euros para repartir entre los proyectos medioambientales que la componen.

Figura 110. Artículo de prensa sobre la concesión del proyecto LIFE al Ayuntamiento de Serra.

Fuente: Infotur, febrero 2018 - <https://www.infotur.com/serra/14490-los-pélets-serra-reciben-290-000-euros-europa.html>

Por último cabe destacar que el Ayuntamiento de Serra fue invitado a la AEBIOM BIOMASS CONFERENCE celebrada en Bruselas en noviembre de 2017 para presentar su proyecto como un ejemplo de aprovechamiento energético del residuo verde y bio economía. Todo lo anterior permitió a Serra participar junto con el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia en la solicitud de un proyecto LIFE que finalmente ha sido concedido y cuyo inicio tendrá lugar a finales del año 2018.

Estos ejemplos han hecho que el municipio de Serra sea conocido no solo por su enclave en pleno parque natural de la Sierra Calderona, sino, también por su proyecto de aprovechamiento energético del residuo verde y su empleo en la calefacción de edificios públicos, haciendo que el vecino de Serra sienta orgullo por la gestión de los recursos naturales y públicos.

Es necesario destacar que todo el proyecto queda englobado dentro de una estrategia de preservación del espacio natural que rodea el municipio de Serra, aumentando el interés turístico y recreativo de la zona, lo que ha derivado en la generación de nuevas oportunidades de empleo ligadas a este sector y sumando un poco más al crecimiento socio económico del municipio.

Capítulo V. Discusión y conclusiones:

Los objetivos de la presente Tesis eran demostrar que una gestión sostenible y eficiente del residuo verde procedente de labores de jardinería, agrícolas y forestales tenía efectos directos económicos en materia de gestión del residuo verde y en consumo energético y que además llevaba asociados efectos colaterales positivos en cuestiones como la protección del entorno natural, la disminución en la emisión de gases de efecto invernadero y la generación de empleo local, y que además el modelo planteado en Serra era extrapolable a otros municipios y áreas de similares características.

V.1 Respecto a los efectos económicos:

En efecto tal y como se ha observado en el capítulo de resultados la substitución de sistemas de calefacción basados en el uso de energías tradicionales, como en este caso la energía eléctrica (guardería y ayuntamiento) y gasóleo (colegio público), tiene ahorros inmediatos en la facturación del suministro de dichas energías tradicionales.

Edificio	Ahorro medio anual
Guardería	2.435,76 €
Ayuntamiento	3.243,30 €
Colegio Público	15.491,78 €

Tabla 92. Ahorros medios anuales en los edificios municipales de Serra.

Fuente: Elaboración propia.

Estos valores permiten tabular los ahorros que se obtienen en función de la superficie del edificio donde se ubique la caldera de biomasa, dependiendo del tipo de energía tradicional que se empleara inicialmente.

Superficie (m2)	Energía eléctrica inicial		
	Uso educativo	Uso oficinas	Uso residencial
	Ahorro obtenido		
300	2.069,29 €	1.510,01 €	2.172,76 €
500	3.196,83 €	2.484,75 €	3.356,68 €
600	3.760,60 €	2.972,12 €	3.948,64 €
700	4.324,37 €	3.459,49 €	4.540,60 €
800	4.888,14 €	3.946,86 €	5.132,56 €
900	5.451,91 €	4.434,23 €	5.724,52 €
1000	6.015,68 €	4.921,60 €	6.316,48 €
1500	8.834,53 €	7.358,45 €	9.276,28 €
2000	11.653,38 €	9.795,30 €	12.236,08 €
2500	14.472,23 €	12.232,15 €	15.195,88 €
3000	17.291,08 €	14.669,00 €	18.155,68 €
3500	20.109,93 €	17.105,85 €	21.115,48 €
4000	22.928,78 €	19.542,70 €	24.075,28 €
4500	25.747,63 €	21.979,55 €	27.035,08 €
5000	28.566,48 €	24.416,40 €	29.994,88 €

Tabla 93. Ahorros medios anuales obtenidos por la substitución de energía eléctrica por biomasa por tipo de edificio.

Fuente: Elaboración propia.

Superficie	Gasóleo inicial		
	Uso educativo	Uso oficinas	Uso residencial
Ahorro obtenido			
300	2.323,77 €	1.742,82 €	2.439,96 €
500	3.872,95 €	2.904,70 €	4.066,60 €
600	4.647,54 €	3.485,64 €	4.879,92 €
700	5.422,13 €	4.066,58 €	5.693,24 €
800	6.196,72 €	4.647,52 €	6.506,56 €
900	6.971,31 €	5.228,46 €	7.319,88 €
1000	7.745,90 €	5.809,40 €	8.133,20 €
1500	11.618,85 €	8.714,10 €	12.199,80 €
2000	15.491,80 €	11.618,80 €	16.266,40 €
2500	19.364,75 €	14.523,50 €	20.333,00 €
3000	23.237,70 €	17.428,20 €	24.399,60 €
3500	27.110,65 €	20.332,90 €	28.466,20 €
4000	30.983,60 €	23.237,60 €	32.532,80 €
4500	34.856,55 €	26.142,30 €	36.599,40 €
5000	38.729,50 €	29.047,00 €	40.666,00 €

Tabla 94. Ahorros medios anuales obtenidos por la sustitución de gasóleo por biomasa por tipo de edificio.

Fuente: Elaboración propia.

Estos ahorros son algo menores de lo esperado y además es necesario tener en cuenta que hay un coste de tratamiento del residuo verde para su conversión a combustible apto para ser empleado en las calderas municipales, y que en función del método empleado para la producción del combustible, para la producción de 49 toneladas de pélet de modo manual y 282 toneladas en modo industrial, se cifra en las siguientes cantidades.

		Producción
TOTAL COSTES Prod. Manual	62.954,38 €	49.000 kg
TOTAL COSTES Prod. Ind.	70.224,48 €	282.000 kg

Tabla 95. Costes anuales de producción del combustible en función del método de producción empleado.

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia del método de producción manual, la producción industrial de pélets permite generar un exceso de combustible que es puesto a la venta y por la que se obtienen unos ingresos que son directamente proporcionales a la cantidad vendida, estos ingresos sumados a la cuenta de resultados hacen el proyecto viable a partir de una producción anual en torno a las 300 toneladas por año, para lo cual es necesario aumentar el número de horas que trabaja la línea mediante la contratación de más personal.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Producción total (kg)	282.000	296.100	310.905	388.631	427.494
Producción a venta anual (kg)	204.000	218.100	232.905	310.631	349.494
Precio venta por kg (sin IVA)	0,18 €	0,18 €	0,19 €	0,19 €	0,19 €
Ahorros	45.406,24 €	46.087,33 €	46.778,64 €	47.480,32 €	48.192,53 €
Ingresos por venta (sin IVA)	36.720,00 €	39.846,87 €	43.190,02 €	58.467,67 €	66.769,31 €
TOTAL BENEFICIO NETO	11.901,76 €	14.856,83 €	18.025,60 €	7.853,14 €	15.596,04 €

	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Producción total (kg)	470.244	587.805	646.585	775.902	931.083
Producción a venta anual (kg)	392.244	509.805	568.585	697.902	853.083
Precio venta por kg (sin IVA)	0,19 €	0,20 €	0,20 €	0,20 €	0,21 €
Ahorros	48.915,42 €	49.649,15 €	50.393,88 €	51.149,79 €	51.917,04 €
Ingresos por venta (sin IVA)	76.060,44 €	100.339,67 €	113.587,46 €	141.512,72 €	175.573,13 €
TOTAL BENEFICIO NETO	24.320,04 €	21.662,21 €	33.930,32 €	20.230,73 €	- 10.120,30 €

Tabla 96. Previsión de ingresos y beneficio neto del proyecto, proyección a 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

Aumentar la producción hasta la capacidad total de la línea tiene como resultado que hace el proyecto económicamente viable, el montante total a favor del Ayuntamiento de Serra al final del proyecto sería de 158.256,36 €, aunque precisa la contratación de al menos 9 operarios más.

Es decir que la producción manual de pélet en pequeñas cantidades no es económicamente viable, con un coste anual de más de 60.000 €, incluso considerando los ahorros económicos obtenidos en los edificios en los que se empleara el combustible producido, el resultado sería de unos 50.000 € de pérdidas anuales, que únicamente tendrían justificación por la creación del empleo y el aprovechamiento del residuo verde, cuyo ahorro para la cantidad de los 49.000 kg necesarios en primera fase se cifró en unos 14.000 €, por lo que el coste final anual para el ayuntamiento de Serra con producción manual de pélet se estimó en unos 33.000 €.

Aumentar la producción de combustible sólido para ponerlo a la venta y generar un ingreso que se sume a los ahorros obtenidos (21.170,84 €) en la sustitución de los sistemas de calefacción tradicionales por sistemas que empleen el pélet como combustible, es en principio más costoso en cuanto a su producción (70.224,48 €), no obstante la venta del exceso de combustible sumados los ahorros obtenidos por la no utilización de energías tradicionales,

junto con el ahorro medio anual en gestión de residuos que se cifró en unos 24.000 € al año, permite unos ingresos anuales para el ayuntamiento de Serra de 11.900 €.

V.2 Respecto a la protección del medio ambiente y los incendios forestales:

Tal y como se ha explicado anteriormente el proyecto es viable económicamente (Mayans *et al.* 2020) siempre que la obtención del combustible sea mediante un proceso de producción semi industrial con una producción mínima de 282 toneladas de pélet al año. Además se han de tener en cuenta los ahorros anuales obtenidos por el uso de un combustible propio generado a partir del residuo verde, 21.170,84 €/año, y es necesario considerar igualmente el ahorro obtenido en la gestión anual del residuo verde y que se ha cifrado en 24.235,40 €/año.

Se entiende como mejora del entorno natural que los resultados económicos del proyecto permitan sufragar, ya sea total o parcialmente, labores de gestión forestal que contribuyan a mejorar el estado de los montes que circundan la población. Estas labores tienen como primer objetivo generar discontinuidades entre la masa forestal más cercana a los núcleos habitados para así generar un espacio de seguridad que en caso de incendio forestal aisle las viviendas del fuego. En lo referente a estas discontinuidades el proyecto ha permitido crear una faja auxiliar en el camino de la Ombría al Castell y también se han llevado a cabo reducciones de la masa forestal en la zona de la Serrá y en el denominado Racó dels Pintors.

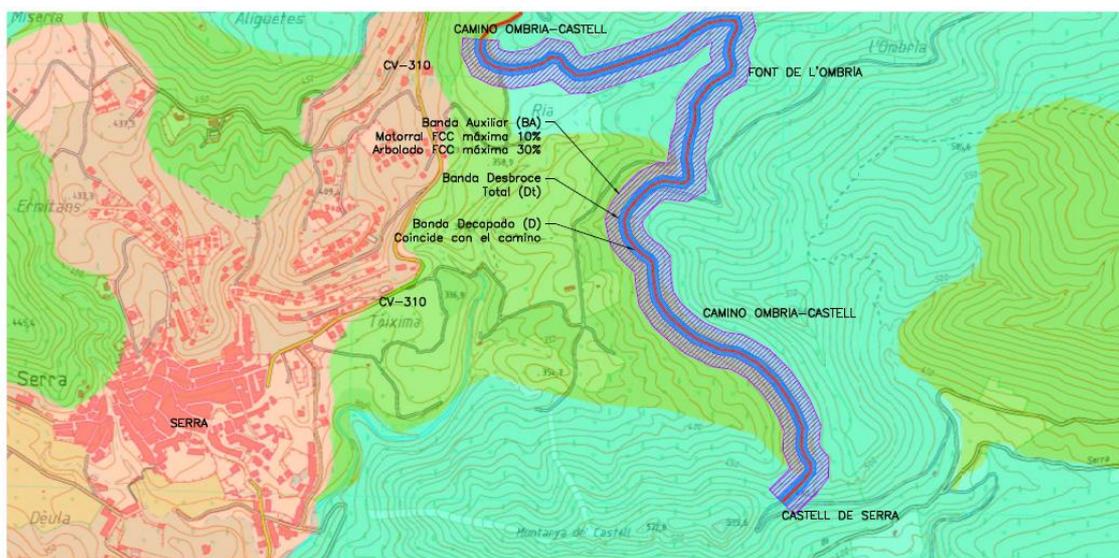


Figura 111. Área cortafuegos generada propuesta inicial camino Ombría.

Fuente: Elaboración propia.

No obstante, es necesario considerar que estos trabajos no han sido soportados en su totalidad por el Ayuntamiento de Serra y o han sido realizados por madereros a cambio de parte de la madera o han sido parcialmente subvencionados por la Diputación de Valencia. Por lo tanto la protección del entorno natural requiere de unas labores de gestión forestal definidas en el

Proyecto de ordenación Forestal de los Montes de Serra aprobado por el Ayuntamiento en 2016. Estos trabajos pueden ser subastados a empresas del sector o realizados por brigadas locales. En principio el proyecto entiende que aquella parte de trabajos que sean más accesibles y requieran de medios simples podrían ser ejecutados por brigadas locales, para que esto pueda ser así es necesario buscar la máxima capacidad de producción de la planta y la comercialización de todo el excedente de combustible producido.

Es necesario añadir que la prohibición de quemas agrícolas en el municipio de Serra ofreciendo a los agricultores una solución de triturado del combustible cuya parte más leñosa se aprovecha en la producción de pélets, ha conseguido reducir de forma drástica el riesgo de incendio debido a negligencias o uso incorrecto del fuego como herramienta agrícola, algo que para tener un verdadero efecto a de reproducirse en el resto del ámbito territorial del parque natural de la Sierra Calderona.

El proyecto por lo tanto ha influido positivamente en la protección de los montes de Serra frente a los incendios forestales y tiene capacidad para continuar las labores de gestión recogidas en el Proyecto de Ordenación Forestal de los Montes de Serra. Para que todo lo anterior tenga viabilidad económica es necesario tender hacia la capacidad máxima de producción de la planta de combustible sólido.

V.3 Respecto a la reducción en la emisión de G.E.I.:

La utilización de un combustible cuyo origen es el residuo verde recogido en labores de jardinería, agrícolas o forestales, tiene como efecto directo el dejar de emplear combustibles de origen fósil como es el gasóleo en el caso del colegio público Sant Josep y que se ha traducido el ahorro en emisiones de CO₂ a la atmósfera de 72.321 kg. Para el caso de los edificios públicos del Ayuntamiento y la guardería se dejaron de consumir 74.624 kwh y 97.209 kwh, respectivamente de potencia eléctrica, y considerando que estos kwh se hubieran producido directamente de fuentes no renovables el ahorro en emisiones de CO₂ a la atmósfera se ha cifrado en un total de 57.295 kg. Por lo tanto el total de emisiones de CO₂ evitado a la atmósfera por consumir un combustible de origen renovable ha sido de 129.616 kg o 61.673 kg/año.

El proyecto considera igualmente el ahorro que se obtiene por emplear el combustible generado en Serra en otras instalaciones de calefacción diferentes de las existentes en los edificios públicos y que se ha cifrado, para una producción de 1.000 toneladas año de pélet en 1.148.000 de kg de CO₂ emitidos anualmente a la atmósfera. Por lo que la cantidad total de CO₂ que se deja de emitir a la atmósfera por el empleo de un combustible verde de origen local y su venta en zonas próximas es de unas 1.200 toneladas al año.

Ha quedado fuera del presente estudio la valoración de la huella de carbono que tiene todo el proceso de producción del combustible local, desde su recogida o producción en el monte hasta su transporte a planta así como las emisiones que se producen durante el proceso de producción y durante la distribución del combustible a localidades cercanas. Estudiar de forma detallada este apartado permitiría obtener un resultado completo sobre la verdadera huella de carbono del proyecto que ante las cifras anteriores ya se prevé positiva para el medio ambiente.

V.4 Respecto a la generación de empleo:

Tal y como se ha visto en apartados anteriores producciones manuales de combustible precisan empleo pero no son económicamente viables. Producciones semi industriales de pequeña capacidad generan empleo y son viables económicamente en función de la cantidad producida y comercializada. La capacidad de generación de empleo para este tipo de instalaciones es de un máximo de 15 personas de las cuales 12 son a tiempo parcial, vinculadas directamente al proyecto. Sin embargo es necesario considerar el empleo indirecto generado en instaladores de sistemas de calefacción, trabajadores del sector forestal ligados a empresas que realicen trabajos forestales en el municipio de Serra, así como otros trabajadores del sector transporte vinculados a la comercialización del combustible sólido a poblaciones cercanas.

En definitiva el proyecto es claramente generador de empleo y reactivador de un sector altamente dañado por la crisis de la construcción y de la madera. La capacidad de generación de empleo es directamente proporcional a la producción. Hay que destacar que, tal y como ha sucedido en otras regiones de España, producciones mayores requieren de mayores costes fijos y estos responden de manera muy negativa a ligeras variaciones del mercado del combustible sólido como son el precio o las cantidades vendidas lastrando estas grandes instalaciones que en varios casos se han visto obligadas a cerrar sus instalaciones, como fue el caso de la planta de biomasa de Ansó en Aragón que precisaba una producción de 10.000 toneladas anuales para su viabilidad económica.

V.5 Respecto a la exportación del proyecto:

El proyecto de Serra es exportable y repetible en otras regiones de similares características geográficas, naturales y socioeconómicas e incluso a regiones claramente diferentes. El proyecto Europeo Grren Gain ya demostró en el año 2018 que proyectos similares como los llevados a cabo en Italia en la región del lago Trasimeno donde se generó un centro logístico de acopio y tratamiento de la biomasa procedente de labores agrícolas o en Alemania en el condado de Friesland, donde se llevaron a cabo experiencias positivas de aprovechamiento energético de la astilla procedente de labores de limpieza de ribazos entre campos de cultivo,

demuestran que iniciativas locales basadas en la generación de un combustible procedente de la biomasa y su uso a nivel local son posibles.

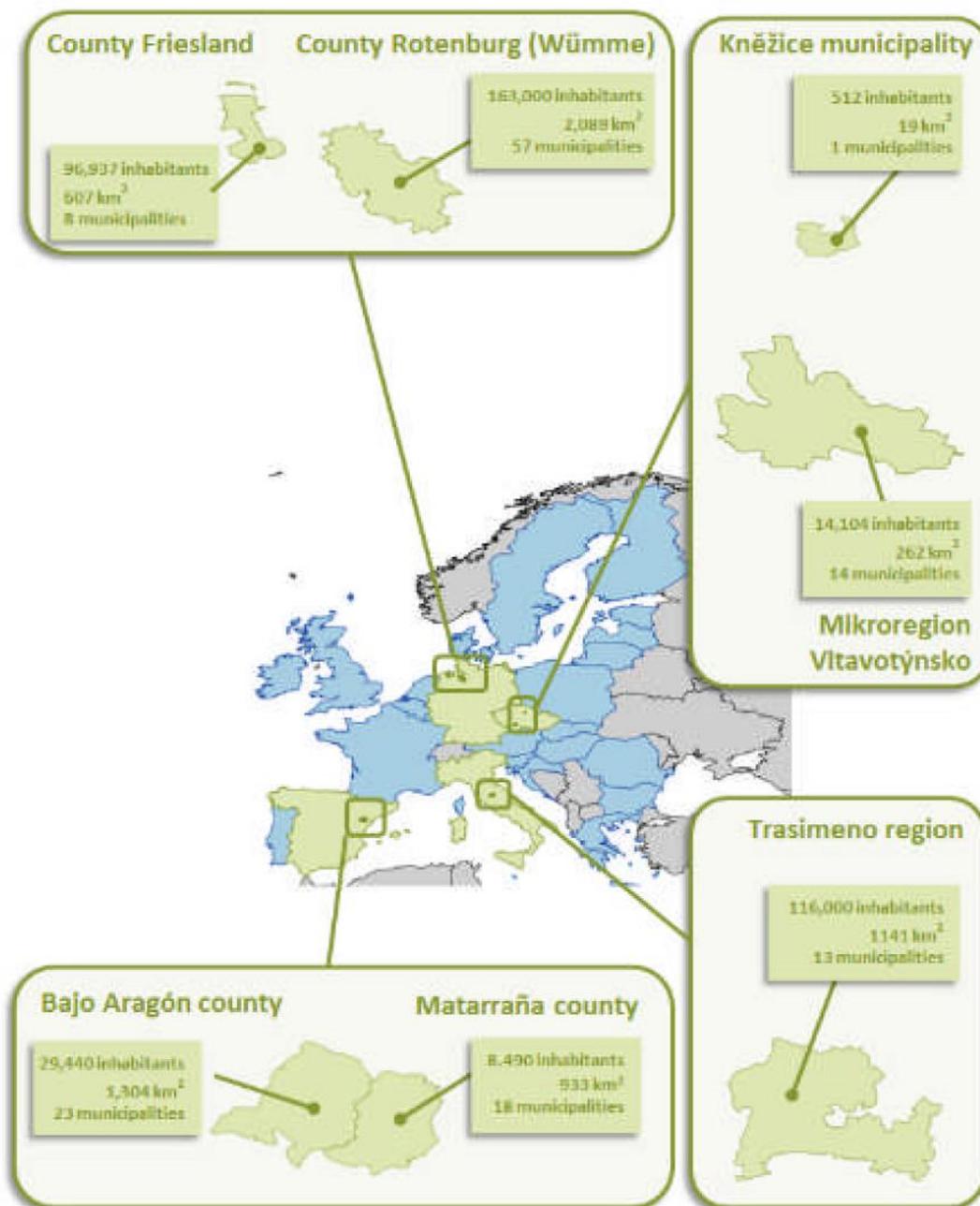


Figura 112. Experiencias piloto llevadas a cabo dentro del proyecto Green Gain.

Fuente: Green Gain Project 2018.

Sin embargo es necesario destacar que así como cada región tiene unas características diferentes en cuanto a condiciones climáticas, orografía, entorno natural y biomasa existente, organización territorial, social y económica, cada proyecto de aprovechamiento energético de la

biomasa debe de ser estudiado en detalle y adaptado al caso de estudio. Así en una región determinada interesará más el aprovechamiento de un tipo de biomasa en función de su origen y condiciones climáticas. Regiones con más superficie forestal, y emplazadas en zonas de riesgo de incendio forestal como es el caso de la región mediterránea obligan a la reconversión energética de la biomasa procedente de labores de prevención de incendios forestales. Regiones más húmedas como pueden ser las del norte de Europa precisan de aprovechamientos energéticos basados en procesos biológicos como la generación de biogás a partir de restos herbáceos de trabajos de desbroce en carreteras y autopistas.

A lo largo del trabajo se ha visto como el proyecto no es únicamente exportable a zonas frías que precisan energía en forma de calefacción si no que aplicaciones que generen energía eléctrica o incluso cogeneración energética para la producción de frío son posibles, aunque tal y como sucede para los proyectos de calefacción han de ser estudiadas con detalle. Cabe destacar la utilización del pélet como combustible doméstico para cocina y pequeña producción de corriente continua que está creciendo de forma importante en regiones en desarrollo de África, Sudamérica e incluso Asia, reduciendo notablemente el riesgo para la salud de las mujeres de estas regiones que supone la inhalación de humos procedentes de labores domésticas.

V.6 Conclusiones:

V.6.1 Conclusiones del caso de estudio:

El proyecto llevado a cabo en el Ayuntamiento de Serra ha permitido ahorros en gestión del residuo verde y en facturación energética de los edificios públicos donde se ha llevado a cabo la implantación o sustitución de calderas por calderas de biomasa que fueran capaces de admitir el combustible sólido generado en la planta municipal. Del mismo modo se ha visto que ha generado cinco puestos de trabajo a tiempo completo y ha evitado la emisión de CO₂ a la atmósfera, al igual que ha permitido que se realizaran trabajos de interrupción de la masa forestal para reducir el riesgo de propagación en caso de incendio forestal.

Sin embargo es necesario destacar una serie de errores y dificultades que aparecieron durante las primeras fases de implantación del proyecto, para evitar que se repitan en caso de replicar el modelo en otras áreas o zonas de características similares.

El combustible generado en principio consistía en una astilla mezcla de varios residuos cuya densidad y poder calorífico eran escasos, haciendo necesaria una criba manual del combustible y provocando problemas de atasco en los tornillos sinfines del silo de combustible al quemador de la caldera, además esto aumentaba la frecuencia de reposición del combustible en el silo. Del mismo modo la falta de consistencia de esta astilla altamente heterogénea en su forma y composición provocó la formación de cúpulas en el interior del silo,

que tras varios intentos fallidos fue solucionado mediante la instalación de un módulo vibrador sincronizado con el tornillo sinfín de transporte del combustible al quemador.

La necesidad del cribado de la astilla y la alta frecuencia de llenado del silo por el bajo poder calorífico de la astilla, tuvieron como consecuencias una demanda de esfuerzos suplementarios por parte de los operarios municipales y baja aceptación del proyecto que era interpretado como una dificultad añadida a su trabajo diario. Estas dificultades hubieron de ser explicadas y corregidas para permitir la continuidad del proyecto, a partir de ese momento dos personas fueron adscritas al servicio exclusivo de producción del combustible sólido y su distribución en los silos de los edificios públicos.

La producción manual de pélet con pequeña maquinaria supuso una serie de riesgos y dificultades que han de ser evitadas en la medida de lo posible. La maquinaria procedente de China presentaba una notable falta de calidad de los materiales y de seguridad, esta baja calidad resultaba en el rápido desgaste de los rodillos y matrices que debieron de ser sustituidos por piezas fabricadas ex profeso por torneros de la zona, lo que conllevó problemas en cuanto a los plazos de fabricación y a la interrupción de la producción del combustible. Es necesario indicar que además de la baja calidad de los materiales existía un problema añadido de falta de seguridad en las máquinas operadas manualmente por los operarios que en diversas ocasiones pusieron en riesgo su condición física.

Respecto a los aciertos cabe destacar la independencia del tipo de combustible de los sistemas de calefacción instalados, así las calderas instaladas, al ser poli combustible, permitieron el empleo de astilla y posteriormente el paso a pélet, cambiando únicamente la dosis de combustible y la frecuencia de alimentación. Los sistemas automáticos de limpieza de cenizas y de los pasos de humos facilitaron en gran medida las labores de mantenimiento que aunque son mínimas deben de realizarse de forma periódica incluyendo una revisión anual al final del periodo de uso o al principio de la puesta en marcha. Por último es necesario destacar la facilidad de manejo de la caldera del colegio gracias a su conexión vía modem por lo que se puede controlar desde cualquier terminal o dispositivo electrónico.

Otro de los aciertos consistió en la inversión en una línea de peletizado semi industrial lo que eliminó por completo las dificultades de la peletización manual y los riesgos vinculados, además aseguró una producción homogénea y de calidad del pélet y permitió el aumento de la producción para cubrir las necesidades municipales. El exceso de combustible que es puesto a la venta ha fomentado el uso de una fuente de energía renovable y ha animado a los vecinos a la sustitución de antiguos sistemas de calefacción por nuevos alimentados por biomasa.

La difusión del proyecto tanto a nivel nacional como internacional ha puesto a Serra como ejemplo de una gestión responsable de un residuo por parte de una administración local y ha hecho que otras administraciones de carácter supra municipal como la Diputación de Valencia o la propia Generalitat Valenciana adopten el proyecto como modelo e incluso tengan como objetivo su réplica en otras áreas de similares características. El reconocimiento internacional del proyecto ha permitido al Ayuntamiento de Serra recibir ayudas Europeas por valor de 290.000 €. En definitiva el proyecto de biomasa ha permitido al municipio de Serra ser un referente en lo que a biomasa y gestión del monte se refiere.

V.6.2 Conclusiones sobre la gestión de la biomasa en la interfaz-urbano forestal y el ámbito supra municipal.

Una gestión adecuada del residuo verde en la interfaz-urbano forestal del municipio de Serra a la que se añaden los restos de la biomasa procedentes de labores de jardinería y la agricultura, de manera que se acumulen y se traten en un punto central del propio municipio para generar un combustible apto para ser empleado en la calefacción de edificios públicos, con una fórmula de gestión pública 100%, tiene como consecuencias directas una serie de ahorros económicos en gestión del residuo verde (24.235,40 €/año) y en facturación energética (21.170,84 €/año), además de generación de empleo local (5 puestos de trabajo).

Estos datos económicos pueden ser extrapolados a nivel supramunicipal como se ha visto en el apartado de resultados económicos, concretamente en la tabla nº 38 en la que se concluye que para aquellos municipios con mayor superficie y mayor número de habitantes y por lo tanto con un coste mayor en gestión de residuos, serían aquellos que obtendrían igualmente un mayor ahorro por el tratamiento del residuo verde con soluciones de aprovechamiento energético similares a las obtenidas en el caso del municipio de Serra. El total ahorro obtenido en gestión de residuos, a nivel supramunicipal y concretamente en el ámbito del Parque Natural de la Sierra Calderona superaría los 230.000 € anuales.

V.6.3 Conclusiones sobre los efectos en la lucha contra el cambio climático.

La utilización de un combustible cuyo origen es el residuo verde recogido en labores de jardinería, agrícolas o forestales, permite dejar de emplear combustibles de origen fósil como es el gasóleo en el caso del colegio público Sant Josep y que se ha traducido el ahorro en emisiones de CO₂ a la atmósfera de 72.321 kg. Para el caso de los edificios públicos del Ayuntamiento y la guardería se dejaron de consumir 74.624 kwh y 97.209 kwh, respectivamente de energía eléctrica, y considerando que estos kwh se hubieran producido directamente de fuentes no renovables el ahorro en emisiones de CO₂ a la atmósfera se ha cifrado en un total de 57.295 kg. Por lo tanto el total de emisiones de CO₂ evitado a la atmósfera por consumir un combustible de origen renovable ha sido de 129.616 kg o 61.673 kg/año.

El proyecto considera igualmente el ahorro que se obtiene por emplear el combustible generado en Serra en otras instalaciones de calefacción diferentes de las existentes en los edificios públicos y que se ha cifrado, para una producción de 1.000 toneladas año de pélet en 1.148.000 de kg de CO₂ emitidos anualmente a la atmósfera. Por lo que la cantidad total de CO₂ que se deja de emitir a la atmósfera por el empleo de un combustible verde de origen local y su venta en zonas próximas es de unas 1.200 toneladas al año, por todo lo anterior es posible concluir que el empleo de un combustible local y renovable contribuye directamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, es necesario recordar aquí que el balance de emisiones del aprovechamiento de la biomasa se considera neutro pues el CO₂ que se emite a la atmósfera durante su combustión es el mismo que emplea la biomasa para su crecimiento, tal y como se explica en el apartado II.1 El concepto de biomasa.

V.6.4 Conclusiones sobre la protección del entorno natural (Red Natura 2000) y prevención de incendios forestales.

Se entiende que el proyecto contribuye a la mejora de un entorno natural que está además incluido dentro de la Red Natura 2000, dado que los resultados económicos del proyecto han permitido sufragar, ya sea total o parcialmente, labores de gestión forestal que han contribuido a mejorar el estado de los montes que circundan la población de Serra. Estas labores han tenido como primer objetivo generar discontinuidades entre la masa forestal más cercana a los núcleos habitados (interfaz urbano-forestal) para así generar un espacio de seguridad que en caso de incendio forestal aislara las viviendas del fuego. En lo referente a estas discontinuidades el proyecto ha permitido crear una faja auxiliar en el camino de la Ombría al Castell y también se han llevado a cabo reducciones de la masa forestal en la zona de la Serrá y en el denominado Racó dels Pintors,

En lo que respecta a la prevención de incendios forestales es necesario destacar la prohibición del uso agrícola como herramienta agrícola en el ámbito municipal de Serra durante 4 años y que la propia Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural hizo suya en la RESOLUCIÓN de 26 de enero de 2018, de la directora general de Prevención de Incendios Forestales, sobre modificación del período de quema para su aplicación en todos los espacios naturales protegidos de la Comunidad Valenciana, para ello ha sido necesario ofrecer un servicio de trituración municipal que además permitiese la incorporación del residuo triturado a la producción de combustible sólido renovable. Por lo tanto es posible concluir que los resultados económicos del proyecto contribuyen a la realización de trabajos forestales de prevención de incendios y que la incorporación del triturado de residuos agrícolas al proyecto permite además reducir el riesgo de incendios relacionados con las quemas agrícolas.

V.6.5 *Conclusiones generales:*

Una gestión adecuada del residuo verde en zonas agroforestales, procedente de labores de jardinería, operaciones agrícolas y trabajos forestales de prevención de incendios, de forma que se transporte y almacene en un único punto donde se trate para generar un combustible que permita ser empleado en la calefacción de edificios públicos, todo ello llevado a cabo por la propia administración. Tiene como consecuencias directas una serie de ahorros económicos en gestión del residuo verde y en facturación energética, además esta gestión del residuo y el empleo de un combustible de carácter renovable tiene otra serie de ventajas como son la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la ejecución de infraestructuras de defensa contra incendios forestales y la generación de empleo.

La escala a la que se lleven los proyectos hace estos más o menos viables económicamente, así proyectos a escala local en áreas agroforestales de menos de 3.000 habitantes, en los que se produzca un combustible sólido para ser empleado en la calefacción, por biomasa, de edificios públicos, son posibles aunque con cierta inversión por parte del consistorio, fundamentalmente costes de personal y amortizaciones de equipos. A los dirigentes políticos les queda evaluar si este gasto se ve compensado por la generación de empleo, por la gestión parcial de sus montes y por apostar por una energía renovable generada y consumida a nivel local.

Proyectos similares en poblaciones agroforestales de más de 3.000 habitantes o de carácter supramunicipal son viables igualmente aunque es necesario adaptar los proyectos al volumen y tipo de biomasa existente para que sean sostenibles y no pierdan su carácter renovable.

En todos los casos, los proyectos de este tipo deberán de abordar dos estudios paralelos, una primera línea se basará en determinar aquellos edificios susceptibles de alojar nuevos equipos de calefacción por biomasa o sustituir sus antiguas instalaciones de calefacción eléctricas o de gasóleo, (en instalaciones de gas natural no es recomendable la sustitución por equipos alimentados por biomasa, ya que el ahorro generado no es significativo). Este primer estudio permitirá obtener la potencia total necesaria para calefacción de los edificios elegidos, ya sea en una sola etapa o en varias fases. Con la potencia total anual necesaria se tendrá una aproximación de la cantidad de biomasa necesaria para alimentar las instalaciones de calefacción en función del combustible sólido empleado. Por lo que una segunda línea de estudio sobre el tipo y la cantidad de biomasa existente a escala local permitirá definir el tipo de combustible a emplear ya sea astilla, pélet u otros como la cáscara de almendra o el hueso de oliva, y el proceso de transformación que ha de sufrir el residuo para convertirlo en un combustible apto para ser empleado en la calefacción por biomasa de los edificios públicos.

Conocer el tipo de biomasa existente y disponible para ser empleada como combustible, tras el correspondiente proceso de transformación, es primordial pues determinará el límite a partir del cual el proyecto pierde su carácter renovable y es por lo tanto medioambientalmente inviable. Aunque como se ha visto a lo largo de la presente Tesis si se consideran las tres fuentes fundamentales de residuo verde (jardinería, agrícola y forestal) las existencias de biomasa en zonas agroforestales sobrepasan con creces el volumen anual necesario para la generación de combustible. De hecho lo general es que exista un excedente que permita generar mayor combustible y así ponerlo a disposición de los habitantes o municipios cercanos, generando así un ciclo de economía circular.

En efecto, el aprovechamiento energético del residuo verde permite obtener una serie de ahorros económicos que ayudan a soportar los gastos de personal que suponen la transformación del residuo verde en combustible. Mayores cantidades empleadas del combustible sólido para calefacción, ya sea por aumentar el número de instalaciones públicas o por la implicación de la población local, permite a su vez la generación de más empleo y en última instancia, para proyectos de mayor envergadura, la reactivación del sector forestal. Todo lo anterior generado a partir del aprovechamiento energético de un residuo que anteriormente iba directamente a la planta de tratamiento de residuos, que era dejado sobre el terreno, para el caso del residuo forestal o que era quemado en el campo para el residuo agrícola con el consistente riesgo de incendio que se produce.

A este respecto cabe destacar la propuesta del Ayuntamiento de Serra y que posteriormente fue adoptada por la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural de la Generalitat Valenciana, sobre la prohibición permanente del uso del fuego como herramienta agrícola en zonas protegidas como el parque natural de la Sierra Calderona. Sin embargo esta medida restrictiva debía de venir acompañada de una solución a los agricultores de montaña o de zonas protegidas que ya de por sí ven en el parque natural una dificultad añadida a su actividad. Esta solución consiste en poner a su disposición un servicio de triturado del residuo agrícola de modo que aquel residuo más húmedo quede en el terreno para formar parte de la cadena de nutrientes del suelo y el residuo más leñoso sea transportado a planta para su incorporación a la fabricación del combustible sólido. Diferentes alternativas para la gestión del residuo agrícola para su empleo como bio combustible han sido estudiadas a nivel nacional e internacional por el proyecto Sucellog (IEE/13/638/SI2.675535). En cualquier caso resulta obvio que si en la región mediterránea cerca del 78% de los incendios tienen causas humanas ya sea por intención (31.41%) o por negligencia (46,14%), la eliminación del uso del fuego en agricultura reduce drásticamente el porcentaje de riesgo de incendio por negligencias relacionadas con la actividad agrícola.

Por último ya se ha visto que el tamaño de los proyectos, siempre limitados por la cantidad de biomasa disponible y el carácter renovable de los mismos, determina en última instancia que el proyecto sea económicamente viable y genere mayor o menor empleo. En principio y falta de estudios detallados y adaptados a la zona donde se pretendan implantar, serán viables proyectos de tamaño mediano con producciones de combustible a partir de las 500 toneladas año e inferiores a las 2.500 toneladas año y empleado a escala local con distancias de transporte máximas de 50 km desde la planta de producción de combustible, ya que distancias mayores hacen que la huella de carbono y el transporte reduzcan e incluso eliminen el carácter renovable de los proyectos.

V.7 Discusión final:

Proyectos de gestión de biomasa llevados a cabo por parte de la administración pública, para su reconversión a combustible sólido establecidos a nivel supra municipal, aprovechan un residuo verde, reducen la dependencia de combustibles no renovables y reducen las emisiones de CO₂ derivadas del uso de combustibles de origen fósil. Se puede decir por lo tanto que son viables desde el punto de vista medio ambiental. Desde el punto de vista económico los proyectos son viables en función de los ahorros generados y por lo tanto del residuo verde tratado y del combustible producido.

Proyectos similares de gestión de biomasa llevados a cabo desde la empresa privada pueden conducir a resultados similares sin embargo su exclusiva dependencia de resultados económicos puede hacerlos fracasar, al quedar estrechamente relacionada la viabilidad económica a la venta del combustible generado. Cabe destacar además, que las empresas privadas se encontraran, con toda seguridad, con dificultados burocráticas añadidas a la hora de gestionar el residuo verde, de implantar instalaciones o de explotar superficies forestales. No obstante experiencias como la llevada a cabo en la comarca del Bajo Aragón – Matarraña por parte del OMEZYMA (Organización para el desarrollo de las regiones de Mezquín, Matarraña y Bajo Aragón en España), demuestran que adecuadamente gestionadas este tipo de iniciativas son posibles.

Según la ley 7/1985 de 2 de abril Reguladora de las Bases de Régimen Local, última modificación de 4 de agosto de 2018, los ayuntamientos tienen como competencia propia el medio ambiente y en particular la gestión de los residuos y la protección atmosférica en zonas urbanas, los ayuntamientos son igualmente competentes en prevención y extinción de incendios y además forma parte de la gestión municipal la evaluación e información de situaciones de necesidad social y la atención inmediata a personas en situación de riesgo de exclusión social. Es decir, que además de las competencias propias en medio ambiente y prevención y extinción de incendios los ayuntamientos, que en definitiva es la administración pública más cercana a los ciudadanos, tienen una responsabilidad social.

Por lo tanto el impulso de este tipo de proyectos por parte de los ayuntamientos o las diputaciones, no solo es recomendable si no que entra de lleno en sus competencias, el elegir el modelo de proyecto ya sea a nivel local o supramunicipal y su dimensionamiento, queda en manos de los órganos de gobierno tras la pertinente recomendación técnica. El que un proyecto llevado a cabo por una administración o un conjunto de ellas tenga cierto coste para las arcas públicas puede no ser un factor condicionante para la viabilidad del proyecto pues, como se ha visto a lo largo del documento, surgen otra serie de ventajas medio ambientales y sociales que contribuyen a la viabilidad y sostenibilidad del proyecto, y únicamente la administración pública es realmente competente y responsable en estas materias. Es por ello que se concluye que proyectos de este tipo son viables y recomendables, y que además deben estar liderados por la administración pública, que ha de servir como ejemplo e impulso en la aplicación de buenas prácticas en la gestión de residuos y en el empleo de energías renovables generadas a nivel local, contribuyendo así a la protección del medio ambiente y la creación de empleo local.

V.8 Futuras líneas de investigación:

Queda abierto a futuras líneas de investigación el calcular con detalle la posible huella de carbono, ya sea positiva o negativa de los proyectos de gestión de residuos para su conversión a combustible sólido empleado en la calefacción de edificios públicos. Es decir que puede resultar de interés confrontar el ahorro en emisiones de CO₂ derivado de la implementación de este tipo de proyectos, con la generación de emisiones de CO₂ en labores de jardinería, agrícolas o forestales, procesos de tratamiento del residuo y producción de combustible y operaciones de transporte ya sean de aporte de biomasa a la planta o de distribución del combustible generado, esto ayudaría a conocer con exactitud cuál es el impacto real en emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera de este tipo de proyectos.

Del mismo modo puede resultar interesante, dentro del modelo de gestión de residuos implantado en la Comunidad Valenciana, el estudiar si conviene, implantar en las plantas de tratamiento del residuo sólido urbano, líneas específicas de producción de combustible sólido, a partir del residuo verde, que pueda ser aprovechado en el propio proceso de tratamiento del residuo, reduciendo la dependencia energética externa y contribuyendo a mejorar la eficiencia del proceso ayudando así a la reducción de la tasa de tratamiento del residuo que se aplica actualmente.

Como línea de investigación futura es necesario destacar la viabilidad económica y medio ambiental de la producción eléctrica por biomasa en zonas rurales y forestales, con problemas de despoblación y donde las necesidades en energía térmica no son demasiado elevadas, además de que la distancia de estas zonas a otras zonas potenciales consumidoras de

combustible sólido hacen que proyectos como el de Serra no sean recomendables. Cabría estudiar si en estas zonas, proyectos de instalaciones térmicas de generación eléctrica a partir de residuos agrícolas y forestales que suministren energía eléctrica renovable a las poblaciones cercanas y reactivasen un empleo verde ligado a esta actividad, son viables y pueden o no constituir un verdadero motor de desarrollo rural.

Capítulo VI. Referencias:**VI.1 Bibliografía y referencias:**

AENOR. (2007). Norma Española Experimental UNE-CEN/TS 14961. Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Madrid.

AENOR. (2014). Norma Española UNE-EN ISO 17225-2:2014. Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 2: Clases de pélets de madera. Madrid.

Asociación Española para la Valorización Energética de la Biomasa AVEBIOM (2018) ¿Cómo funciona una red de calefacción con biomasa?

<https://www.expobiomasa.com/es/content/como-funciona-una-red-de-calefaccion-con-biomasa>

Asociación Española para la Valorización Energética de la Biomasa AVEBIOM (2018) ¿Cómo funciona una caldera de biomasa?

<https://www.expobiomasa.com/es/content/como-funciona-una-caldera-de-biomasa>

Atencia M.E. (2003). Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Densidad de maderas (Kg/m³) ordenadas por nombre comun. Nombre vulgar Nombre científico Madera verde Madera seca. Argentina, pp.8.

Berlanga C., Fernández J. (2006). Revista de Metalurgia. 42 (4). Revisión sobre la corrosión de tubos sobrecalentadores en plantas de biomasa. Madrid, pp. 299-317.

Caballero D. (2017). Particularidades del incendio forestal en el interfaz urbano. Caso de estudio en la Comunidad de Madrid. Madrid, p.1.

Cabrera M., Vera A., Cornejo J.M., Ordás I., Tolosana E., Ambrosio Y., Martínez I., Vignote S., Hotait N., Lafarga A., Garraza J.A. (2011). Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE. Evaluación del potencial de energía de la biomasa. Madrid, p. 167.

Calama R., Finat L., Gordo F.J., Bachiller A., Ruiz-Peinado R., Montero G. (2014). Estudio comparativo de la producción de madera y piña en masas regulares e irregulares de pinus pinea en la provincia de Valladolid. Madrid, pp. 4-8.

Canales P. (2015). Termografía infrarroja aplicada a la detección de incendios en la interfaz urbano-forestal y su optimización mediante redes neuronales artificiales. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Valencia.

Castellnou M. (2017). Ecoavant.com. "El fuego ayudará a los bosques a adaptarse al cambio climático".

<http://www.ecoavant.com/es/notices/2017/10/marc-castellnou-el-fuego-ayudara-a-los-bosques-a-adaptarse-al-cambio-climatico-3475.php>

Cátedra de Cultivos Industriales. Universidad de Buenos Aires. Galería de especies de Uso industrial. Colza. https://www.agro.uba.ar/catedras/cul_indus/galeria/colza.

Consejería de agricultura, desarrollo rural, medio ambiente y energía. (2014). Decreto 260/2014, de 2 de diciembre, por el que se regula la Prevención de los Incendios Forestales en la Comunidad Autónoma de Extremadura. Mérida. DOE nº 236, p 37005.

Conselleria de Governació i Justícia. (2007). Generalitat Valenciana. Guía para la planificación de la interfaz-urbano forestal. Valencia.

Conselleria de Governació i Justícia. (2014). Generalitat Valenciana. Guía Metodológica de Actuaciones de Prevención, Defensa y Autoprotección en la Interfaz Urbano-Forestal. Valencia, p. 7.

Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. (2013). Decreto 58/2013, de 3 de mayo, del Consell, por el que se aprueba el Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana. Valencia, DOGV nº 7019, p. 12885.

Cubo M., Enriquez E., Gallar J., Jemes V., López M., Mateo M., Muñoz A., Parra P. (2012). Área de defensa contra incendios forestales. Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente. Los incendios forestales en España. Decenio 2001-2010. Madrid, pp. 11, 67.

Dalmau F. (2017). Samaruc Digital. Incendios forestales de sexta generación. <http://www.samarucdigital.com/es/article/incendis-forestals-de-sisena-generacio>

Dalmau F., Caballero D., Ballesteros G., Gorgonio E., Gillem R., Pérez R., Polyakova O., Quinto F. (2016). Informe técnico. Análisis de la efectividad del sistema sideinfo® como apoyo a las operaciones de defensa y extinción en el Incendio de Carcaixent a su llegada a la urbanización de santa marina el 16/06/2016. Carcaixent, Valencia, pp. 102.

Deb U., Bhuyan N., Bhattacharya S., and Kataki R. (2019). Agro-residues and weed biomass as a source bioenergy: Implications for sustainable management and valorization of low-value biowastes, International Journal of Renewable Energy Development, 8(3), 243-251.

Delgado R. (2016), Levante emv 12 julio 2016. El canvi de paradigma forestal i la societat urbana, Valencia, p. 6.

Diez L.E. (2006). Seminario sobre tecnologías energéticas para biomasa y residuos. Aspectos críticos del diseño básico de calderas de combustión de biomasa en parrilla. Madrid, 27-28 junio.

El Mundo (2012). Europa Press 7 jul. 2012. Las zonas quemadas en Valencia pueden tardar más de 100 años en recuperarse.Valencia.

<https://www.elmundo.es/elmundo/2012/07/07/valencia/1341673038.html>

Eliás X. (2012). Diaz de Santos (ed.). Energía, Medioambiente, tratamiento de residuos. Tratamiento y valorización energética de residuos. Los residuos como combustibles. Madrid, cap. 2, pp. 117-118.

Eliás X. (2012). Diaz de Santos (ed.). Energía, Medioambiente, tratamiento de residuos. Tratamiento y valorización energética de residuos. Los residuos como combustibles. Madrid, pp. 131-138.

Eliás X. (2012). Diaz de Santos (ed.). Energía, Medioambiente, tratamiento de residuos. Tratamiento y valorización energética de residuos. Los residuos como combustibles. Madrid, p. 102.

Energiacastillayleon (2017). La red de calor de Soria prevé alcanzar los 16.000 clientes. <https://energiacastillayleon.com/2017/10/23/la-red-de-calor-de-soria-preve-alcanzar-los-16-000-clientes/>

Escrig A., Oliver J.V. (2016). Conclusiones, II Congreso Forestal de la Comunitat Valenciana. Gestión, conservación y puesta en valor de los servicios ambientales del monte mediterráneo, Comunicaciones, Valencia, p. 227.

European Biomass Association AEBIOM. (2016). Aebiom Statistical Report. European bioenergy Outlook. Key Findings. Bruselas, pp. 15-16.

Freire E., Cabrara M., Blanco J. (2014). Evaluación de la biomasa energéticamente aprovechable en Galicia procedente de los residuos forestales. Metodología para la cuantificación de estos recursos. Madrid, pp. 1-4.

Gardbro G. (2014). Techno-economic modeling of the supply chain for torrefied biomass. Umeå University. Suecia.

Generalitat Valenciana. (2001). Decreto 77/2001, de 2 de abril, del Consell, por el que se aprobó el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de la Sierra Calderona. Texto íntegro. Valencia, Tomos I a IV.

GENERALITAT VALENCIANA. (2013), DECRETO 58/2013, de 3 de mayo, del Consell, por el que se aprueba el Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana. Documento Informativo o de diagnosis, Valencia.

Giorio Ch., Pizzini S., Marchiori E., Piazza R., Grigolato S., Zanetti m., Cavalli R., Simoncin M., Soldà L., Badocco D., Tappararo A. (2019). Sustainability of using vineyard pruning residues as an energy source: Combustion performances and environmental impact, Fuel, 243, 371-380.

González-González B., Sixto H., Alberdi I., Esteban L., Guerrero S., Pasalodos M., Vázquez A., Cañellas I. (2017). Estimation of shrub biomass availability along two geographical transects in the Iberian Peninsula for energy purposes. Revista Biomass and Bioenergy, nº 105, Octubre de 2017 pp 211-218.

Grassi G., Bridgewater T. (1992). T. Biomass for energy and environment, agriculture and industry in Europe. A strategy for the future. C.E.C. Bruselas-Luxemburgo, p. 9.

Heizomat (2015). Presentamos nuestra caldera RHK AK.

<http://www.heizomat.es/blog/presentamos-nuestra-caldera-rhk-ak/>

<http://www.avebiom.org/es/que-hacemos/List/listing/sello-de-calidad-en-plus-107/1>

<https://www.hargassner.es/2016/07/11/generacion-de-electricidad-y-calor-con-biomasa/>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE. (2007). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Energía de la biomasa. Madrid, cap. 1, p. 5.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE. (2009). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios. Madrid.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE. (2007). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (ed.). Biomasa cultivos energéticos. Madrid, cap. 1, p. 6.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE. (2007). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (ed.). Biomasa cultivos energéticos. Madrid, cap. 4, pp. 34-38.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE. (2011). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Plan de Energías Renovables 2011-2020. Madrid.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE. (2008). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Biomasa: Producción eléctrica y cogeneración. Madrid, cap 2, p. 7.

Jekayinfa, S.O., Orisaleye, J.I., Pecenka, R. (2020). An Assessment of Potential Resources for Biomass Energy in Nigeria. Resources, 9, 92.

Kummamuru, B. (2018). Bioenergy Europe. Executive Director World Bioenergy Association. Bioenergy Europe Statistical Report 2018. Full Report. Bruselas, p. 40.

Lapinskas R. (2016). President World Bioenergy Association. Expert Reviews. Aebiom Statistical Report. European bioenergy Outlook. Key Findings. Bruselas, p. 16.

López Díaz M.L., Rolo V., Moreno G. (2013). Matorralización de la dehesa: implicaciones en la productividad total del sistema. 6º Congreso forestal Español, montes: Servicios y desarrollo rural. Vitoria Gasteiz. Ponencia Grupo de Investigación Forestal, Universidad de Extremadura 13 de junio 2013.

Martinez-Abraín, A. (2016), Drosophilia Ediciones S.L. (ed.). Quercus nº 365, ¿Tienes Fuego? Madrid, p. 7.

Mayans, J.J., Torrent-Bravo, J.A., and López L., (2021) Energy use of Mediterranean forest biomass in sustainable public heating systems and its effects on climate change – case of study. Int. Journal of Renewable Energy Development, 10(2), 299-328.

Menendez Pérez E. (2004). Fundación Alternativas (ed.). Propuestas de investigación y desarrollo tecnológico en energías renovables. Documento de trabajo 49/2004. Madrid.

Míguez Gómez C.D. (2013). Universidad Complutense de Madrid. La eficiencia energética en el uso de la biomasa para la generación de energía eléctrica: optimización energética y exergética. Madrid, p. 105.

Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente. (2016). Informe sobre los avances conseguidos en la ejecución de las acciones del sector del uso de la tierra, del cambio de uso de la tierra y de la silvicultura de España. Madrid, p. 8.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2019). Dirección General de Desarrollo Rural, Innovación y Política Forestal. Los Incendios forestales en España Decenio 2006-2015, Madrid, p 18.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2014). Área de defensa contra incendios forestales. Incendios forestales en España año 2012. Madrid.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2015). Los Incendios Forestales en España. Avance Informativo 1 enero a 31 diciembre 2014. Madrid.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2015). Área de defensa contra incendios forestales. Incendios forestales en España año 2013. Madrid.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2016). Los Incendios Forestales en España. Avance Informativo 1 enero a 31 diciembre 2015. Madrid.

Ministerio de Medio ambiente. Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad. Área de Defensa contra incendios forestales. (2006). Los incendios forestales en España. Decenio 1996-2005. Madrid, p.30.

Ministerio del Interior. (2013). Real Decreto 893/2013, de 15 de noviembre, por el que se aprueba la Directriz básica de planificación de protección civil de emergencia por incendios forestales. Madrid, BOE nº 293, Sec. I. Pág. 97622-97623.

Molina D. (2004). Universidad de Lleida. Fuego Prescrito. Lleida, pp 7-26.
http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/curso_fuego/38-Molina_Velez_2000_actualizado.pdf

Norma ÖNORM M 7133: 1993 04 01 para astillas de madera. "*Holzhackgut für energetische Zwecke - Anforderungen und Prüfbestimmungen*" Austria.

Norma ÖNORM M 7135: 2000 11 01 para pélets de madera. "*Presslinge aus naturbelassenem Holz oder naturbelassener Rinde - Pellets und Briketts - Anforderungen und Prüfbestimmungen.*" Austria.

Nunes, L.J.R., Matias, J.C.O. (2020). Biomass Torrefaction as a Key Driver for the Sustainable Development and Decarbonization of Energy Production. *Sustainability*, 12; 922.

Nunes L., Matias J., Catalão J. (2016). A comparative cost analysis between Wood Pellets and Torrefied Biomass Pellets: the case of Portugal. Lisboa.

Observatorio Nacional de Calderas de Biomasa ONCB. (2017) ¿Cómo funcionan las estufas de pellet, termoestufas, chimeneas y cocinas de biomasa?

<https://observatoriobiomasa.es/home/faqs/estufas>

Observatorio Tecnológico de la Energía. (2012). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Área Tecnológica: Biomasa y Estudios. Mapa Tecnológico: Calor y Frío Renovables, Madrid, p. 6.

Oficina Catalana del Canvi Climàtic. (2018). Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH). Barcelona, pp. 13-28.

Organización Mundial de la Salud. (2013). Salud de la Mujer. Nota Descriptiva nº 334. Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Ginebra. Suiza.

Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España PANER 2011 – 2020. (2010). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid, p. 12.

Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España PANER 2005 – 2010. (2005). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Madrid, p. 190.

Policarp G. (2016). Historia de Serra. Valencia.

Poutrin C., Khawaja C., Dr. Janssen R., Dr. Kindler A., Solar T., Engelmann K., López E. (2015). García-Galindo D. (eds.). Manual para las agroindustrias interesadas en empezar una nueva actividad como centro logístico de biomasa: información básica. Triggering the creation of biomass logistic centres by the agro-industry. Proyecto Sucellog. Paris, cap. 1, p. 6.

Proyecto de Ordenación de los sistemas Forestales Monte nº 105 - T.M. Serra. 2015.

Radeloff V. C., Hammer B, Stewart I., Fried S., Holcomb S., Mckeefry J.F. (2005). Ecological Applications by the Ecological Society of America. The wildland–urban interface in the United States. Wisconsin. EEUU, pp. 799-805.

Ramos J.J., Herrero J. (2017). Bioenergy International España (ed.) nº 37, Récord de instalación de estufas de biomasa en 2016. Valladolid, p. 60.

Ryckmans Y. (2017). Chief Technology Officer Biomass and Solid Fuels Engie-Laborelec. Aebiom Statistical Report. European bioenergy Outlook. Key Findings. Bruselas, p. 25.

Sanchez Francés R., Ordax de Castro C., Quijano A., Antolín G. (2008). Fundación CARTIF (ed.). Variables de influencia en la productividad de biomasa de matorral en la mancomunidad del alto Jarama – Atazar. Valladolid, pp. 65.

Sherrard A. (2017). Editor in Chief Bioenergy International. Aebiom Statistical Report. European bioenergy Outlook. Key Findings. Bruselas, p. 20.

Stewart S.I., Radloff V.C., Hammer R.B., Hawbaker T.J. (2007). Journal of Forestry by the Society of American Foresters. Defining the Wildland–Urban Interface. Maryland. EEUU, pp. 201-207.

Strauss W. (2014). “Black Pellets” – A Financial Analysis of Costs and Benefits: Can they provide cheaper energy than white pellets? Bethel. EEUU.

Streimikiene, D., Lekavičius, V., Baležentis, T., Kyriakopoulos, G.L., Abrahám, J.(2020). Climate Change Mitigation Policies Targeting Households and Addressing Energy Poverty in European Union. Energies, 13, 3389.

The British Columbia Ministry of Forest. (2003). The Home Owners Fire Smart Manual. Protect your home from wildfire. Vancouver. Canadá, pp 2-9.

U.S. Department of Homeland Security. U.S. Fire Administration. (2012). Your Role in Fire-Adapted Communities. How the fire service, local officials, and the public can work together. Maryland. EEUU, pp. 2-11.

Ximénez P. (2018). El País 25 nov 2018. Controlado al 100% el incendio más letal de la historia de California.

https://elpais.com/internacional/2018/11/25/actualidad/1543164306_183666.html

VI.2 Índice de Figuras:

Figura 1. Esquema general del documento	13
Figura 2. Esquema sintético del origen de la biomasa	16
Figura 3. Suministro energético mundial por energías renovables en 2015	18
Figura 4. Suministro de biocombustibles sólidos mundial en 2015	18
Figura 5. Evolución y previsiones del consumo de bioenergía en EU-28.	19
Figura 6. Consumo de bioenergía en EU-28 por sectores de mercado.	20
Figura 7. Evolución de la Producción Interior de la Energía y del Grado de Autoabastecimiento	21
Figura 8. Consumo de energía primaria en 2005	22
Figura 9. Consumo de energía primaria en 2015	22
Figura 10. Evolución del consumo primario de renovables.	23
Figura 11: Evolución del stock forestal disponible para uso maderero y el stock forestal en la UE-28.	30
Figura 12: Incremento anual del stock forestal para uso maderero en UE-28.	31
Figura 13: Caldera que permite el uso de leña o briquetas.	43
Figura 14: Esquema general de una planta de bio-etanol.	47
Figura 15: Esquema de producción de metanol a partir de biomasa.	48
Figura 16: Cultivo de colza.	50
Figura 17: Cultivo de sorgo.	51
Figura 18: Cultivo de <i>Arundo donax</i>	51
Figura 19: Cultivo de cardo.	52
Figura 20: Estructura del ataque corrosivo de los aceros inoxidable.	56
Figura 21: Efecto de diferentes recubrimientos salinos en el comportamiento del acero 9Cr-1Mo en aire a 600o C.	56
Figura 22: Transformaciones energéticas de la biomasa.	58
Figura 23 Esquema de sistema de parrilla inclinada.	61
Figura 24. Esquema de sistema de cámaras torsionales.	63
Figura 25. Esquema de sistema de lecho fluido.	64
Figura 26. Generación bioeléctrica en UE-28 por tipo de planta.	66
Figura 27. Generación bioeléctrica en UE-28 por tipo de combustible.	67
Figura 28. Estructura de generación eléctrica del año 2015.	68
Figura 29. Esquema de funcionamiento de una central térmica de biomasa.	71
Figura 30. Esquema de proyecto de cogeneración doméstico.	72
Figura 31. Fotografía de la cocina de pélets Poerpélet.	73
Figura 32. Características de la cocina de pélets Poerpélet.	74
Figura 33. Aporte de las renovables en el consumo energético de la UE-28 por tipo sector.	75
Figura 34. Aporte de las renovables en el consumo térmico de la UE-28 por tipo de combustible.	76
Figura 35. Consumo térmico de la UE-28 por subsectores en 2015.	76
Figura 36. Consumo térmico de la UE-28 por países en 2015.	77
Figura 37. Biocombustibles empleados en la generación de energía térmica en la UE-28 en 2015.	78
Figura 38. Consumo de biomasa en España por sectores.	79
Figura 39. Número de instalaciones de biomasa por CCAA.	81
Figura 40. Potencia instalada en equipos de calefacción por biomasa por CCAA.	81
Figura 41. Esquema de distribución de District heating.	84
Figura 42. Caldera de pélets de 25 a 32 kW con tolva de 230 kg.	85
Figura 43. Esquema interior de caldera de pélets de 25 a 32 kW.	86
Figura 44. Caldera policombustible de 65 kW.	87
Figura 45. Esquema funcionamiento caldera policombustible de 65 kW.	87
Figura 46. Esquema de caldera de pélets de condensación de 25 a 100 kW.	89
Figura 47. Esquema de caldera de biomasa de 30 a 990 kW.	90
Figura 48. Aporte de las renovables al consumo total energético en el sector del transporte en EU-28 en 2014.	92

Figura 49. Definición de la Interfaz urbano forestal.	95
Figura 50. Grafiado de la zona de IUF de anchura 400 m en verde, grupos de viviendas en rojo.	97
Figura 51. Esquema de acción sobre la vegetación.	99
Figura 52. Esquema de las zonas de protección recomendadas por la USFA.	100
Figura 53. Esquema de zonas de priorización para la planificación preventiva.	101
Figura 54. Tratamientos sobre la vegetación en la Zona de Prioridad 2.	104
Figura 55. Tratamientos sobre la vegetación en la Zona de Prioridad 2 en ladera.	104
Figura 56. Propagación vertical del fuego y recomendación de poda de ramas bajas.	105
Figura 57. Esquema de acciones a tener en cuenta en caso de incendio forestal en la IUF... ..	109
Figura 58. Resultado de vivienda adecuadamente protegida.	110
Figura 59. Siniestros por causa. Decenio 1996-2005.	112
Figura 60. Superficie forestal afectada por causa. Decenio 1996-2005.	112
Figura 61. Motivaciones de los Incendios Intencionados. Decenio 1996-2005.	113
Figura 62. Evolución del número de siniestros y superficies afectadas, 1961-2010.	114
Figura 63. Número de siniestros por causa, 2000-2010.	115
Figura 64. Superficie forestal afectada por causa, 2000-2010.	115
Figura 65. Siniestros por causa y área geográfica, 2000-2010.	116
Figura 66. Superficie afectada por causa y área geográfica, 2000-2010.	116
Figura 67. Motivaciones de incendios intencionados, 2001-2010.	117
Figura 68. Evolución conatos incendios 2005-2015.	118
Figura 69. Evolución superficie forestal afectada 2005-2015.	118
Figura 70. Estadística incendios 1986-2015 en la Comunidad Valenciana.	122
Figura 71. Superficie afectada por el Incendio de Cortes de Pallás.	124
Figura 72. Superficie afectada por el Incendio de Andilla.	124
Figura 73. Malla inicial de para la selección aleatoria de parcelas de inventario.	147
Figura 74. Distribución aleatoria de parcelas por toda la superficie objeto de inventario dasométrico.	147
Figura 75. Distribución aleatoria de parcelas de inventario.	148
Figura 76. Cifras oficiales de población para el municipio de Serra, serie 1996-2017.	162
Figura 77. Cifras oficiales de movimiento natural de la población para el municipio de Serra, serie 2011-2015.	162
Figura 78. Pirámide poblacional para el municipio de Serra.	163
Figura 79. Variaciones residenciales para el municipio de Serra.	164
Figura 80. Climodiagrama de Walter-Lieth y balance hídrico de Thornthwaite.	174
Figura 81. Diagrama e índices bioclimáticos.	174
Figura 82. Estadísticas medias de viento en la Sierra Calderona.	175
Figura 83. Distribución media anual de direcciones de viento en la Sierra Calderona.	176
Figura 84. Emplazamiento de la planta de biomasa del Ayuntamiento de Serra.	189
Figura 85. Copia de la factura de adquisición de la trituradora forestal.	191
Figura 86. Copia de la Factura Proforma de adquisición del molino de martillos y peletizadora.	192
Figura 87. Esquema del proceso de aprovechamiento del residuo verde y producción de pélets.	193
Figura 88. Propiedades de los pélets.	230
Figura 89. Esquema y despiece del quemador la caldera de la guardería.	244
Figura 90. Plano de distribución del edificio del Ayuntamiento Planta Baja.	252
Figura 91. Plano de distribución del edificio del Ayuntamiento Planta Primera.	253
Figura 92. Plano de distribución del edificio del Ayuntamiento Planta Segunda.	254
Figura 93. Características de la estufa de 12 kW del salón de actos.	260
Figura 94. Plano de distribución del Colegio Público de Serra.	262
Figura 95. Esquema de la caldera de 150 kW y principales características.	263
Figura 96. Esquema de la válvula termostática de inundación.	265
Figura 97. Estructura de área cortafuegos en tres bandas.	301
Figura 98. Área cortafuegos generada propuesta inicial camino Ombría.	306
Figura 99. Área cortafuegos generada por tramos camino Ombría.	307
Figura 100. Detalles del área cortafuegos generada por tramos camino Ombría – tramo 1....	307
Figura 101. Detalles del área cortafuegos generada por tramos camino Ombría – tramo 2....	308

Figura 102 .Detalles del área cortafuegos generada por tramos camino Ombría – tramo 3....	308
Figura 103. Sectorización del M.U.P. objetivo del área cortafuegos camino Ombría Castell. .	309
Figura 104. Sectorización del M.U.P. nº 105 años 2019 a 2023	313
Figura 105. Artículo de prensa que destaca la visita del departamento de bio economía de la comisión Europea.....	325
Figura 106. Artículo de prensa que destaca la visita del departamento de bio economía de la comisión Europea.....	326
Figura 107. Ciclo de economía circular basado en el aprovechamiento energético del residuo verde para la calefacción de edificios municipales de Serra.	327
Figura 108. Artículo de prensa que destaca la visita del Secretario Autonómico de Medio Ambiente.	327
Figura 109. Artículo de prensa sobre la producción y venta de pélets en el municipio de Serra.	328
Figura 110. Artículo de prensa sobre la concesión del proyecto LIFE al Ayuntamiento de Serra.	329
Figura 111. Área cortafuegos generada propuesta inicial camino Ombría.....	334
Figura 112. Experiencias piloto llevadas a cabo dentro del proyecto Green Gain.	337

VI.3 Índice de Tablas:

Tabla 1. Tabla resumen de resultados. Biomasa potencial disponible (t/año) y costes medios de obtención (€/t).....	27
Tabla 2: Consumo de Energía Final (kTEP)	27
Tabla 3: Biomasa potencial disponible (t/año) por Comunidades Autónomas.	28
Tabla 4: Biomasa potencial disponible (tep/año) por Comunidades Autónomas.	29
Tabla 5: Consumo final de energía en Comunidad Valenciana en miles de TEP.	30
Tabla 6: Extracto de la tabla de Resumen General del IFN. Total biomasa arbórea a nivel nacional.	32
Tabla 7: Extracto de la tabla de Resumen General del IFN. Biomasa arbórea en la Comunidad Valenciana.....	33
Tabla 8: Cuadro resumen de biomasa potencial y recursos existentes.	33
Tabla 9: Consumo final de energía procedente de recursos de biomasa en 2015.	34
Tabla 10: Propiedades de los principales biocombustibles sólidos.	35
Tabla 11: Propiedades de los pélets.	36
Tabla 12: Propiedades normativas de los pélets de madera según norma UNE-EN ISO 17225-2:2014.....	37
Tabla 13: Propiedades informativas de los pélets de madera según norma UNE-EN ISO 17225-2:2014.....	37
Tabla 14: Propiedades de las astillas de madera para uso doméstico.	40
Tabla 15: Propiedades de las astillas de madera según norma ÖNORM M 7133.	40
Tabla 16: Propiedades de las astillas de madera según norma ÖNORM M 7133.	41
Tabla 17: Propiedades de cáscara de almendra.	42
Tabla 18: Propiedades del hueso de oliva.	42
Tabla 19: Energía y densidad de pélet torrefactado frente a pélet de madera y coste aproximado de transporte.	44
Tabla 20: Características de los bio aceites.	48
Tabla 21: Poder Calorífico de biomasa.....	58
Tabla 22. Producción eléctrica con renovables del año 2015.	68
Tabla 23. Producción eléctrica por combustibles años 2014 - 2015.	69
Tabla 24. Evolución de los tipos de incendios	121
Tabla 25. Estadística incendios del 28/06 al 01/07 2012 en la provincia de Valencia	122
Tabla 26. Extracto de la tabla de Grandes Incendios Forestales y superficies afectadas.	125
Tabla 27. Características de <i>Cistus Ladanifer</i>	126
Tabla 28. Composición y poder calorífico de distintas maderas.....	127
Tabla 29. Extracto de la tabla 86. Biomasa aprovechable y CCA.	128

Tabla 30.: Datos climáticos Serra	132
Tabla 31. Listado de especies de fauna con algún tipo de protección	144
Tabla 32. Resumen de parámetros estadísticos para el conjunto de rodales productores del monte.....	152
Tabla 33. Tablas de existencia de biomasa por tramo y especie.	161
Tabla 34. Municipios integrados en el Parque Natural de la Sierra Calderona.	169
Tabla 35. Temperaturas medias.	172
Tabla 36. Precipitaciones y Temperaturas medias mensuales.	173
Tabla 37. Composición del residuo verde tratado en planta.	186
Tabla 38. <i>Toneladas del residuo verde tratado en planta</i>	187
Tabla 39. Características de la caldera de la guardería.	243
Tabla 40. Características de la caldera de biomasa instalada en el edificio del Ayuntamiento.	251
Tabla 41. Coste de gestión del residuo verde.....	273
Tabla 42. Promedio de gastos anuales de personal, transporte, seguros y gastos generales.	274
Tabla 43. Toneladas de residuo verde tratado en la planta piloto de biomasa por año.	274
Tabla 44. Toneladas de residuo verde tratado y ahorros obtenidos en gestión del residuo en municipios del Parque Natural de la Sierra Calderona.	280
Tabla 45. Propuesta de precio por tonelada de residuo verde aprovechado por los municipios a abonar por los Consorcios de Residuos.	281
Tabla 46. Toneladas de combustible producidas por año.	282
Tabla 47. Toneladas de astilla consumidas por edificio y año.	282
Tabla 48. Toneladas de pélet consumidas por edificio y año.	282
Tabla 49. Consumo de energía eléctrica y ahorro obtenido en edificio municipal de la Guardería de 2011 a 2017.....	285
Tabla 50. Resumen de consumo de energía eléctrica y ahorro obtenido en la Guardería de 2011 a 2017.....	286
Tabla 51. Consumo de energía eléctrica y ahorro obtenido en edificio del ayuntamiento de 2011 a 2017.....	290
Tabla 52. Resumen de consumo de energía eléctrica y ahorro obtenido en el Ayuntamiento de 2011 a 2017.....	290
Tabla 53. Resumen de consumo de gasóleo y ahorro obtenido en el colegio público de 2011 a 2017.....	293
Tabla 54. Resumen del ahorro medio anual obtenido en la suma de los edificios públicos. ...	294
Tabla 55. Resumen del ahorro total obtenido en la suma de los edificios públicos desde 2011 a 2017.....	294
Tabla 56. Valores del factor 'mix eléctrico' entre los años 2008 a 2011 recomendados por la OCCC.	295
Tabla 57. Resultados en emisiones de CO ₂ debidos a la instalación de la caldera de biomasa en el edificio de la guardería durante el periodo de estudio.	295
Tabla 58. Resultados en emisiones de CO ₂ debidos a la instalación de la caldera de biomasa en el edificio del ayuntamiento durante el periodo de estudio.	296
Tabla 59. Valores de emisión de CO ₂ de combustibles de origen fósil recomendados por la OCCC.	296
Tabla 60. Resultados en emisiones de CO ₂ debidos a la instalación de la caldera de biomasa en el edificio del colegio público durante el periodo de estudio.	297
Tabla 61. Resultados en emisiones de CO ₂ debidos a la instalación de los equipos de biomasa en el conjunto de edificios públicos durante el periodo de estudio.	297
Tabla 62. Ahorro en emisiones de CO ₂ derivados de la venta del combustible sólido procedente del residuo verde.	297
Tabla 63. Ahorro en emisiones de CO ₂ derivados de la venta del combustible sólido procedente del residuo verde a máxima capacidad de producción de la planta.	298
Tabla 64. Ahorro en emisiones de CO ₂ anual por edificio.	298
Tabla 65. Emisiones de CO ₂ por tipo de combustible, vehículo y velocidad.	299
Tabla 66. Calidad del Área Cortafuegos.	302
Tabla 67. Zona meteorológica de los municipios para el diseño de áreas cortafuegos.	303
Tabla 68. Anchura total del área cortafuegos.	304
Tabla 69. Anchura de la banda de desbroce.	305

Tabla 70 .Anchuras del área cortafuegos según tramos.	306
Tabla 71. Previsión del coste de ejecución de trabajos forestales para la sectorización del monte de Serra de 2019 a 2023.....	313
Tabla 72. Costes anuales de personal de producción manual de pélet.	314
Tabla 73. Costes anuales en gasóleo para la producción manual de pélet.	314
Tabla 74. Costes anuales en energía eléctrica para la producción manual de pélet.	315
Tabla 75. Otros costes anuales para la producción manual de pélet.	315
Tabla 76. Resumen de costes anuales para la producción manual de pélet.	316
Tabla 77. Costes de producción por kg de pélet producido.	316
Tabla 78. Balance neto anual producción manual.	316
Tabla 79. Proyección del estudio económico a 10 años vista con producción manual de pélet.	317
Tabla 80. Costes anuales de personal de producción industrial de pélet.	318
Tabla 81. Costes anuales en gasóleo para la producción industrial de pélet.....	318
Tabla 82. Costes anuales en energía eléctrica para la producción industrial de pélet.	319
Tabla 83. Otros costes anuales para la producción industrial de pélet.	319
Tabla 84. Resumen de costes anuales para la producción industrial de pélet.....	320
Tabla 85. Costes de producción por kg de pélet producido en modo industrial.	320
Tabla 86. Balance neto anual producción industrial.	320
Tabla 87. Proyección del estudio económico a 10 años vista con producción industrial de pélet.	322
Tabla 88. Puestos de trabajo generados en producción manual de pélet y balance medio neto anual para el Ayuntamiento de Serra.....	322
Tabla 89. Puestos de trabajo generados en producción industrial de pélet con una producción de hasta 400 toneladas por año y balance medio neto anual para el Ayuntamiento de Serra.	323
Tabla 90. Puestos de trabajo generados en producción industrial de pélet con una producción de hasta 600 toneladas por año y balance medio neto anual para el Ayuntamiento de Serra.	323
Tabla 91. Puestos de trabajo generados en producción industrial de pélet con una producción de hasta 950 toneladas por año y balance medio neto anual para el Ayuntamiento de Serra.	324
Tabla 92. Ahorros medios anuales en los edificios municipales de Serra.....	331
Tabla 93. Ahorros medios anuales obtenidos por la sustitución de energía eléctrica por biomasa por tipo de edificio.....	331
Tabla 94. Ahorros medios anuales obtenidos por la sustitución de gasóleo por biomasa por tipo de edificio.....	332
Tabla 95. Costes anuales de producción del combustible en función del método de producción empleado.....	332
Tabla 96. Previsión de ingresos y beneficio neto del proyecto, proyección a 10 años.	333

VI.4 Índice de gráficos:

Gráfico 1. Evolución de la composición del residuo verde tratado en planta.	186
Gráfico 2. Toneladas de residuo verde tratado en la planta piloto de biomasa por año.	275
Gráfico 3. Composición del residuo verde tratado en la planta piloto de biomasa en el año 2012.	276
Gráfico 4. Composición del residuo verde tratado en la planta piloto de biomasa en el año 2017.	276
Gráfico 5. Composición promedio del residuo verde tratado en la planta piloto de biomasa años 2012 a 2017.....	277
Gráfico 6. Toneladas de residuo verde gestionadas por el Ayuntamiento y toneladas transportadas a la planta del CVI.	277
Gráfico 7. Coste de gestión del residuo verde para el Ayuntamiento de Serra por año.....	278
Gráfico 8. Ahorro anual en gestión de residuo verde para el Ayuntamiento de Serra.	279
Gráfico 9. Ahorro anual en gestión de residuo en función de las toneladas de residuo tratadas.	279
Gráfico 10. Gasto en energía eléctrica en el edificio de la guardería de 2011 a 2017.....	286

Gráfico 11. Ahorro en consumo de energía eléctrica en el edificio de la guardería de 2011 a 2017.....	287
Gráfico 12. Gasto en energía eléctrica en el edificio del ayuntamiento de 2011 a 2017.....	291
Gráfico 13. Ahorro en consumo de energía eléctrica en el edificio del ayuntamiento de 2011 a 2017.....	292
Gráfico 14. Inversión en consumo de gasóleo en el colegio público de 2011 a 2017.....	293
Gráfico 15. Ahorro en consumo de gasóleo en el colegio público de 2011 a 2017.....	294

VI.5 Índice de Fotografías:

Fotografía 1. Residuo verde de jardinería acumulado en la Urbanización Torre de Porta Coeli.....	187
Fotografía 2. Residuo verde agrícola acumulado en parcela privada.....	188
Fotografía 3. Residuo verde forestal tratado en planta.....	188
Fotografía 4. Trituradora forestal CARAVAGGI CIPPO 25 con motor IVECO 60HP adquirida.....	190
Fotografía 5. Trituradora forestal enganchada al vehículo de la brigada municipal.....	191
Fotografía 6. Trituradora forestal en funcionamiento.....	194
Fotografía 7. Molino de martillos de 7,5 kW con ciclón para partículas finas.....	195
Fotografía 8. Peletizadora de 7,5 kW.....	195
Fotografía 9. Peletizadora de 7,5 kW en funcionamiento.....	196
Fotografía 10. Alimentación manual del molino de martillos.....	196
Fotografía 11. Peletizadora de 15 kW en funcionamiento.....	197
Fotografía 12. Tolva acoplada a la peletizadora de 15 kW en funcionamiento.....	198
Fotografía 13. Tornillo sinfín a continuación de la tolva acoplada a la peletizadora de 15 kW en funcionamiento.....	198
Fotografía 14. Tornillo sinfín a continuación de la tolva y descarga en la peletizadora de 15 kW en funcionamiento.....	199
Fotografía 15. Descargas y montaje de la línea semi industrial de peletizado.....	215
Fotografía 16. Descargas y montaje de la línea semi industrial de peletizado.....	215
Fotografía 17. Descargas y montaje de la línea semi industrial de peletizado.....	216
Fotografía 18. Descargas y montaje de la línea semi industrial de peletizado.....	216
Fotografía 19. Descargas y montaje de la línea semi industrial de peletizado.....	217
Fotografía 20. Descargas y montaje de la línea semi industrial de peletizado.....	217
Fotografía 21. Puesta en marcha de la línea semi industrial de peletizado.....	218
Fotografía 22. Puesta en marcha de la línea semi industrial de peletizado.....	218
Fotografía 23. Puesta en marcha de la línea semi industrial de peletizado.....	219
Fotografía 24. Puesta en marcha de la línea semi industrial de peletizado.....	219
Fotografía 25. Astilla utilizada como primer combustible en la caldera de la Guardería Municipal.....	223
Fotografía 26. Parte trasera de la caldera donde se aprecian los conductos de transporte del combustible.....	225
Fotografía 27. Astilla triturada tras su paso por el tamiz.....	226
Fotografía 28. Primer plano del pélet obtenido al inicio del proyecto empleando la primera peletizadora de 7,5 kW.....	228
Fotografía 29. Pélet enfriado obtenido al inicio del proyecto empleando la primera peletizadora de 7,5 kW.....	228
Fotografía 30. Triturado del residuo forestal en planta.....	232
Fotografía 31. Triturado del residuo forestal en planta.....	232
Fotografía 32. Pélet de origen forestal puesto en el silo de la caldera del edificio consistorial para su prueba.....	235
Fotografía 33. Ensacado de pélets.....	236
Fotografía 34. Ensacado de pélets.....	236
Fotografía 35. Stock de pélet ensacado y analizado listo para su venta.....	237
Fotografía 36. Almacenado intermedio del pélet ensacado en planta.....	237

Fotografía 37. Caseta exterior junto al edificio de la guardería que aloja la caldera de biomasa.	239
Fotografía 38. Caldera de biomasa y silo de la instalación de calefacción de la guardería.	240
Fotografía 39. Tornillo sinfín de transporte del combustible del silo a la caldera de la guardería.	240
Fotografía 40. Depósito de acumulación de cenizas junto a la caldera de la guardería.	241
Fotografía 41. Cuadro de mandos de la caldera de la guardería que muestra la caldera en funcionamiento a 74º C.	241
Fotografía 42. Cuadro de mandos de la caldera de la guardería que muestra la caldera en alarma por falta de combustible.	242
Fotografía 43. Silo de la caldera de la guardería con astilla como combustible.	242
Fotografía 44. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.	245
Fotografía 45. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.	245
Fotografía 46. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.	246
Fotografía 47. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.	246
Fotografía 48. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.	246
Fotografía 49. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.	247
Fotografía 50. Instalación de radiadores y circuito de agua caliente en la Guardería municipal.	247
Fotografía 51. Caldera de biomasa poli combustible de 65 kW del edificio consistorial.	255
Fotografía 52. Circuitos alimentados por la caldera de biomasa poli combustible de 65 kW del edificio consistorial.	255
Fotografía 53. Caldera de biomasa poli combustible de 65 kW del edificio consistorial, parte frontal.....	256
Fotografía 54. Caldera de biomasa poli combustible de 65 kW del edificio consistorial, parte trasera.	256
Fotografía 55. Caldera de biomasa poli combustible de 65 kW del edificio consistorial, parte trasera.	257
Fotografía 56. Instalación de radiadores del edificio consistorial, oficina técnica.	257
Fotografía 57. Instalación de radiadores del edificio consistorial, oficina registro.	258
Fotografía 58. Silo de la caldera del ayuntamiento lleno de pélets..	258
Fotografía 59. Quemador de la caldera del ayuntamiento en funcionamiento.	259
Fotografía 60. Cuadro de mando de la caldera del ayuntamiento en funcionamiento.	259
Fotografía 61. Estufa del salón de actos del ayuntamiento.	261
Fotografía 62. Interfaz de control remoto de la caldera del colegio público en terminal informático.	266
Fotografía 63. Interfaz de control remoto de la caldera del colegio público en terminal móvil.	267
Fotografía 64. Parking de profesores en el colegio público previo a la construcción de la caseta que alojaría la caldera.	267
Fotografía 65. Construcción de la caseta que alojaría la caldera del colegio público.	268
Fotografía 66. Construcción de la caseta que alojaría la caldera del colegio público.	268
Fotografía 67. Montaje e instalación de la caldera del colegio público.	269
Fotografía 68. Construcción del silo de obra para pélets de caldera del colegio público.	269
Fotografía 69. Construcción del silo de obra para pélets de caldera del colegio público.	270
Fotografía 70. Instalación de la caldera del colegio público.	270
Fotografía 71. Quemador de la caldera del colegio público.	271
Fotografía 72. Desmontaje del transporte de combustible por salto de la válvula de seguridad.	272
Fotografía 73 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombría Castell.	309
Fotografía 74 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombría Castell.	310
Fotografía 75 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombría Castell.	310
Fotografía 76 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombría Castell.	311

Fotografía 77 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombría Castell.....	311
Fotografía 78 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombría Castell.....	312
Fotografía 79 .Trabajos de ejecución del área cortafuegos camino Ombría Castell.....	312