

Memoria Descriptiva

Planta de Valorización Energética de Granada

Contenido

1.	Antecedentes.....	5
1.1.	Introducción.....	5
1.2.	Objeto del proyecto	5
1.3.	Situación actual en el marco de los RSU.....	5
1.3.1.	Evolución histórica	5
1.3.2.	Normativa	15
1.3.3.	Actores estatales	25
1.4.	Situación actual de la planta de tratamiento de residuos “Ecocentral Granada”	26
1.4.1.	Situación gestora	26
1.4.2.	Situación técnica.....	27
2.	Descripción actual de la planta de tratamiento mecánico Ecocentral Granada.....	27
2.1.	Datos básicos	30
2.2.	Descripción de las instalaciones y procesos productivos	30
2.2.1.	Área de recepción y almacenamiento de residuos.....	30
2.2.2.	Área de proceso.....	31
2.2.3.	Instalaciones accesorias	35
2.2.4.	Diagrama de proceso.....	36
2.2.5.	Balance de materia.....	38
3.	Descripción de la planta de Valorización Energética de Granada (PLAVEGA).....	40
3.1.	Situación y localización.....	40
3.2.	Datos básicos	42
3.2.1.	Rechazos generados por Ecocentral	42
3.3.	Esquema de planta.....	42
3.4.	Descripción de las instalaciones y procesos productivos	44
3.4.1.	Área de recepción y almacenamiento.....	44
3.4.2.	Área de Preparación de CDR.....	45
3.4.3.	Valorización Energética	55
3.5.	Fuentes generadoras de emisiones al aire, al suelo, y al agua, y residuos generados.....	87
3.5.1.	Atmósfera.....	87
3.5.2.	Agua	94
3.5.3.	Residuos.....	95
4.	Bibliografía.....	96
5.	Conclusiones.....	98
	Anexo I: Diagramas de proceso.....	99
	Anexo II: Balance de materias	103
	Anexo III: Balance de energía	105

Lista de figuras

Figura 1: Composición media del RSU en España (Magrama).....	13
Figura 2: Jerarquía gestión de residuos (Directiva 2008/98/CE)	16
Figura 3: Vista aérea Ecocentral Granada (Diputación de Granada).....	27
Figura 4: Diseño 3D Ecocentral Granada (Diputación de Granada).....	28
Figura 5: Esquema de proceso.....	29
Figura 6: Cabina de triaje (Dip. Granada).....	31

Figura 7: Tromel de orgánicos.....	32
Figura 6: Separador balístico (fuente Masías Recycling).....	33
Figura 8: Separador Overband.....	34
Figura 9: Separador óptico (fuente Titech).....	34
Figura 10: Esquema de proceso Ecocentral Granada (elaboración propia).....	37
Figura 11: Balance de materia kg/h Ecocentral Granada (elaboración propia).....	38
Figura 12: Balance de materia % de materia respecto de la entrada (elaboración propia).....	39
Figura 13: Localización PLAVEGA (1).....	40
Figura 14: Localización PLAVEGA (2).....	41
Figura 15: Localización PLAVEGA (3).....	41
Figura 16: Esquema de planta Plavega.....	43
Figura 17: Alimentador de cadenas. Fuente Stadler.....	46
Figura 18: Triturador primario monorrotor. Fuente UNTHA.....	47
Figura 19: Palas del balístico. Fuente: Stadler.....	48
Figura 20: Balístico. Fuente: Masías.....	48
Figura 21: Overband. Fuente Felemang.....	49
Figura 22: Separador Foucault. Fuente Felemang.....	50
Figura 23: Separador óptico. Fuente Titech.....	51
Figura 24: Bunquers. Fuente Stadler.....	53
Figura 25 Prensa reciclados. Fuente Imabe.....	53
Figura 26: Separador densimétrico. Fuente Nihot.....	54
Figura 27: Triturador secundario. Fuente DSG.....	55
Figura 28: Diseño de horno-caldera. Fuente GestampBiomass.....	63
Figura 29: Esquema de un circuito de circulación de una caldera de convección natural.....	65
Figura 30: Esquema de un soplador de vapor retractable. Fuente GestampBiomass.....	67
Figura 31: Sistema de tratamiento de gases de una planta de energía. De izquierda a derecha, depósito de reactivos, lavador de gases y filtro de mangas. Fuente GestampBiomass.....	70
Figura 32: Chimenea y ventilador de tiro. Fuente GestampBiomass.....	71
Figura 33: Desgasificador/desaireador y tanque de agua. Fuente gestampBiomass.....	72
Figura 34: Atemperador de vapor. Fuente GestampBiomass.....	73
Figura 35: Precalentador de agua de alimentación. Fuente GestampBiomass.....	74
Figura 36: Silencioso de vapor. Fuente GestampBiomass.....	75
Figura 37: Aerocondensadores. Fuente GestampBiomass.....	77
Figura 38: Turbina. Fuente GestampBiomass.....	78
Figura 39: Planta compacta de tratamiento de agua. Fuente GestampBiomass.....	83
Figura 40: Parte de un sistema SCI de una planta de generación eléctrica.....	85
Figura 41: Transformador elevador de tensión.....	86

Lista de tablas

Tabla 1: Clasificación de los residuos (Decreto 73/2012).....	8
Tabla 2: Listado Europeo de Residuos municipales (Decisión 2014/955/UE).....	10
Tabla 3: Generación de residuos (kg/hab.año) por comunidades autónomas (Elaboración Propia).....	12
Figura 1: Composición media del RSU en España (Magrama).....	13
Tabla 4: Composición residuos domésticos Europa en el año 2010 (What a Waste, 2010).....	14
Tabla 5: Composición RSU algunas comunidades de España (INE).....	14

<i>Tabla 6: Datos de diseño de la Ecocentral Granada</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 7: Volumen de rechazos Ecocentral de Granada 2014 (Diputación de Granada).....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 8: Características fisicoquímicas del CDR. Fuente Balance Materia.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 9: Composición elemental estimada del CDR. Fuente Diputación de Granada.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 10: comparativa combustible-biomasa de referencia. Fuente GestamBiomass.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 11: Real Decreto 815/2013 Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 12: Calidad del agua de caldera.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 13: Concentraciones de los gases de escape después del sistema de tratamiento de gases.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 14: Normativa en materia de ruidos</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 15: Caracterización de los residuos generados por la Planta.....</i>	<i>96</i>

1. Antecedentes

1.1. Introducción

Planta de Valorización Energética de Granada (en adelante PLAVEGA) es el título de este proyecto básico y podría ser la denominación de una sociedad mercantil que llegara a valorizar energéticamente los residuos de la provincia de Granada.

1.2. Objeto del proyecto

PLAVEGA tiene como objeto definir de manera preliminar las especificaciones técnicas de las instalaciones necesarias para valorizar energéticamente los residuos urbanos que finalmente terminan enterrados en vertedero y que por consiguiente se desaprovechan como materia de valor y suponen un coste añadido al sistema de gestión de los residuos urbanos. Igualmente el presente proyecto evalúa en todos los marcos posibles los pros y contras de una instalación de estas características.

1.3. Situación actual en el marco de los RSU

1.3.1. Evolución histórica

a. Los residuos y su problemática ambiental

Los residuos, entendiendo como tales a los materiales generados por la actividad humana que es necesario desechar, son una de las consecuencias de la civilización y han formado parte del hombre a lo largo de su evolución. Al comienzo, las actividades humanas estaban integradas en los ciclos naturales; se trataba de un conjunto de procesos por los que pasaba un producto de forma natural hasta descomponerse en sus elementos básicos y en los que los subproductos de dicha actividad eran absorbidos por los ecosistemas naturales. La composición de los residuos se basaba fundamentalmente en restos orgánicos que eran fácilmente asimilables por el medio y que se abandonaban en cualquier lugar. Sin embargo, a medida que aumentó la complejidad social, también lo hizo la capacidad del ser humano para transformar el medio y crear herramientas para desarrollarse, de manera que los residuos inevitablemente han seguido creciendo a un ritmo mayor (Gómez, 2011). Así el cambio progresivo en la composición de los residuos ha supuesto la introducción de nuevos materiales como plásticos, papel y cartón o vidrio, dando lugar a una problemática ambiental derivada de su inadecuada gestión.

Al principio, en los hogares, se aprovechaba la mayor parte de los productos por lo que los restos sólidos eran escasos; a pesar de ello, en la Edad Media, con el aumento de la densidad de las ciudades, se hizo necesario deshacerse de los excrementos humanos y de los restos de comida y otros residuos, que se arrojaban a la calle, caminos y terrenos vacíos o muladares a las afueras de las ciudades. Estas prácticas convirtieron a las urbes en lugares sucios e insalubres, con proliferación de enfermedades, como la peste, que provocaron la muerte de un tercio de los habitantes de Europa. Con la finalidad de reducir los problemas generados se comenzaron a

quemar algunos residuos y las cenizas se enterraban o se vertían al río y ya en el siglo XVIII se autorizaba la recogida de los residuos por los agricultores para utilizar la fracción orgánica como fertilizante para sus cultivos y como alimento para ganadería (Alonso & Martínez, 2001). No obstante este problema acompañó a las ciudades hasta que en 1884 Eugène Poubelle ideó un método de recogida de residuos en las viviendas mediante cubos colectores donde cada casa colocaba sus desechos; este fue el principio del cubo de basura y de todo un sistema de recogida que se sigue manteniendo a día de hoy.

Más allá de la generación de los residuos en los hogares, en el siglo XIX, con la explosión de la Revolución Industrial, se desarrollan considerablemente los campos de la ciencia y la tecnología, por lo que se inicia el apogeo de las nuevas industrias y un enorme desarrollo del comercio; esto derivó en una gran explosión demográfica y económica que comportó, a su vez, una extensión del sector urbanístico. Estas nuevas técnicas productivas empiezan a generar un volumen tal de residuos que ya es imposible que puedan llegar a ser asimilados por los ciclos naturales como había ocurrido hasta entonces y comienzan a tomarse las primeras medidas destinadas a controlar los problemas derivados de la acumulación de residuos, por ejemplo la reutilización de metales para producir nuevas herramientas.

Sin embargo, es a partir del segundo tercio del siglo XX cuando el volumen de residuos generados en las ciudades comienza a plantear mayores problemas respecto a su recogida y eliminación debido a (Colomer & Gallardo, 2007) _ (Gómez, 2011): la concentración de la población en grandes ciudades; el mayor uso de bienes de rápido envejecimiento, mala calidad, o de un solo uso, consecuencia de la aparición de la cultura consumista del “usar y tirar” el aumento del embalaje y los adelantos técnicos experimentados que permiten utilizar en la producción nuevos componentes que no están sujetos a una rápida biodegradación.

Estos residuos no pueden ser asimilados simplemente por la acción de los ciclos naturales por lo que constituyen hoy día un grave problema socioambiental y una de las claves que explican la insostenibilidad del actual modelo de desarrollo.

Los problemas medioambientales que originan los residuos generados en los núcleos de población se derivan de sus características químicas y bacteriológicas en cuanto entran en contacto con el suelo y el agua tras un depósito incontrolado en el medio. Esto se traduce en la generación de impactos que afectan a aspectos ambientales, económicos y sociales, que se resumen a continuación (Gomez, 2011):

- I. Ocupación del espacio. Los residuos ocupan un espacio que degradan e inutilizan para otros usos.
- II. Contaminación del suelo. Ocupación del suelo por elementos que no se descomponen fácilmente, como plásticos, vidrios, componentes electrónicos, etc.

- III. Contaminación del agua. La fermentación de la materia orgánica produce lixiviados líquidos muy contaminantes. Es necesario que se controle su salida y depurarlos antes de que lleguen a los ríos.
- IV. Contaminación del aire. La descomposición de la materia orgánica origina gases de efecto invernadero, como el metano. Se estima que los residuos son los causantes, al menos, de entre el 3-5% de los gases que provocan el cambio climático. Además, la quema incontrolada de residuos domiciliarios genera problemas locales de salud debido a la emisión de compuestos tóxicos (CO, sulfuros, furanos, dioxinas, etc.) y problemas contaminantes.
- V. Malos olores derivados de la fermentación de la materia orgánica.
- VI. Riesgo sanitario. La acumulación de residuos en lugares inadecuados convierte estas zonas en un lugar idóneo para la proliferación de roedores e insectos transmisores de enfermedades, y donde los procesos naturales de descomposición orgánica producen riesgos de contaminación bacteriana que pueden afectar al ecosistema y por supuesto al ser humano.
- VII. Bioacumulación. Los residuos pueden ser ingeridos por especies animales y pasar a través de las cadenas alimentarias (redes tróficas), pudiendo llegar hasta los mismos seres humanos.
- VIII. Muerte de especies animales por la ingesta accidental de residuos.
- IX. Costes de gestión de residuos. Desde el punto de vista económico, las labores derivadas de recoger, transportar y tratar los residuos supone importantes inversiones en plantas y equipos de tratamiento. Además, hay que añadir los costes asociados a programas de descontaminación del suelo y restauración del medio ambiente, sin olvidar el incuantificable despilfarro de materias primas.

b. Clasificación de los residuos

Para analizar correctamente la problemática de los residuos es indispensable conocer los diferentes tipos que se generan, sus características y propiedades, todo ello con la finalidad de llevar a cabo una gestión adecuada de los mismos. En cuanto a la clasificación de los residuos, ésta se puede hacer atendiendo a distintos criterios que no son excluyentes entre sí. Para este proyecto tomaremos como referencia la clasificación que realiza el artículo 4 Decreto 73/2012, de 22 de Marzo por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía, y clasifica los residuos en función de su naturaleza, origen, composición, estado físico y los responsables de su gestión. La Tabla 1 resume las diferentes clasificaciones de los residuos, en función de los criterios indicados.

Tabla 1: Clasificación de los residuos (Decreto 73/2012)

Criterio de clasificación	Tipología	Descripción
Naturaleza	Peligrosos	Presentan propiedades que conllevan riesgos para la salud como toxicidad, inflamabilidad, reactividad química, corrosividad, explosividad, reactividad, radioactividad o de cualquier otra naturaleza que provoque daño a la salud humana y al medio ambiente.
	No peligrosos	No son peligrosos, pero no pueden ser englobados dentro de los inertes porque generan cantidades significativas de lixiviado (agua que se filtra en el suelo y arrastra parte de los componentes del residuo).
	Inertes	No experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. No son solubles ni combustibles, no reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto. En particular no deberán suponer riesgo para la calidad de las aguas superficiales y/o subterráneas. Algunos ejemplos de estos residuos son, restos de escombros, ladrillos, hormigón fraguado, vidrio.
Origen	Domésticos	Se generan en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores por su naturaleza y composición, generados en industrias, comercio, oficinas, centros asistenciales y sanitarios de los grupos I y II, servicios de restauración y catering, así como del sector servicios en general.
	Industriales	Residuos resultantes de los procesos de fabricación, de transformación, de utilización, de consumo, de limpieza o de mantenimiento generados por la actividad industrial, excluidas las emisiones a la atmósfera reguladas en la Ley 34/2007, de 15 de noviembre. Tendrán esta consideración los residuos de construcción y demolición producidos en obras mayores.
	Agrícolas	Se generan en las actividades agrícolas y, en particular, los residuos plásticos de uso agrario y los envases de productos fitosanitarios.
	Comerciales	Se producen en la actividad propia del comercio, al por mayor y al por menor, de los servicios de restauración y bares, de las oficinas y de los mercados, así como del resto del sector servicios.
Composición	Orgánicos	Son desechos de origen biológico, que alguna vez estuvo vivo o que fue parte de un ser vivo.
	Inorgánicos	Son desechos de origen no biológico (pilas, cerámica, metal, hierro, vidrio, latas, tela, cables, etc.).
Estado físico	Sólido	Según su origen pueden ser domésticos, comerciales, agrícolas, ganaderos, industriales, etc.
	Líquido	Aguas domiciliarias, aguas pluviales, industriales,

Responsables gestión		agroganaderos, otros.
	Gaseoso	Generados en los procesos de combustión y procesos industriales.
	Municipales	Aquellos cuya gestión es de competencia municipal en los términos regulados en las ordenanzas locales, pertenecen a este tipo de gestión: domésticos, asimilables a domésticos y no domésticos
	No Municipales	No son de competencia municipal y son residuos industriales, comerciales, de servicios y agrícolas.

Es necesario, además, hacer alusión al Listado Europeo de Residuos. Se trata de un listado elaborado por la Unión Europea en el que constan determinadas sustancias u objetos que, necesariamente, tienen la consideración de residuos. El listado actualmente vigente fue aprobado mediante la Decisión (2014/955/UE) y es el resultado de la modificación de progresivas listas publicadas al amparo de la normativa europea vigente en Europa en cada momento. Se ha llegado así al actual Listado Europeo de Residuos (LER) que clasifica los residuos según un código de seis dígitos, en el cual los dos primeros identifican el grupo al que pertenece el residuo en función de la fuente que origina el residuo, los dos siguientes al subgrupo, y finalmente los dos últimos números identifican al residuo. En el ámbito estatal, la Orden Ministerial del Ministerio de Medio Ambiente 304/2002, de 8 de febrero, publica la Lista Europea de Residuos (LER) o Catálogo Europeo de Residuos (CER), estando pendiente su actualización a la publicación de la reciente Decisión.

c. Los residuos domésticos y su gestión

Desde el punto de vista legal, la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados define residuo como cualquier objeto o sustancia del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse. Dentro de las actividades generadoras de residuos se encuentran las urbanas, que son aquellas que principalmente se desarrollan en los hogares y que tienen como consecuencia la producción los denominados residuos domésticos. La Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados, de 28 de julio, los define como aquellos residuos que son generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los residuos generados en servicios e industrias con un estado de agregación determinado. Se incluyen en esta categoría los residuos que se generan en los hogares de aparatos eléctricos y electrónicos, ropa, pilas, acumuladores, muebles y enseres así como los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria. De acuerdo al Listado Europeo de Residuos (Decisión 2014/955/UE; Orden MAM), los residuos municipales quedan englobados en el capítulo 20, denominado, Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas selectivamente, así como los del subcapítulo 15 01 Envases (incluidos los residuos de envases de la recogida selectiva municipal). El contenido íntegro de los capítulos indicados se ha recogido en la Tabla 2.

Tabla 2: Listado Europeo de Residuos municipales (Decisión 2014/955/UE)

20	Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas selectivamente	
15 01 Envases (incluidos los residuos de envases de la recogida selectiva municipal)	15 01 01	Envases de papel y cartón
	15 01 02	Envases de plástico
	15 01 03	Envases de madera
	15 01 04	Envases metálicos
	15 01 05	Envases compuestos
	15 01 06	Envases mezclados
	15 01 07	Envases de vidrio
	15 01 09	Envases textiles
20 01 Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones)	20 01 01	Papel y cartón
	20 01 02	Vidrio
	20 01 08	Residuos biodegradables de cocinas y restaurantes
	20 01 10	Ropa
	20 01 11	Materias textiles
	20 01 25	Aceites y grasas comestibles
	20 01 28	Pinturas, tintas, adhesivos y resinas que no contienen
	20 01 30	Detergentes que no contienen sustancias peligrosas
	20 01 32	Medicamentos no citotóxicos ni citostáticos
	20 01 34	Baterías y acumuladores
	20 01 36	Equipos eléctricos y electrónicos desechados que no sean ni tubos fluorescentes ni que contengan mercurio ni clorofluorocarburos ni cualquier tipo de componente peligroso
	20 01 38	Madera que no contiene sustancias peligrosas
	20 01 39	Plásticos
	20 01 40	Metales
	20 01 41	Residuos del deshollinado de chimeneas
	20 01 99	Otras fracciones no especificadas en otra categoría

De acuerdo a lo establecido en la Directiva Ley 22/2011 de 28 de Julio la gestión de los residuos domiciliarios es de ámbito municipal. Así pues para su gestión las administraciones locales tiene asignadas las siguientes competencias:

- I. Recogida y gestión de los residuos municipales depositados en vías o espacios públicos de titularidad municipal, definición de sistemas específicos para la recogida de residuos municipales de origen no domiciliario, recogida de los residuos peligrosos municipales (de origen domiciliario y asimilable a domiciliario).
- II. Elaboración de planes locales de prevención y gestión de residuos en el ámbito municipal y supramunicipal, compatibles y coherentes con la estrategia de planificación regional.
- III. Vigilancia, inspección y sanción en el ámbito de sus competencias.

- IV. Elaboración de ordenanzas municipales en materia de residuos de su competencia con el fin de regular la prevención y gestión de los mismos en su ámbito territorial. Las administraciones locales tendrán un plazo de un año para adecuar las ordenanzas existentes a los contenidos del Reglamento de residuos en el contexto de la nueva ley de residuos y suelos contaminados.

d. Generación de residuos domésticos

En la actualidad, la cantidad de residuos urbanos generados a nivel mundial se sitúa aproximadamente en 1.3 billones de toneladas al año, y en proyecciones a 2025 se espera que aumente a 2.2 billones de toneladas por año (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012). Estos datos de producción implican una tasa media de generación de residuos urbanos por cápita en torno a los 1,2 kg/hab.día; sin embargo este valor promedio global varía considerablemente de un lugar a otro. Por ejemplo, en el sur de África la generación de residuos per cápita alcanza un promedio de 0.65 kg/hab.día (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012) en el caso de los países con un mayor grado de desarrollo económico y tasa de urbanización se produce, generalmente, mayor cantidad de residuos, como en el caso de Europa, donde el ratio de generación es cercano a los 2,2 kg/hab. Día (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012). Estas diferencias en las cantidades de residuos urbanos generados responden a distintas razones, entre ellas se destacan (González, 2008):

- I. Nivel de vida de la población. Cuanto mayor es éste, mayor es la generación de residuos. Así en la Figura 1 se observa cómo, en los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la crisis económica ha producido un estancamiento del crecimiento del Producto Interior Bruto (PIB) y de la generación de residuos domésticos; igualmente se observan previsiones paralelas en la evolución de ambos factores.
- II. Modo de vida de los habitantes. Está influenciado por las migraciones entre la ciudad y los barrios periféricos, o por el tipo de población, rural o urbana. Así en las ciudades, el mayor nivel de vida puede fomentar el consumo y la producción de basura; además a medida que aumenta la población, también lo hace la presencia de actividades comerciales, de servicios o industriales, generadoras de grandes cantidades de residuos.
- III. Nuevos métodos de acondicionamiento de los productos con tendencia a utilizar envases y embalajes desechables.

Del mismo modo, a nivel local, en países con un nivel socio-económico similar también se observan fluctuaciones a lo largo del año en la generación, producidas por diferentes causas, entre ellas (González, 2008):

- I. Estación del año. Para una misma población hay generalmente menor producción en verano.

- II. Día de la semana. Se sabe que la cantidad de residuos en una ciudad varía a lo largo de la semana.
- III. Movimiento de las poblaciones durante los periodos de vacaciones, los fines de semana y los días festivos.

En el caso de España, en la década de los 90, la generación de residuos se incrementó considerablemente debido al aumento de la calidad de vida, así como al aumento de la población del país. Sin embargo, en los últimos años también se ha reducido la generación per cápita de estos residuos como consecuencia principal de las políticas ambientales que se están llevando a cabo así como por los efectos derivados de la crisis económica en el consumo de la población (Ventura, 2012). También a nivel nacional se observan diferencias en las tasas de generación entre comunidades autónomas; las Islas Canarias y Baleares son las que presentan un mayor valor, con 600-700 kg/hab.año; seguida de Andalucía con 570 kg/hab.año; la comunidad de Madrid es la que presenta un menor valor, 372 kg/hab.año (Tabla 3). La presencia de turismo, hábitos de consumo, nivel económico, o la presencia de núcleos urbanos de elevada población justifica estos datos.

Tabla 3: Generación de residuos (kg/hab.año) por comunidades autónomas (Elaboración Propia)

Comunidad Autónoma	Población en el año 2012	Miles de t/año	Porcentaje (%)	kg/hab/año	kg/hab/día
Andalucía	8.440.300	4.809	21,4%	570	1,56
Aragón	1.347.150	578	2,6%	429	1,17
Asturias	1.068.165	535	2,4%	501	1,37
Baleares	1.111.674	783	3,5%	705	1,93
Canarias	2.118.679	1.310	5,8%	618	1,69
Cantabria	591.888	321	1,4%	542	1,49
Castilla La Mancha	2.100.998	920	4,1%	438	1,20
Castilla León	2.519.875	1.135	5,1%	450	1,23
Cataluña	7.553.650	3.631	16,2%	481	1,32
Valencia	5.113.815	2.149	9,6%	420	1,15
Extremadura	1.104.004	487	2,2%	441	1,21
Galicia	2.765.940	1.108	4,9%	400	1,10
Madrid	6.495.551	2.416	10,8%	372	1,02
Murcia	1.472.049	643	2,9%	437	1,20
Navarra	644.477	290	1,3%	450	1,23
País Vasco	2.191.682	1.099	4,9%	501	1,37
La Rioja	322.027	125	0,6%	387	1,06
Ceuta	84.180	42	0,2%	501	1,37
Melilla	83.679	42	0,2%	508	1,39
ESPAÑA	47.129.783	22.423,99	100,0%	476	1,30

e. Composición de los residuos domésticos

La gran variedad de actividades humanas generadoras de residuos supone igualmente una importante diversidad de éstos (Gomez M., 1995). También en este caso se observan una serie de variables que afectan a la composición de los residuos generados a nivel urbano, entre las que se encuentran las de carácter estacional y hábitos de consumo; sin embargo el factor que más condiciona la composición de los residuos domésticos es también el nivel socioeconómico de la población. Cuanto mayor es el nivel de desarrollo de un país, mayor es el consumo de productos ya elaborados, reduciendo el porcentaje de fracción orgánica e incrementando las fracciones complementarias de plásticos, vidrio, papel y cartón procedentes de los envases y embalajes. También se observa esta misma tendencia en localidades y pueblos que rodean las grandes urbes al contar con un mayor número de actividades comerciales y de servicios industriales.



Figura 1: Composición media del RSU en España (Magrama)

En el caso de países en vías de desarrollo, la composición de residuos tiene una predominancia de materia orgánica, con valores que pueden alcanzar porcentajes próximos al 70%. En países con mayor nivel socioeconómico, se pueden reducir a valores inferiores al 30%; por ejemplo, tal y como se observa en la Tabla 4, en el caso de la Unión Europea la materia orgánica representa un 37% de los residuos presentes en la bolsa de basura (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012)

Tabla 4: Composición residuos domésticos Europa en el año 2010 (What a Waste, 2010)

Fracción	Composición	Porcentaje		
		Europa	España	Andalucía
Materia orgánica	Restos de comida, jardinería	40%	44%	48%
Papel y Cartón	Papel y Cartón, periódicos y Revistas	23%	21%	19%
Envases ligeros	Latas, Brick, envases de plástico	11%	11%	12%
Vidrio	Botellas de Vidrio, tarros, Frascos, botes de Vidrio	6%	7%	6%
Metales	Chatarra, herramientas,	4%	4%	4%
Otros	Madera, cenizas, etc.	15%	13%	10%

La Tabla 4 recoge la composición media de los residuos en España y Andalucía. Se puede observar que no hay diferencias importantes. No obstante, si se compara con los datos medios Europeos se observa un mayor porcentaje de materia orgánica cercano al 48%, frente al 40% en Europa. Si se analizan los datos de otras Comunidades Autónomas (Tabla 5) se puede observar como el País Vasco presenta un menor porcentaje de esta fracción (36%), con igual valor que en promedio europeo, al igual que Cataluña que posee un bajo valor de esta fracción en contraste con Andalucía y Extremadura (43%) donde la actividad rural es importante.

Tabla 5: Composición RSU algunas comunidades de España (INE)

Fracción	Composición	Porcentaje		
		P.Vasco	Cataluña	Extremadura
Materia orgánica	Restos de comida, jardinería	36%	37%	43%
Papel y Cartón	Papel y Cartón, periódicos y Revistas	28%	17%	19%
Envases ligeros	Latas, Brick, envases de plástico	11%	11%	12%
Vidrio	Botellas de Vidrio, tarros, Frascos, botes de Vidrio	9%	6%	5%
Textil	Calzado, ropa y trapos	3%	4%	4%
Metales	Chatarra, herramientas,	4%	4%	2%
Otros	Madera, cenizas, etc.	9%	21%	15%

En relación a la fracción constituida por envases ligeros, embalajes, envases de vidrio y envases de papel cartón; ésta tiende a ser mayor en los países con mayor nivel de desarrollo, en España y Andalucía supone en torno al 12% sobre el total del residuos urbanos, este porcentaje aumenta hasta el 50% si se traduce a volumen, lo cual hace que sean interesantes no sólo las iniciativas de reducción en peso de residuos de envases sino también de volumen.

Además, los envases representan el 65% de todos los residuos urbanos plásticos de España, en su mayoría, de un sólo uso, normalmente fabricados a partir de materias primas no renovables.

1.3.2. Normativa

La problemática ambiental que generan los residuos ha hecho necesario establecer un marco legal que permita llevar a cabo una buena gestión de residuos, desarrollar una conciencia ambiental en la ciudadanía así como adoptar nuevos modelos de producción en los que se minimice o se eliminen los residuos. El desarrollo de la legislación en materia de gestión de residuos, por tanto, nace como respuesta a la necesidad de explotar de un modo racional los recursos naturales. Su evolución ha sido muy rápida, incorporándose en todas las ramas jurídicas y tomando autonomía propia. En el caso de España alcanza los diferentes niveles de legislación, pasando del ámbito europeo, al estatal, autonómico y finalmente local.

a. Intenciones globales

Se puede decir que no existe a día de hoy una intención global en materia de gestión de residuos. Los residuos urbanos son una pata más del campo medioambiental en el que países y gobiernos discuten, proponen y en la medida que cada uno estima, aplica medios y soluciones para mitigar los diferentes efectos de la contaminación global.

Al igual que en otras áreas del medio ambiente (control de emisiones a la atmosfera, vertidos a mares y océanos, etc) existen diferentes organismos que en cierta medida promueven y orientan políticas a aplicar en los diferentes estados y países del mundo. Entre ellas la ISWA (International Solid Waste Association) que desde 1970 tiene como misión promover y desarrollar de manera sostenible y profesional la gestión de los residuos sólidos.

La realidad de la situación global de los residuos urbanos es que no existe un debate mundial (al igual que ocurre con los gases de efecto invernadero) de cómo se debe gestionar la basura y que compromisos debe adoptar cada país o comunidad.

De manera general, cada país es responsable de su basura y dentro de cada país cada administración local responsable de su área de acción. En países desarrollados como en Europa, existe una normativa europea a la que los países deben acogerse y aplicarlas y por consiguiente velar porque las administraciones locales la cumplan. Sin embargo, en otros países de menor nivel de desarrollo, la basura se acumula por los pueblos y ciudades sin sistemas de recogida, o se amontonan junto a las mismas sin control de ningún tipo.

Dentro del marco global, la Unión Europea es la comunidad con un modelo de mayor desarrollo en cuanto a normativa y directrices globales de gestión de los residuos, seguidos de los Estados Unidos (aún lejos del nivel de compromiso medioambiental existente en Europa).

b. Marco normativo europeo

El 12 de diciembre de 2008 entraba en vigor la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre residuos, por la que se derogan varias directivas anteriores; la fecha límite para su trasposición a la normativa estatal era el 12 de diciembre de 2010. Esta Directiva

Marco de Residuos establece la filosofía comunitaria en relación con la prevención y la gestión de los residuos. Con ella se pretende conseguir simplificar y modernizar la presente legislación, implantar una política de prevención más efectiva y que amplíe sus horizontes. Del mismo modo, con su aprobación, se quiere favorecer la reutilización de productos y el reciclado de residuos, para lo cual establece la jerarquía de residuos (artículo 4) que sirve de orden de prioridades en la legislación y la política sobre la prevención y la gestión de los residuos.

Con objeto de cumplir con los objetivos recogidos en la misma, se establece el año 2014 como fecha límite para fijar los objetivos de prevención a nivel europeo, que serán de obligado cumplimiento en el año 2020. Para entonces la preparación para la reutilización y el reciclaje (incluido el compostaje) deberá suponer al menos el 50% en peso en el caso de los residuos domiciliarios, incluyendo domiciliarios y asimilables, mientras que para los procedentes de la construcción y demolición, la cifra se eleva al 70%.

Los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para asegurar que la gestión de los residuos se realice sin poner en peligro la salud humana y sin dañar al medio ambiente y, en particular, sin crear riesgos para el agua, el aire o el suelo, ni para la fauna y la flora, sin provocar incomodidades por el ruido o los olores, y sin atentar contra los paisajes y los lugares de especial interés.

Ya en la Comisión Europea de medioambiente de 2005 se definió la estrategia piramidal de gestión de los residuos. Dicha estrategia se basa en los principios jerárquicos de prevención, reutilización, reciclado, valorización energética y eliminación controlada en último caso.



Figura 2: Jerarquía gestión de residuos (Directiva 2008/98/CE)

- **Prevención.** Se trata del conjunto de medidas adoptadas en la fase de concepción y diseño, de producción, de distribución y de consumo de una sustancia, material o producto, con la finalidad de reducir la cantidad de residuo, incluso mediante la reutilización de los productos o el alargamiento de la vida útil de los productos,

minimizar los impactos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana de los residuos generados, incluyendo el ahorro en el uso de materiales o energía; y reducir el contenido de sustancias nocivas en materiales y productos.

- **Reutilización.** Se define reutilización como cualquier operación mediante la cual productos o componentes que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad con la que fueron concebidos.
- **Valorización material o reciclado.** Se trata de toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias.
- **La valorización energética.** Cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo tenga uso como combustible u otro modo de producir energía.
- **Eliminación de los residuos.** En esta fase, todos aquellos residuos que no han podido ser sometidos a un proceso de valorización son eliminados mediante algún procedimiento legal. Los más utilizados en el caso de los residuos domésticos son la eliminación en vertedero y la incineración, entendiéndose como tal a la ausencia de recuperación energética.

A continuación se recogen las Directivas, Decisiones y Programas relativos a la gestión de los residuos a nivel europeo.

De carácter general:

- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre Residuos y por la que se derogan determinadas directivas.
- VI programa de Acción Medioambiental de la Unión Europea. Sexto Programa de Acción de la Comunidad Europea en materia de Medio Ambiente 'Medio ambiente 2010: el futuro está en nuestras manos'.
- Decisión de la Comisión 2000/532/CE, de 3 de mayo, que aprueba el Catálogo Europeo de Residuos CER, modificada por las Decisiones de la Comisión, Decisión 2001-118, de 16 de enero, Decisión 2001-119, de 22 de enero, y por la Decisión del Consejo Decisión 573-2001, de 23 de julio.

De operaciones y tratamiento de residuos

- Directiva 1999/31/CE del Consejo, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos. Trata de disminuir y reducir los efectos negativos del vertido de residuos, introduciendo normas técnicas de aplicación para el vertido. Define los vertederos como instalaciones de eliminación, clasificándolos en tres categorías: residuos peligrosos, no peligrosos e inertes, estando reservadas únicamente cada clase de vertedero para su tipo de residuo, no aceptando en ningún caso residuos líquidos, inflamables, explosivos, hospitalarios o clínicos infecciosos, así como los neumáticos fuera de uso, con algunas excepciones.

- Directiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de diciembre de 2000, relativa a la incineración de residuos.
- Decisión del Consejo, de 19 de diciembre de 2002, por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE.

Traslado de residuos

- Reglamento (CE) N° 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de junio de 2006 relativo a los traslados de residuos.
- Reglamento (CE) 1418/2007 relativo a exportación con fines de valorización de determinados residuos enumerados en el Anexo III y IIIA del Reglamento (CE) 1013/2006.

Envases y residuos de envases

- Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 20 de diciembre de 1994, relativa a envases y residuos de envases.
- Directiva 2004/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de febrero de 2004 por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a envases y residuos de envases.
- Directiva 2005/20/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2005 por la que se modifica el Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 20 de diciembre de 1994, relativa a envases y residuos de envases.

Incineración y contaminación del aire.

- Directiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de diciembre de 2000, relativa a la incineración de residuos

Específicas para residuos de forma particular

- Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).
- Directiva 86/278/CEE del Consejo, 12 de junio de 1986, relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura.
- Directiva 2006/66/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de septiembre de 2006, relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores y por la que se deroga la Directiva 91/157/CEE, por lo que respecta a la puesta en el mercado de pilas y acumuladores.
- Directiva 2008/103/CE del Parlamento Europeo y del congreso de 19 de noviembre de 2008 por el que se modifica la Directiva 2006/66/CE del Parlamento Europeo y

del Consejo, de 6 de septiembre de 2006, relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores y por la que se deroga la Directiva 91/157/CEE, por lo que respecta a la puesta en el mercado de pilas y acumuladores.

c. Marco normativo estatal

Buena parte de la regulación en materia de residuos que existe en el estado español deriva de la regulación a nivel europeo y fija el conjunto de normas estatales que establecen objetivos de obligado cumplimiento. La norma básica vigente actualmente en el ámbito estatal es la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados que transpone al derecho interno la Directiva 2008/98 sobre los residuos; su aprobación supuso la derogación de la Ley 10/1998 de 21 de abril, de residuos, vigente hasta ese momento (Diputación de Granada, 2013). Esta ley denota en el artículo 46 como infracciones el abandono, vertido o eliminación de forma incontrolada de los residuos; por otro lado las normas sobre vertido e incineración establecen los requisitos que tienen que cumplir estas instalaciones en los plazos indicados y para los residuos municipales biodegradables destinados a vertedero se fija el siguiente objetivo de reducción, que, para el 16 de julio de 2016 deben suponer un vertido sólo del 35% de estos residuos en relación a los generados en el año 1995.

Tanto la Ley 22/2011, de Residuos, como el Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) para el período de 2008-2015 aprobado el 26 de Diciembre de 2008; ambos vigentes, establecen la jerarquía de gestión de acuerdo a los principios europeos: prevención, reutilización, reciclaje, valorización energética y eliminación (vertedero, incineración sin recuperación energética o con baja recuperación energética). También recogen otros principios básicos de gestión, entre ellos el de responsabilidad del productor, la aplicación de instrumentos económicos para incentivar, los principios de autosuficiencia y proximidad, principios derivados de las estrategias de residuos de la UE, derivados de la política integrada del producto, derivados de la política de desarrollo sostenible y ahorro de recursos y de lucha contra el cambio climático.

Aparte de la aplicación de estos principios, se establecen objetivos cuantitativos concretos de los que cabe destacar los previstos en la Estrategia Española de reducción de residuos biodegradables destinados a vertedero recogida en el Plan Nacional Integrado que reduce a en un 35% la emisión de 2009 a 2016, y que están traspuestos de la directiva de vertederos.

Dentro de esta Estrategia se incluyen también objetivos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

A continuación se enumera la normativa estatal que tiene una relación directa con la gestión de los residuos.

Normativa de carácter general

- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, que deroga la Ley 10/1998, la Disposición adicional quinta de la Ley 11/1997, y la orden

MAM/2192/2005. Define los diferentes tipos de residuos, los diferencia de los subproductos, y marca una nueva jerarquía en la gestión de los residuos. Además, prevé la elaboración del Plan Nacional Marco de gestión de residuos y los programas de prevención de residuos por parte de las comunidades autónomas y de la Administración General del Estado.

- Ley 11/2012, de 19 de diciembre de medidas urgentes en materia de medio ambiente.
- Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- Real Decreto 1304/2009, de 31 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante el depósito en vertedero.
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, modificado por Real Decreto 105/2008, que regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición; y el Real Decreto 1304/2009. Este Real Decreto, que transpone la Directiva 99/31/CE, relativa al vertido de residuos, recoge la clasificación en tres tipos de vertederos según la definición de residuos, regula la creación, ampliación o modificación de vertederos, y establece un marco jurídico y técnico adecuado para la eliminación de residuos a través de depósitos en vertedero.
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.
- Ley 5/2013, de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, modificada por la Ley 27/2006, 1/2005, y modificada por Real Decreto Ley 5/2004, que regula el régimen de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. Determinará las condiciones ambientales que se exigirán para la explotación de las instalaciones, especificando los valores límites de emisión de sustancias contaminantes. Está desarrollada por el Real Decreto 509/2007, de 20 de abril.
- Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos.
- Real Decreto 815/2013 Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- Resolución de 17 de noviembre de 1998 de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental por la que se dispone la publicación del catálogo europeo de

residuos (CER), aprobado mediante la Decisión 94/3/CE, de la Comisión, de 20 de diciembre de 1993.

- Resolución de 20 de enero de 2009, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba el plan nacional integrado de residuos para el período 2008-2015, (PNIR).
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

Residuos peligrosos

- Real Decreto 833/1988 de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de residuos tóxicos y peligrosos.
- Real Decreto 255/2003 que aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.
- Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, de notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias.
- Real Decreto 1802/2008 que modifica el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas aprobado por RD 363/1995.
- Real Decreto 717/2010 de 28 de mayo que modifica el RD 363/1995 de 10 de marzo de notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y el RD 255/2003 que aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

Envases y residuos de envases

- Ley 11/1997, 24 de abril de envases y residuos de envases.
- Real Decreto 782/1998, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la ley 11/1997, de 24 de abril de envases y residuos de envases.
- Real Decreto 1416/2001 de 14 de diciembre sobre envases de productos fitosanitarios.
- Real Decreto 252/2006, 3 de marzo por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización y se modifica el Reglamento para su ejecución, aprobado por Real Decreto 782/1998.
- Orden MAM/3624/2006, 17 de noviembre por la que se modifica el Anejo I del Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril de envases y residuos de envases, aprobado por Real Decreto 252/2006.
- Orden AAA/1783/2013, de 1 de octubre por el que se modifica el Anexo I del Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril de envases y residuos de envases, aprobado por Real Decreto 252/2006.

Específicas para residuos de forma particular

- Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.
- Orden ARM/795/2011, de 31 de marzo, por la que se modifica el Anexo III del Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.
- Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.
- Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.
- Orden AAA/1072/2013, de 7 de junio, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.
- Real Decreto 1619/2005, de 30 de diciembre, regula la gestión de los neumáticos fuera de uso.
- Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.
- Real Decreto 943/2010, de 23 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, de pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.

d. Marco normativo autonómico

Según la Constitución Española y el Estatuto de Autonomía de Andalucía las competencias en materia de prevención ambiental corresponden a la Comunidad Autónoma. De igual modo tiene la competencia compartida sobre el establecimiento y la regulación de los instrumentos de planificación ambiental, de la tramitación y aprobación de estos instrumentos, así como la regulación sobre prevención y corrección de la generación de residuos con origen o destino en Andalucía.

Con la aprobación de la Ley 7/2007 de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental (GICA), se actualizan los procedimientos y criterios de tutela de la calidad ambiental en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Se prioriza así la minimización de la producción en origen, fomentando la reutilización y el reciclado, frente a la eliminación en vertedero y se define el marco normativo y de actuación para un posterior desarrollo reglamentario que posibilite la concesión de los instrumentos técnicos y administrativos adecuados para la necesaria obtención de resultados tangibles. Además, en su disposición final segunda se habilita al Consejo de Gobierno y a la persona titular de la Consejería competente en materia de medio ambiente en sus respectivos ámbitos competenciales para dictar las disposiciones que se consideren necesarias para su desarrollo y ejecución.

El Decreto 73/2012, de 20 de marzo, con el que se aprueba el nuevo Reglamento de Residuos de Andalucía, supone un paso decisivo para la consecución de los objetivos establecidos en la legislación de ámbito estatal y autonómico y, en particular, en la Ley 22/2011,

de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, en el Plan Nacional Integrado de Residuos para el período 2008-2015, en el Decreto 397/2010, de 2 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Director Territorial de Gestión de Residuos No Peligrosos de Andalucía 2010-2019, y en el Decreto 7/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Plan de Prevención y Gestión de Residuos Peligrosos de Andalucía 2012-2020.

El contenido del Decreto armoniza el desarrollo reglamentario previsto en la Ley 7/2007, de 9 de julio, con el contexto definido por la liberalización de los servicios impulsada mediante la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso de las actividades de servicios y su ejercicio. A su vez, implica una adaptación a las políticas de gestión de residuos desarrolladas por la normativa específica, aplicando una regulación eficaz y coherente que tiene en cuenta, no sólo la fase de residuo, sino también el ciclo de vida de los materiales y productos.

El Reglamento de Residuos de Andalucía pone de manifiesto, además el reparto competencial entre las administraciones autonómica y locales, estableciendo el marco para las relaciones interadministrativas básicas; recoge los derechos y obligaciones de las personas o entidades productoras y poseedoras de residuos municipales e impulsa nuevas líneas de trabajo, basadas en la transmisión de la información, la promoción de la participación y la cooperación para el desarrollo de la red de infraestructuras a través de dos herramientas nuevas: una comisión para la coordinación en materia de residuos y un foro de participación e integración.

Tal y como exige el Reglamento, Andalucía cuenta con un Plan Director Territorial de Gestión de Residuos no Peligrosos de Andalucía para el periodo 2010-2019, aprobado mediante Decreto 397/2010, de 2 de noviembre. Este Plan surge ante la necesidad de adaptar la política en materia de residuos en nuestra Comunidad Autónoma a la normativa europea y al estado de la técnica sobre prevención y gestión, teniendo en cuenta los principios del desarrollo sostenible y constituye el documento básico que ha de orientar las actuaciones en materia de residuos no peligrosos, tanto generados como gestionados en Andalucía, en esta década.

Incluye programas de actuación dirigidos a minimizar su producción por flujos de residuos, así como los instrumentos, medidas e infraestructuras necesarias para su adecuada gestión.

El modelo que propone el Plan para la gestión de los residuos municipales en Andalucía se basa en la búsqueda del máximo aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos. Este modelo lleva implícita la minimización del uso del vertido como solución a la gestión de los residuos, para lo cual propone las siguientes fases: (i) la implantación de actuaciones de prevención; (ii) la recogida selectiva de las distintas fracciones que componen los residuos municipales, pudiendo optar los entes locales por un sistema de recogida selectiva de la fracción orgánica biodegradable segregada de la fracción resto; (iii) tratamiento de los residuos a través del reciclado y el compostaje o la biometanización; sobre aquello que no pueda ser reciclado o compostado se contempla la opción de la valorización energética; (iv) por último, los rechazos de los procesos anteriores se eliminarán en vertedero controlado.

A continuación se recoge la normativa andaluza con una implicación directa o indirecta en la gestión de los residuos en la citada comunidad:

- Ley 5/2010, de 11 de junio, de autonomía local de Andalucía.
- Decreto 7/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Plan de Prevención y Gestión de Residuos Peligrosos de Andalucía 2012-2020.
- Decreto 73/2012, de 20 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía, por el que se aprueba el Reglamento de residuos de Andalucía, contiene en su Art. 57 la posibilidad que las Diputaciones provinciales elaboren sus propios programas provinciales de prevención y gestión de residuos.
- Decreto 218/1999, de 26 de octubre, por el que se aprueba el Plan Director Territorial de Gestión de Residuos Domiciliarios de Andalucía.
- Acuerdo de 26 de julio de 2011, del Consejo de Gobierno, por el que se modifica el de 3 de agosto de 2010, de Formulación del Plan de Prevención y Gestión de Residuos Peligrosos de Andalucía 2011-2020.
- Acuerdo de 3 de agosto de 2010, del Consejo de Gobierno, de formulación del Plan de Prevención y Gestión de Residuos Peligrosos de Andalucía (2011-2020).
- Plan Director Territorial de Gestión de Residuos no Peligrosos de Andalucía 2010-2019, (aprobado en Consejo de Gobierno de 02/11/2010).
- Ley 7/2007 de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, (GICA), que entró en vigor el 20 de Enero de 2008, derogando la Ley 7/1994, el Decreto 153/1996 y el Decreto 292/1995. Está modificada por la Ley 9/2010 de Aguas para Andalucía; por la Ley 4/2010 de Aguas (derogado); por la Ley 1/2008; y por el Decreto 356/2010, que modifica el Anexo I y regula la Autorización Ambiental Unificada.
- Decreto 292/1995, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Decreto 153/1996, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Informe Ambiental.
- Decreto 292/1995, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Decreto 297/1995, de 19 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Calificación Ambiental.
- Decreto 94/2003, de 8 de abril, por el que se modifican puntualmente los anexos del Decreto 292/1995, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental de la Comunidad Autónoma de Andalucía y del Decreto 153/1996, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Informe Ambiental.

1.3.3. Actores estatales

En España, al igual que otros países, existen diversos sectores de interés socioeconómicos (construcción, obra pública, energía, medio ambiente, etc) en los que la aparición de intereses privados genera una relación público-privada de riesgo mutuo, en la que por norma general es el ciudadano quien soporta la carga económica de cualquier acción. Concretamente en el campo de los residuos urbanos se pueden definir tres tipos de actores estatales en España: actores públicos, privados y sociedades sin ánimo de lucro.

a. Actores públicos

Formados principalmente por todas aquellas entidades públicas que de una u otra manera están íntimamente vinculados con la gestión de los residuos. Normalmente son los ayuntamientos de cada municipio el responsable de la gestión de las basuras, dichos ayuntamientos suelen agruparse en entidades mancomunadas o consorciadas, centralizando toda la gestión de sus residuos para ser, en principio, económicamente más eficiente, además de concentrar en menos unidades el número de instalaciones de tratamiento y vertido de residuos. Dichos organismos estudian, proyectan, construyen y en definitiva, gestionan todos los pasos desde que el residuo sale de los domicilios de los ciudadanos hasta que termina tratado, reciclado, incinerado o depositado en un vertedero. Y son los responsables de que todo se haya acorde a la normativa estatal, autonómica y provincial vigente.

En muchas ocasiones estos entes públicos (ayuntamientos, mancomunidades, consorcios) gestionan directamente todos los servicios prestados al ciudadano, la recogida de los residuos, el tratamiento, el mantenimiento controlado de vertederos, etc... cobrando por todo ello un canon de gestión al ciudadano, que normalmente se hace por vivienda (cada propietario de vivienda tiene que abonar una cantidad mensual o anual para sufragar esa gestión). Sin embargo en la mayoría de ocasiones, estos entes públicos licitan los servicios comentados anteriormente, de manera que ceden la gestión de todo el sistema a empresas privadas durante un periodo determinado de tiempo. Estas empresas privadas reciben un canon por cada volumen de residuos gestionados, de esta manera, el ciudadano paga al ente público y éste a la contrata (o gestor privado).

b. Actores privados

Como hemos comentado, están formados por aquellas empresas que ofrecen sus servicios para gestionar los residuos que son competencia de los entes públicos. Y que al igual que en otros sectores de interés socioeconómicos están formados por grandes empresas como ACS, Sacyr, FCC, Ferrovial. En España más del 80% de los servicios en gestión de residuos urbanos, están adjudicados a alguna de estas empresas.

Normalmente los contratos a estos gestores se hacen por periodos de entre 15 y 20 años de gestión, blindando unos servicios que en muchas ocasiones, por desavenencias económicas entre

las partes dejan situaciones de precariedad en la gestión de los mismos, siendo en última instancia el ciudadano quien sufre y paga las consecuencias.

c. Entidades sin ánimo de lucro

Nacidas a partir de cambios normativos. Estas entidades surgen de la oportunidad de crear nuevos sectores económicos debido a nuevas obligaciones adoptadas en la normativa. Son el caso de los sistemas integrados de gestión (SIG), tales como Ecoembes (SIG de envases, contenedor amarillo), Ecovidrio (SIG vidrio, contenedor verde), Sigfito (SIG de envases fitosanitarios), Ecopilas, Sigre (SIG residuos de medicamentos).

El ejemplo de nacimiento de una de estas entidades es por ejemplo la entrada en vigor de una normativa que obligue a los fabricantes de pilas a que al menos recuperen un % del material puesto en el mercado, de manera que la unión de los fabricantes de pilas acuerdan constituir un ente sin ánimo de lucro para instalar un sistema de recogida de pilas y concienciar al ciudadano a que use ese sistema (contenedores de pilas puestos en los comercios, colegios, edificios de oficinas...) y no los depositen en la basura doméstica, de esta manera podrán ser gestionados de manera eficiente en un centro de tratamiento especializado y lo más importante “las empresas fabricantes de pilas cumplirán con la normativa”.

El coste de todo ese sistema, no debe dar un beneficio a la entidad. Eso sí, el coste de implementar estos sistemas ¿Quién lo sufraga?, directamente el fabricante del artículo en cuestión ya que es el que tiene la obligatoriedad de reciclar, pero indirectamente el ciudadano, que mantiene el sistema pagando a un coste más elevado el artículo (artículo + gestión).

1.4. Situación actual de la planta de tratamiento de residuos “Ecocentral Granada”

La planta de tratamiento de RSU de la provincia de Granada también denominado complejo medioambiental “Loma de Manzanares” o “Econcentral Granada”, está situado en el Área Metropolitana de Granada, dentro del término municipal de Alhendín, a unos 25 km de la ciudad de Granada, y ocupa una superficie de 890.500 m². Desde el año 2003 el complejo lo forman las siguientes instalaciones: Una planta de tratamiento mecánico-biológico, una planta de clasificación de envases ligeros, un aula medioambiental y un vertedero de rechazos. La nueva denominación “Ecocentral Granada” se debe a la ampliación de la planta de tratamiento mecánico (que pasó de ser tratamiento manual a tratamiento automático), comenzó su construcción en 2011, entrando en operación en 2012. La instalación se levantó sobre unas antiguas instalaciones de tratamiento mecánico, aprovechando parte de estas. Actualmente procesa unas 380.000 toneladas de residuos domiciliarios.

1.4.1. Situación gestora

Desde los inicios de la construcción primitiva de la instalación (2003), la diputación de Granada entregó mediante concurso público la gestión de la misma a una empresa privada. Una vez implementada la nueva instalación 2012 la diputación abrió las bases para una nueva

licitación para la gestión de todos los residuos domiciliarios de la provincia. Siendo adjudicataria la empresa FCC por un periodo de 25 años.

1.4.2. Situación técnica

Técnicamente la Ecocentral Granada es una de las instalaciones más grandes y modernas del Estado Español en capacidad de recuperación de materiales. Tiene la capacidad de clasificar automáticamente diversas tipologías de plásticos, bricks y metales, y manualmente cartones, vidrios y chatarras. Además tiene un programa de inversiones para la recuperación de materiales de papel y vidrio de forma automática.

2. Descripción actual de la planta de tratamiento mecánico Ecocentral Granada.

La Ecocentral de Granada es una instalación híbrida que lleva a cabo el proceso de tratamiento mecánico-biológico para la fracción materia orgánica y resto, así como el tratamiento mecánico que facilita la selección de envases ligeros procedentes de la recogida selectiva. Consta de 4 líneas de alimentación paralelas 2 a 2 de manera que cada par de líneas de alimentación comparten equipos aguas abajo. Siendo simétricas ambas mitades.



Figura 3: Vista aérea Ecocentral Granada (Diputación de Granada)

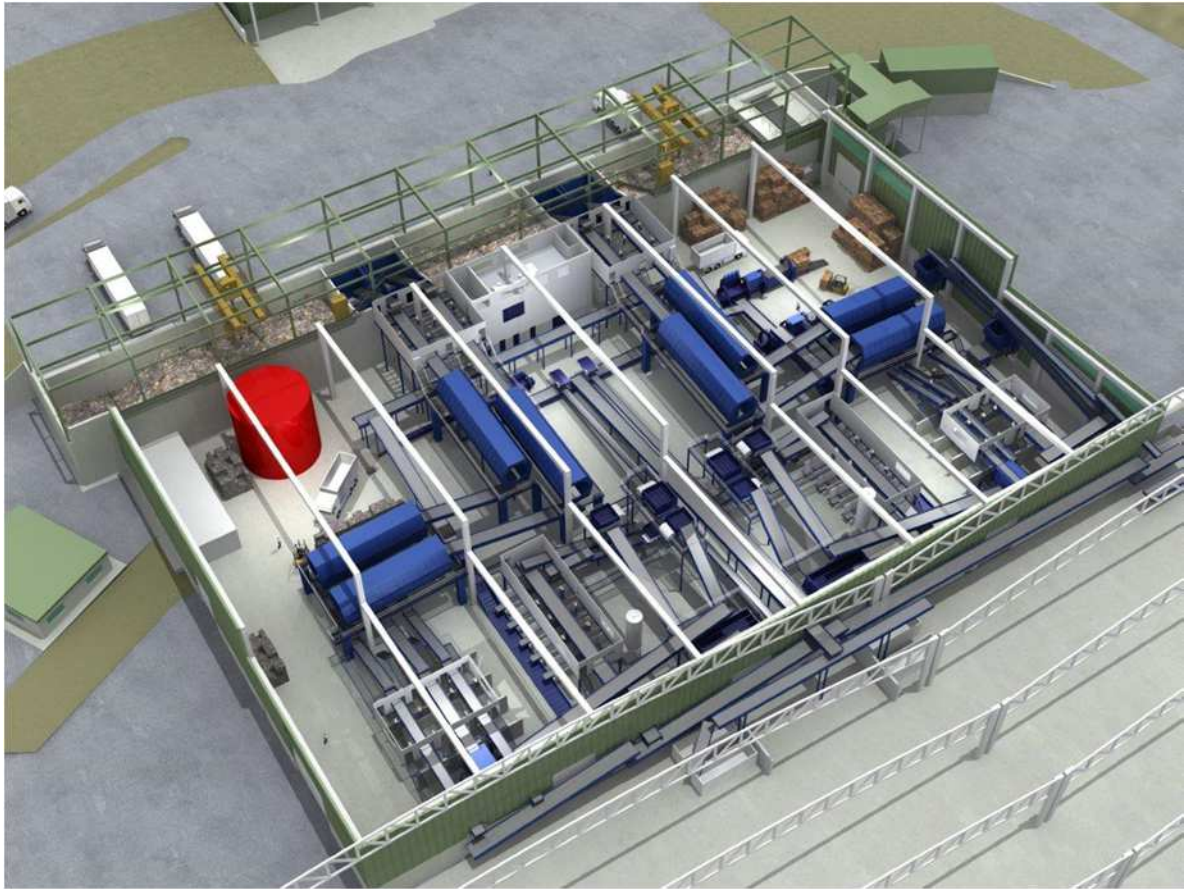


Figura 4: Diseño 3D Ecocentral Granada (Diputación de Granada)

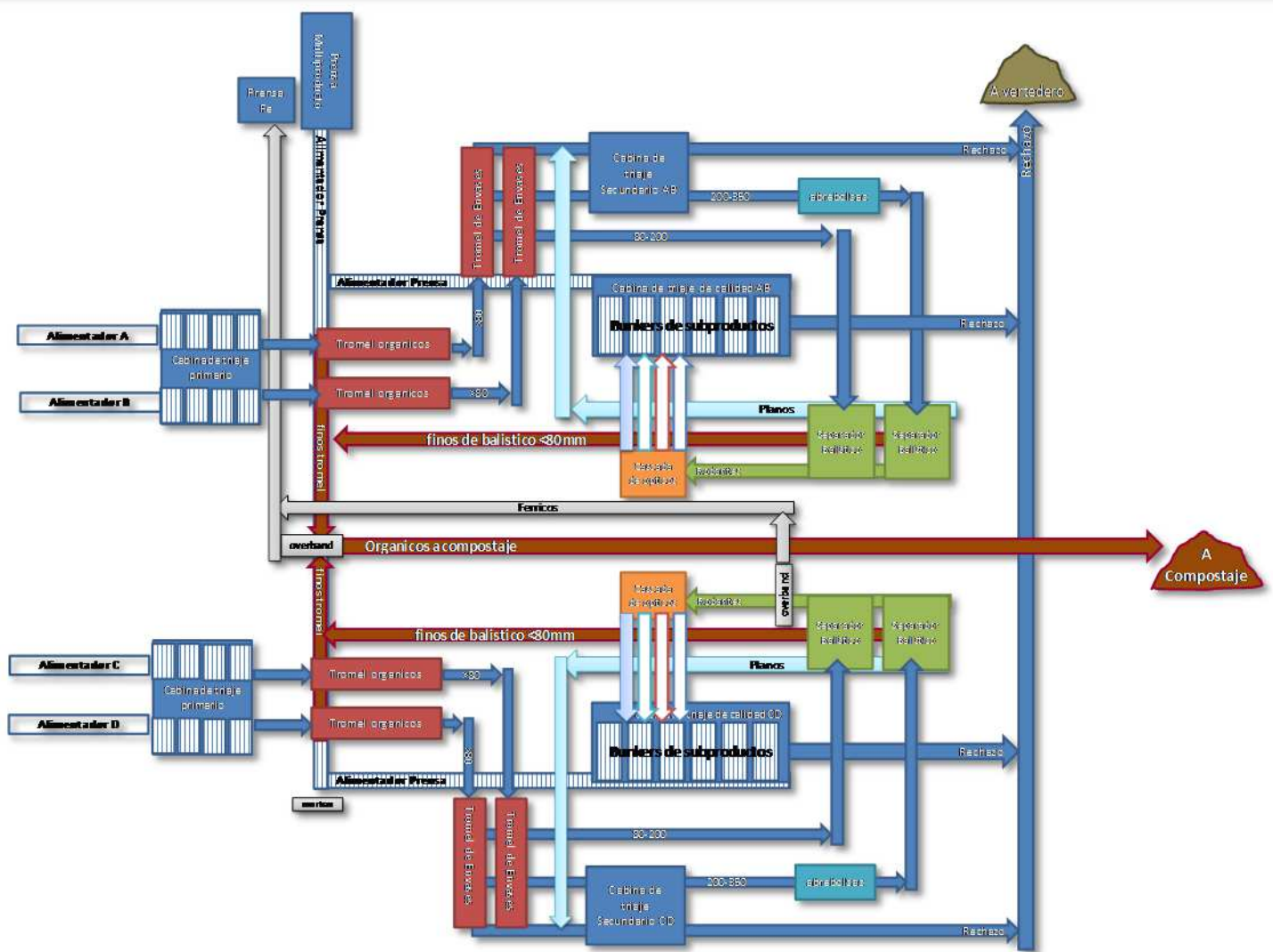


Figura 5: Esquema de proceso

2.1. Datos básicos

La planta de clasificación está diseñada para tratar 120 toneladas a la hora (4 alimentadores de 30 t/h unitarias), a un ritmo de trabajo de 2 turnos productivos por día, exceptuando festivos y fines de semana.

Tabla 6: Datos de diseño de la Ecocentral Granada

Datos de diseño		
<i>Capacidad de tratamiento de Residuos</i>	120	t/h
Tiempo de proceso		
<i>Régimen de trabajo productivo</i>	2	turnos/día
<i>Horas efectivas por turno</i>	7,5	h/turno
<i>Días efectivos de trabajo</i>	247	días/año
<i>Total anual</i>	3.705	h/año
<i>Capacidad anual</i>	444.600	t/año

2.2. Descripción de las instalaciones y procesos productivos

2.2.1. Área de recepción y almacenamiento de residuos

El área de recepción está formada por las siguientes unidades:

- Básculas:** se dispone de 2 básculas de pesaje de vehículos a la entrada de las instalaciones, una para los vehículos de entrada y otra para los de salida, contabilizando todos los residuos y materias que entran y salen del complejo.
- Plataforma de descarga:** Tras el pesaje en báscula, los camiones cargados de residuos se dirigen a la plataforma de descarga que está junto a los fosos de recepción. Esta plataforma es una superficie de hormigón a cielo abierto de un área aproximada de 3.000 m² donde los camiones maniobran y se sitúan en los puntos de descarga que le correspondan.
- Fosos de recepción:** existen 3 fosos de recepción de residuos, 2 de ellos se usan para almacenar RSU (fracción resto) y 1 para la línea de contenedor amarillo. La capacidad total de almacenamiento es de unos 5.000 m³ que es el equivalente a 2 días consecutivos de almacenamiento de residuos. Todos los fosos están bajo techado y abiertos por el lateral de descarga de los camiones. Además están aislados de la nave de proceso para no concentrar excesivos olores en las áreas de operación de personal.

2.2.2. Área de proceso

El área de proceso comprende todos los equipos fijos destinados a realizar un tratamiento específico al residuo. Y está formado por las siguientes:

- a. Sistema de alimentación, formado por los componentes puentes grúa, pulpos y alimentadores.
 - I. Puentes grúa y pulpos: se dispone de 2 puentes grúa suspendidos sobre los fosos de recepción, cada puente grúa tiene recorrido suficiente para acceder a los tres fosos de recepción. Cada puente dispone de un pulpo electrohidráulico con capacidad de hasta 5 m³. Ambos pulpos son dirigidos desde una cabina de mando en la que un operador dosifica la alimentación de los residuos a los alimentadores
 - II. Alimentadores: (de cadenas) se disponen un total de 4 alimentadores con capacidad de 30 t/h de RSU. Están situados en pareja dentro de los fosos de recepción y de manera tal que cada pareja de alimentadores (y sus tolvas) hace la separación de los 3 fosos, quedando un sistema de foso-alimentadores-foso-alimentadores-foso.
- b. Triage primario: los alimentadores de cadena elevan los residuos hasta una altura suficiente para entrar en el proceso productivo (éste es el primer punto donde llega el residuo dentro de la nave de proceso, separado de la zona del foso). En este primer triaje se realiza la separación manual de vidrio, metales grandes, cartón de calidad y elementos voluminosos que puedan dañar o atascar las líneas de proceso aguas abajo.



Figura 6: Cabina de triaje (Dip. Granada)

- c. Línea de orgánicos: una vez superado el triaje primario el flujo entra en un tamiz rotativo o trómel, que separa la fracción en 2 corrientes, la corriente fina (menor de 80 mm) y la corriente gruesa o pasante de trómel (mayor de 80 mm). La corriente fina es también llamada línea de orgánicos, ya que en esta fracción el componente principal son las sustancias orgánicas que forman aproximadamente el 80% de la composición de ésta. Dicho materia, a través de cintas transportadoras, termina en la era de compostaje para la comenzar el proceso de fermentación y maduración de compost.



Figura 7: Tromel de orgánicos

- d. Línea de envases: El pasante de tromel (mayor de 80 mm) está formado principalmente por envases de plástico, cartón, metales y otros. Es la fracción que posee los materiales de interés para reciclar. Dicha corriente entra en un nuevo trómel, en este caso separando 3 fracciones bien diferenciadas y de tamaños 80-200 mm, 200-350 mm y mayores de 350 mm. La fracción 80-200 se dirige directamente a la separación balística (dentro del área de separación automática), la 200-350 también se dirige hacia la separación balística aunque pasando antes por el triaje secundario y un sistema abrebolsas. Por último la corriente mayor de 350 mm pasa por el triaje secundario previo a su envío a vertedero.
- e. Triaje secundario: Al triaje secundario llegan las corrientes 200-350 y mayor de 350 mm, a las que se les eliminan manualmente papel-cartón, metales grandes y envases grandes (tipo cajas de fruta y botellas de PEAD de 25 litros). Tras el triaje el material 200-350mm se dirige al abrebolsas y posteriormente al separador balístico. El mayor de 350 es enviado a vertedero.
- f. Área de separación automática

- I. Separación balística: Los separadores balísticos son equipos cuyo principio físico consiste en separar elementos con forma plana de elementos con forma esférica a través de un movimiento alterno de palas especialmente dispuestas. En este caso los separadores dispuestos separan el material en tres fracciones, planos (formados principalmente por bolsas y papel, que se dirigen al triaje secundario anteriormente descrito, uniéndose a la corriente de mayor de 350 mm y posterior vertedero) rodantes (elementos esféricos formados por latas, botellas, bricks que se dirigen a los equipos de separación automática, Overband, Separadores Ópticos y Foucault) y fracción fina ya que también hace la función de cribado (esta fracción es similar a la obtenida en el trómel de orgánicos, menor de 80 mm y se une a la corriente de orgánicos para terminar en la era de compostaje).

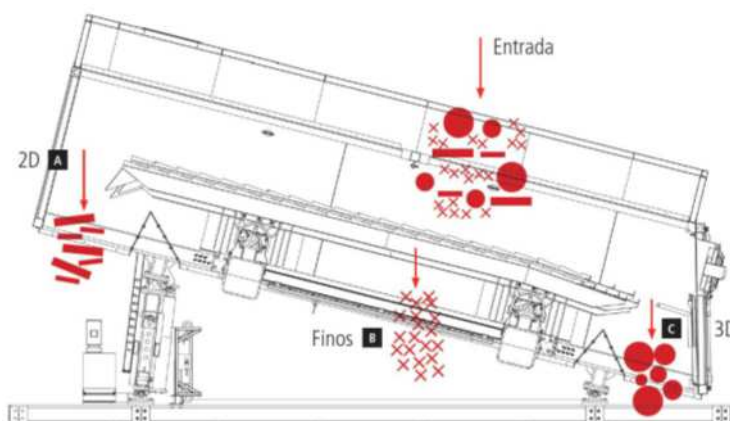


Figura 6: Separador balístico (fuente Masías Recycling)

- II. Aspirador de film: Consiste en un sistema de aspiración de elementos muy ligeros como las bolsas de plásticos. Esta situados a la salida de las corriente de planares y rodantes de balístico y ayuda a tener una mejor separación en el proceso aguas abajo.
- III. Overband: O electroimán es un equipos cuya finalidad es separar los metales férricos de la corriente de rodantes. El metal pasa por debajo del electroimán y este lo atrae magnéticamente sacándolo de la corriente y lanzándolo por medio de una cinta a una nueva cinta de recogida de férricos.



Figura 8: Separador Overband

- IV. Separadores ópticos: Estos dispositivos son equipos de última generación y en definitiva los responsables de la mayoría de materiales recuperados. Están formados por una lámpara radiación infrarroja que detecta molecularmente el tipo de material que pasa por debajo de ella. Todos estos equipos funcionan bajo el mismo principio. El material de entrada es llevado por una cinta transportadora al área de sensores. La información obtenida se procesa electrónicamente de forma tal que, dependiendo de la línea de la instalación en la que se encuentre el separador óptico, seleccionará uno u otros materiales al final de la cinta transportadora mediante chorros de aire presurizado de alta precisión. El procedimiento que sigue esta separación se observa en la siguiente figura:

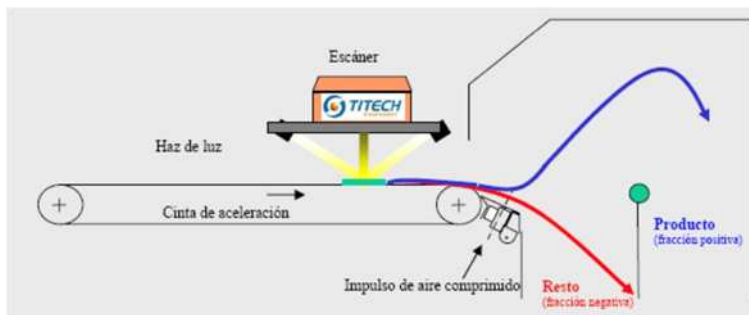


Figura 9: Separador óptico (fuente Titech)

De esta forma una cascada de separadores ópticos que enviarán cada material específico a su destino. Concretamente, por cada línea de ópticos (hay dos líneas ya que como se dijo la instalación es simétrica) existirán 4 equipos:

- Óptico plástico: separa los materiales plásticos de los no plásticos.
- Óptico de PET: Selecciona los plásticos tipo PET
- Óptico de PEAD: Selecciona los plásticos tipo PEAD
- Óptico de Brick: Selecciona los envases de Brick

La cascada de ópticos clasifica todos estos materiales y además genera dos corrientes de rechazo (rechazo plástico y rechazo no plástico) enviando todas las corrientes (materias recuperadas y rechazos a la cabina de triaje terciario, donde son tratadas manualmente)

- V. Separador de Foucault o inductivo: es un equipo cuya finalidad es separar los metales no férricos (principalmente aluminio) de la corriente de rodantes. El equipo se sitúa en la línea de rechazo no plástico de la cascada de ópticos, previo al triaje terciario. El metal pasa por una banda con una bobina interior que gira generando un campo magnético que repele los materiales de carácter no férrico, impulsando a dichos materiales y desviándolos de su corriente principal hacia una cinta de recogida que termina igualmente en el triaje terciario.
- g. Triaje terciario: o triaje de calidad. A este triaje llegan además de las corrientes de rechazos de la cadena de ópticos, los materiales clasificados por los equipos de separación PET, PEAD, Bricks, Aluminio y férricos. El objetivo principal de esta área es eliminar materias impropias (no deseadas) de las corrientes separadas automáticamente. A este triaje se le denomina triaje en negativo ya que los operadores no congen manualmente elementos de valor sino que quitan de los flujos los elementos impropios de esa corriente, presentes allí por la eficiencia de separación de los equipos automáticos. Los materiales de valor caen a bunkers de almacenamiento para luego ser prensados en forma de bala y almacenados previo a su expedición como material reciclado
- h. Línea de rechazos: todos los materiales de no valor retirados en los triajes se vierten a las cintas de rechazos que pasan por el triaje terciario. Y esta cinta a su vez se une con el resto de cintas procedente del triaje secundario para formar la corriente de rechazo de planta, que es enviada al exterior de la nave de proceso, donde se encuentra la estación de transferencia de rechazos.

2.2.3. Instalaciones accesorias

- a. Estación de transferencia de rechazos: tiene la finalidad de compactar el rechazo en contenedores cerrados de 30 m³ por medio de una prensa estática. Una vez lleno el contenedor un camión de gancho recoge el mismo y lo transporta al vertedero que en esta instalación está junto a la planta de clasificación.
- b. Nave de fermentación: el residuo urbano menor de 80 mm cribado en el trómel de orgánicos y enviado a la era de compostaje, se dispone en pilas 10 x 80 metros las cuales se van volteando con una volteadora de compost. El material

permanece allí 9 semanas en proceso de fermentación. Durante ese periodo pierde el 50 % del material que contiene a través de la evaporación, lixiviado y los gases que desprende el propio proceso biológico. Una vez compostado el residuo orgánico se procesa en un sistema de afino.

- c. Área de afino de compost: el área de afino de compost sirve para eliminar materiales inertes presentes en el compost, generando así un producto de baja granulometría, se aspecto terroso y fácil de manejar como enmienda agrícola.
- d. Vertedero de apoyo: Tanto los rechazos de la planta de clasificación, los de la planta de afino de compost son enviados a vertedero. En el caso de los residuos de la planta de clasificación a través de la mencionada estación de transferencia, para el caso de los rechazos de afino por medio de un contenedor de caja abierta.

2.2.4. Diagrama de proceso

Se muestra a continuación el diagrama general de proceso de la planta de clasificación Ecocentral Granada

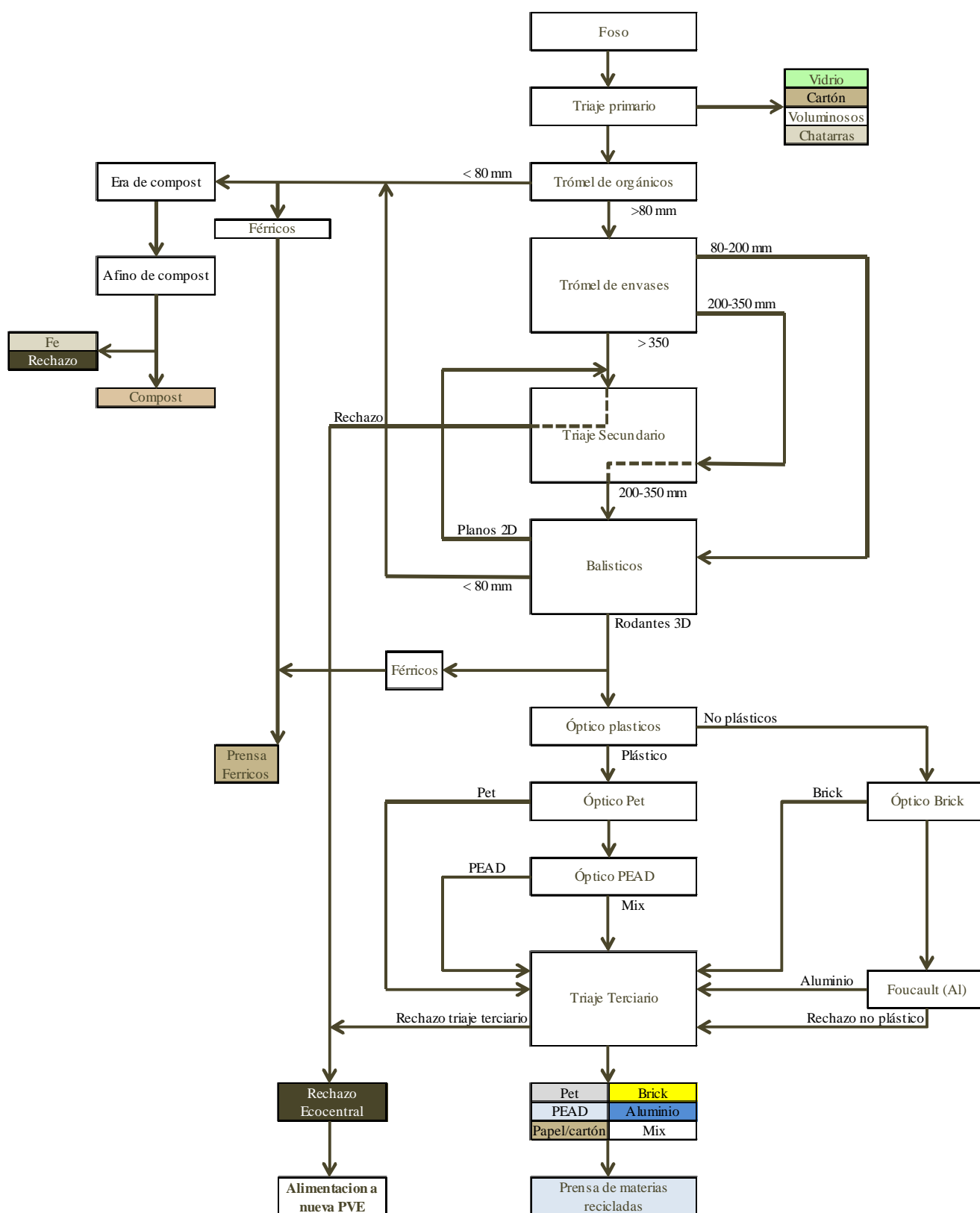


Figura 10: Esquema de proceso Ecocentral Granada (elaboración propia)

2.2.5. Balance de materia

Se muestra a continuación un balance de materia general en kg/hora así como en %.

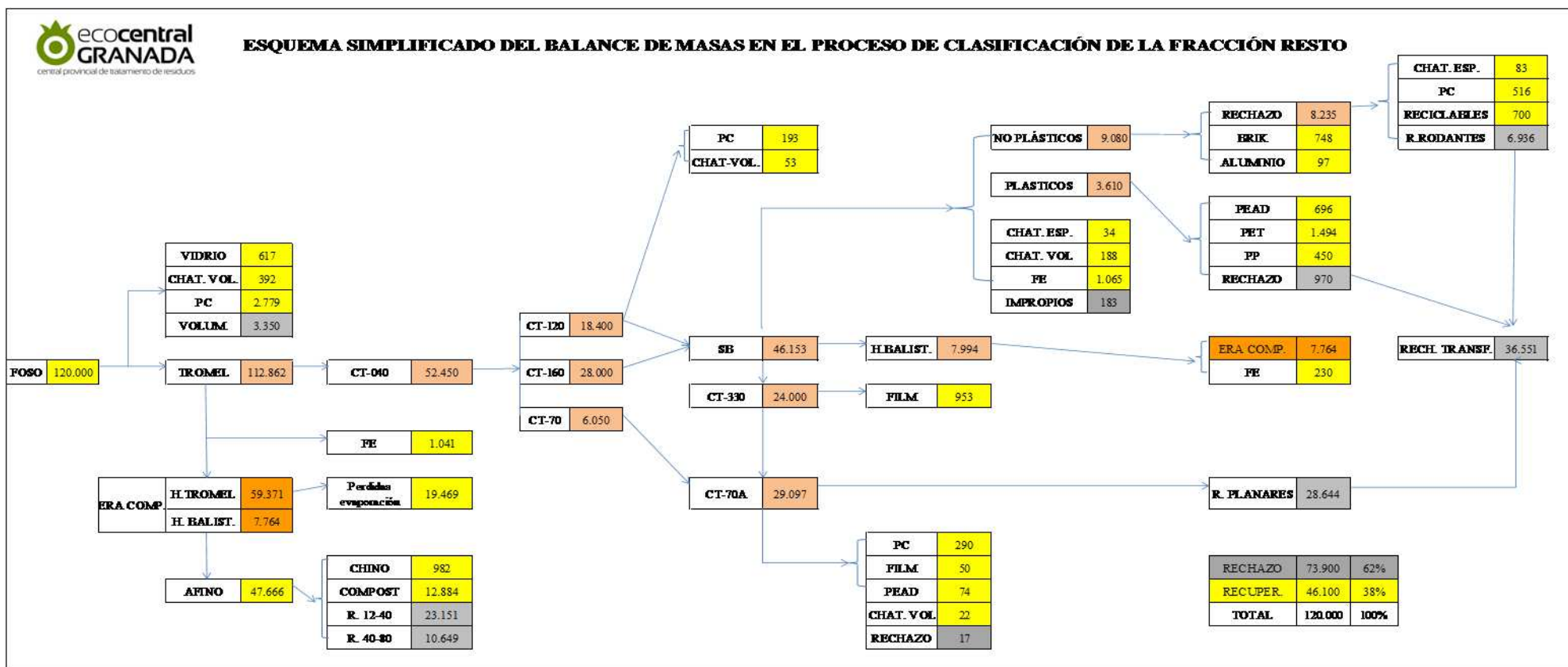


Figura 11: Balance de materia kg/h Ecocentral Granada (elaboración propia)

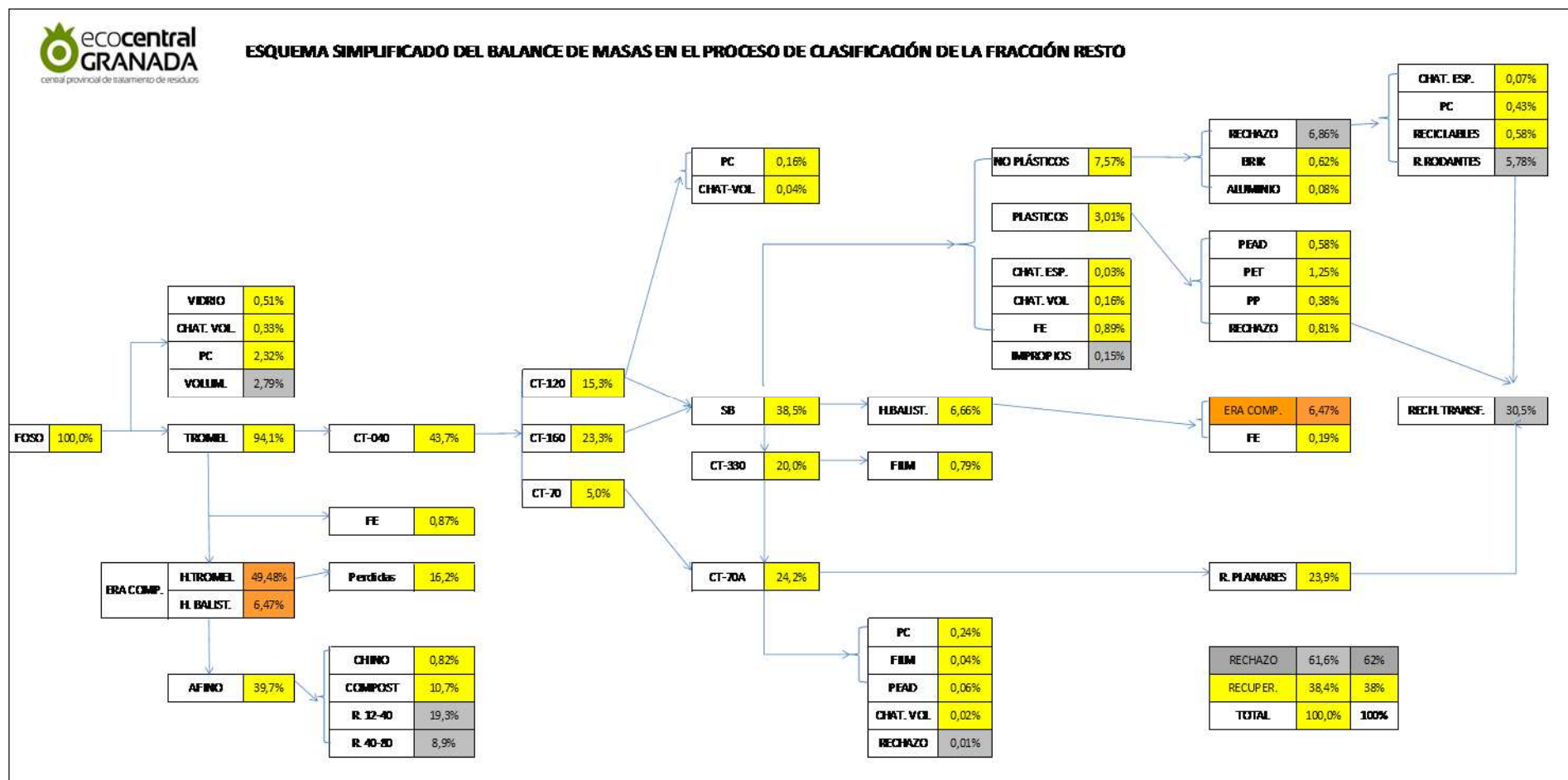


Figura 12: Balance de materia %de materia respecto de la entrada (elaboración propia)

3. Descripción de la planta de Valorización Energética de Granada (PLAVEGA)

El motivo principal de este proyecto se basa en describir y calcular las instalaciones principales de lo que pudiera ser una planta de valorización energética anexa a las instalaciones ya descritas anteriormente.

La planta de valorización energética, tendría como objetivo la valorización de los rechazos de la planta de clasificación de Ecocentral Granada. Convirtiendo estos materiales de rechazo en energía eléctrica exportable a la red eléctrica. Disminuyendo así el volumen de vertido enviado a vertedero, alargando la vida útil de éste.

3.1. Situación y localización

PLAVEGA se situaría en la margen sur de la actual Ecocentral, junto a los actuales fosos de descarga de residuos. En esa localización existe una nave edificada que actualmente está en desuso, dicha nave alberga la antigua planta de clasificación manual de envases ligeros (contenedor amarillo) que quedó obsoleta en 2014 cuando entró en funcionamiento la nueva Ecocentral. En esta nave se encuentran algunos equipos antiguos tales como alimentadores, cintas, cabinas de triaje que deberían ser desmontadas y aprovechadas en la medida de lo posible para la nueva instalación. El espacio disponible total de la nave es aproximadamente de una solera de 70 x 40 metros.



Figura 13: Localización PLAVEGA (1)

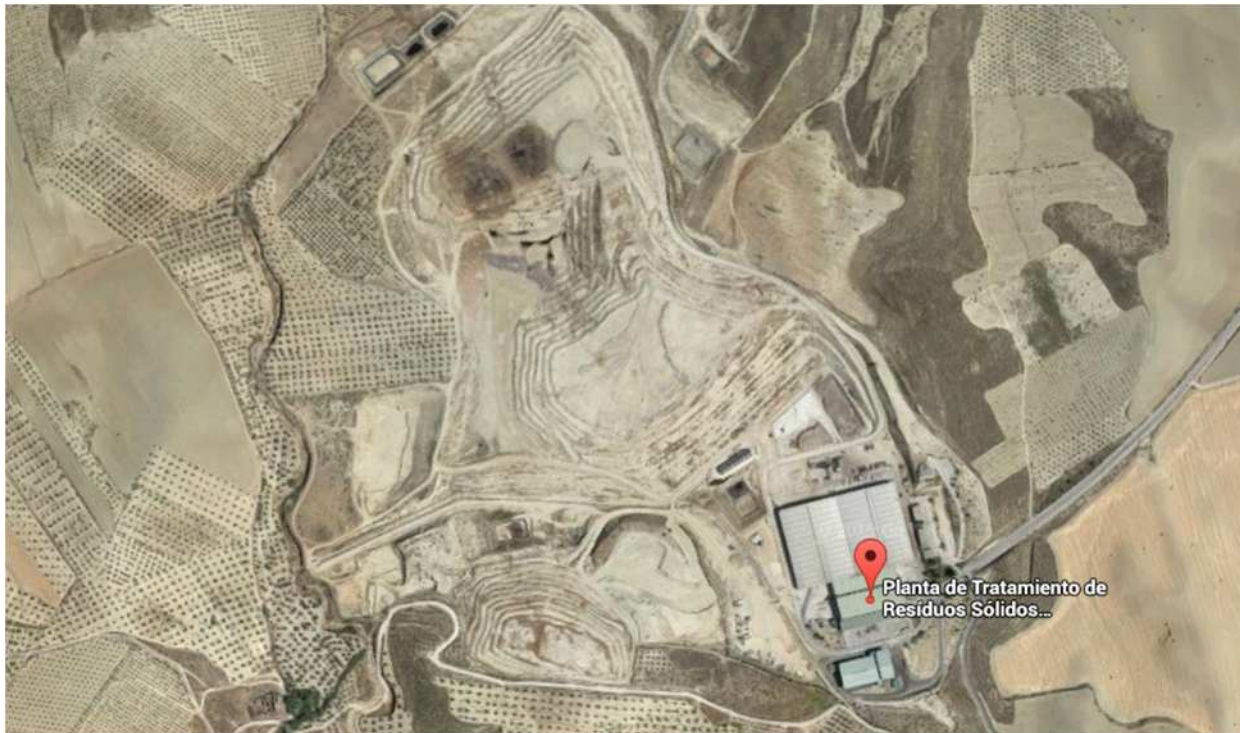


Figura 14: Localización PLAVEGA (2)



Figura 15: Localización PLAVEGA (3)

3.2. Datos básicos

PLAVEGA se alimentará principalmente de los rechazos generados de la planta de clasificación Ecocentral Granada. Adicionalmente podrán alimentarse de manera puntual residuos no peligrosos de otras procedencias.

3.2.1. Rechazos generados por Ecocentral

Los rechazos la planta de clasificación Ecocentral, suponen aproximadamente entre un 25-30% del RSU de entrada a la misma. Como se detalló en apartados anteriores está compuesto de las corrientes de rechazos de la separación de materiales de valor de las líneas de separación automática y triajes varios. Durante el año 2014 se generaron aproximadamente los siguientes volúmenes de rechazo:

Tabla 7: Volumen de rechazos Ecocentral de Granada 2014 (Diputación de Granada)

Rechazo transferencia

	Camiones	Peso medio (t)	total (t)	Días operativos	Media diaria (t)
Enero	600	12	7.200	20	360
Febrero	582	12	6.984	19	368
Marzo	656	12	7.872	21	375
Abril	669	12	8.028	20	401
Mayo	708	12	8.496	21	405
Junio	673	12	8.076	20	404
Julio	671	12	8.052	23	350
Agosto	564	12	6.768	20	338
Septiembre	612	12	7.344	22	334
Octubre	610	12	7.320	23	318
Noviembre	650	12	7.800	20	390
Diciembre	590	12	7.080	21	337
	7.585	12	91.020	250	365

El volumen total rechazado por la planta de clasificación de la Ecocentral en 2014 se situó en torno a las 91.000 toneladas, siendo el mes de mayo el de mayor producción con un total cercano a las 8.500 toneladas. Estas serán las bases para el diseño de los equipos que compongan la instalación.

En la memoria de cálculo se reflejan las diferentes bases de diseño de cada equipo y área de la instalación.

3.3. Esquema de planta

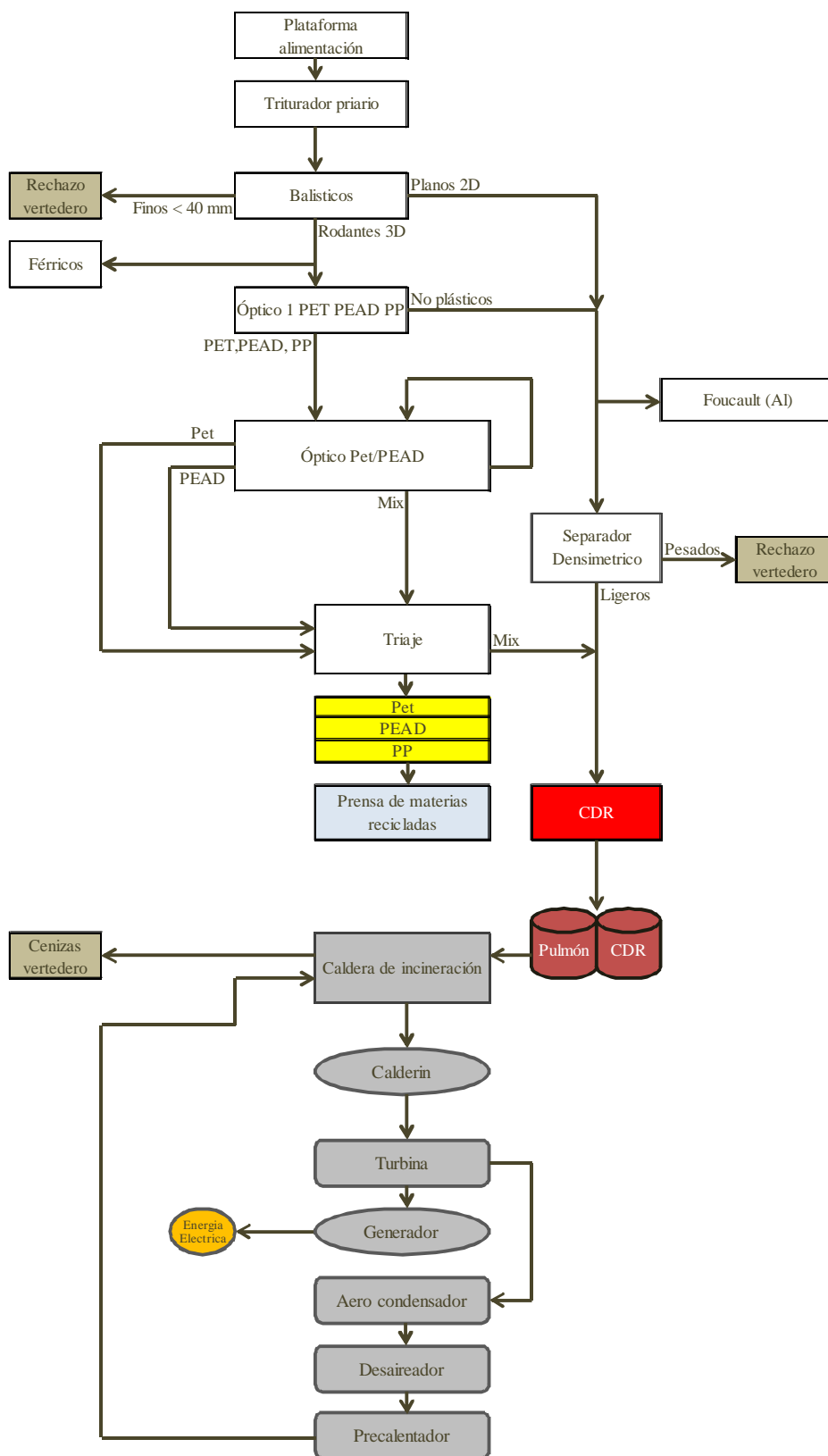


Figura 16: Esquema de planta Plavega

3.4. Descripción de las instalaciones y procesos productivos

PLAVEGA estará compuesta de 3 áreas principales, área de recepción y almacenamiento, área de preparación de CDR y área de valorización energética.

3.4.1. Área de recepción y almacenamiento

Estará compuesta por sub-áreas, por un lado el almacenamiento del material a alimentar al proceso (recepción) y por otro un almacenamiento intermedio (pulmón) previo a la alimentación al horno.

a. Área de recepción:

El área de proceso de PLAVEGA correspondiente a la preparación del Combustible Derivado de Residuos (CDR) previo a su incineración, trabajará en línea con el proceso actual de la Ecocentral. Es decir, el material de rechazo generado por la Ecocentral se transportará directamente por medio de cintas capotadas hasta el primer equipo de alimentación de PLAVEGA, de esta manera se evitará disponer de un área de almacenamiento del material de entrada. Estas cintas de importante longitud partirán directamente de cinta final de rechazos actual de la Ecocentral que se encuentra en la parte Oeste de la misma, atravesará toda la parcela en sentido ascendente hasta el exterior de la nave de PLAVEGA donde descargará a otra cinta que bordeará perimetralmente la nave acercándose a la plataforma de descarga.

No en vano, para la alimentación de otros residuos que pudieran añadirse al proceso se prevé un área de recepción que estará formada por una plataforma de descarga con capacidad suficiente y equivalente para albergar un stock de al menos 1 día operativo a máxima carga de la Ecocentral, Esto también dará la posibilidad de desviar los rechazos de la Ecocentral a la plataforma de recepción en caso de avería o parada transitoria.

Esta área se situará en la parte Este de la nave actual (equivalente a la antigua zona de alimentación de la planta de envases), por lo que se pueden aprovechar parte de las instalaciones ya disponibles.

El volumen total de almacenamiento será de unas 400 toneladas de rechazo de la Ecocentral, equivalente a un volumen de unos 2.800 m^3 (densidad del material en torno a los 140 kg/m^3). El área total aproximada a ocupar será de 600 m^2 , la plataforma tendrá 40 m de largo (equivalente al ancho actual de nave) y un ancho de 15 m con una altura de apilamiento de 4,5 metros.

b. Área de almacenamiento intermedio:

El área de proceso dispondrá de 2 sub-áreas, la de preparación del CDR y la de valorización energética, la primera trabajará a un régimen de unas 3.750 horas al año, mientras que la segunda lo hará a 8.100 horas al año. Puesto que el sub-área de valorización energética trabaja en continuo 24 horas al día, se ha diseñado un sub-área de preparación de CDR acorde a las necesidades básicas de la misma, de esta manera, la producción horaria de CDR será más veloz

rápida que el consumo en el horno. Por este motivo y además, por tener un stock de seguridad con el fin de disponer siempre de material combustible para el horno, se estima necesario un almacenamiento pulmón que amortigüe las puntas de generación y almacenamiento de CDR.

Éste almacenamiento (mejor detallado en la memoria de cálculo), tendrá una capacidad equivalente a 2,4 días de alimentación al horno a máxima producción, es decir, el volumen acumulado tendrá la capacidad suficiente para poder alimentar a la sub-área de valorización energética durante 2,4 días sin que este reciba aporte de CDR alguno.

Para éste almacenamiento se prevé un volumen de 3.000 m^3 equivalente a 420 toneladas de CDR. Dicho volumen se albergaría en 1 silo de 3.600 m^3 específico para este tipo de materiales, muy usado en la industria cementera (capacidad ligeramente superior, asumible en precio).

El silo será de geometría prismática triangular con fondo plano y con un sinfín de arrastre para su descarga. Tendrán unas dimensiones de 12 m de ancho por 12 de alto. Serán cargados mediante sistemas redlers (elevador de placas) y vaciados mediante un tornillo sinfín móvil que descargará sobre un redler de salida del silo. Se situarán en la cara Oeste en el exterior de la nave de proceso.

3.4.2. Área de Preparación de CDR

El área de proceso productivo de CDR de PLAVEGA estará compuesta de los procesos mecánicos que tratan el residuo hasta dejarlo listo para su alimentación al horno.

a. Alimentación:

- I. La alimentación al proceso comienza con un alimentador de cadenas con una capacidad volumétrica de unos $200 \text{ m}^3/\text{h}$ equivalente a 30 t/h de residuos. El alimentador está formado por el propio sistema de desplazamiento y una tolva de recepción que está por debajo de la cota del suelo.



Figura 17: Alimentador de cadenas. Fuente Stadler

- II. La tolva tendrá una capacidad de 14 m³, su función principal será alimentar aquellos residuos que estén dispuestos en la plataforma de recepción. El alimentador transportará el material desde la tolva de recepción hasta el triturador primario. Los residuos procedentes de la Ecocentral se alimentarán directamente al triturador, a través de una cinta reversible que podrá por un lado enviar el residuo al triturador y por otro a la playa de descarga.
 - III. Se prevé necesaria, para las ocasiones en que se alimenten residuos directamente desde la plataforma de recepción, una pala mecánica, que bien podría ser una de las que dispone por la Ecocentral ya que no se estima un uso continuo.
- b. Trituración primaria
- I. Se dispondrá de un triturador primario. Su función es la de crear una granulometría homogénea para el resto del proceso. El material que llega a él, tiene una granulometría bastante diversa entre 80 – 350 mm de media incluso superiores, a través de esta trituración se conseguirán granulometrías mucho más cercanas 80-150 mm lo que hará más eficiente la clasificación de residuos aguas abajo y su posterior trituración secundaria.



Figura 18: Triturador primario monorrotor. Fuente UNTHA.

- II. El triturador tendrá al igual que el alimentador una capacidad volumétrica de unos 200 m³/h, diseñado como un monorrotor de dientes triangulares tipo pico de águila y una contracuchilla dentada para ejercer un desgarrado efectivo. Será de giro lento de 0-15 rpm, un ancho efectivo de 2,6 m y una potencia aproximada de 75 kw.
 - III. Una vez triturado el material, una cinta transportadora llevará el residuos al separador balístico
- c. Separación Balística
- I. Los separadores balísticos, ya comentados con anterioridad en la descripción de la Ecocentral, son equipos muy usados en la industria de los residuos. Son equipos cuyo principio físico consiste en separar elementos con forma plana de elementos con forma esférica a través de un movimiento alterno de palas especialmente dispuestas.



Figura 19: Palas del balístico. Fuente: Stadler



Figura 20: Balístico. Fuente: Masias

- II. En la instalación propuesta se situará 1 separador balístico posterior al triturador primario, separando la corriente de entrada en 3 corrientes muy diferentes.
 - Corriente de finos, son materiales menores de 50 mm de diámetro que se desechan como rechazo de planta ya que en esta fracción principalmente

se concentra la materia orgánica, elemento que no es de interés económico ni energético.

- Corriente de planares (o 2D), compuesta principalmente por plásticos film, papel, cartón y cualquier tipo de material con forma plana, esta es la corriente mayoritaria y continuará aguas abajo hacia la separación densimétrica.
- Corriente de rodantes (o 3D), formada por elemento con forma tridimensional (botellas, lastas, cajas, paquetes...) esta corriente contiene la mayoría de plásticos y metales de interés para su reciclado. Aguas abajo se dirige a la separación de óptica automática, previo paso por un overband para recuperar metales férricos.

III. La eficiencia de estos equipos es moderada, de manera que duplicar equipos de este tipo (haciendo referencia a que el residuo ya pasa por separación balística en la Ecocentral) es interesante económicamente, aumentando la tasa de recuperación de materiales potencialmente reciclables como Aluminio, PET, PEAD, PP y acero.

d. Recuperación de metales

- I. Overband: situado en la línea de rodantes de balístico, previos a la separación óptica de plásticos. Como se detalló en la descripción de la Ecocentral, los separadores tipo overban son muy efectivos en la recuperación de metales ferrosos (90% eficiencia), además, son equipos muy económicos que se amortizan con rapidez. En PLAVEGA se dispondrá de un overband que sacará los metales de la corriente 3D enviándolos a una vagoneta de 2m³ que se transportará con toro mecánico hacia la prensa de metales de la Ecocentral.

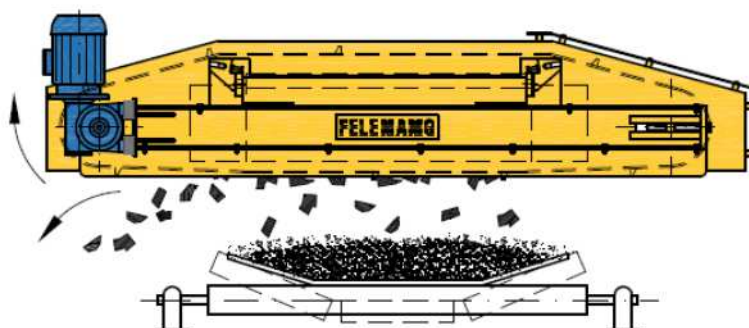


Figura 21: Overband. Fuente Felemang.

- II. Separador inductivo (Foucault): Está formado por un separador de inducción y una banda impulsora que repele los metales de condición no férrica y los extrae de la corriente en cuestión, para enviarlos a su almacenamiento y posterior reciclado. Se situará en la corriente previa de entrada al separador densimétrico, donde se unen las corrientes de rechazo de separadores ópticos y de planares de balístico. Se ha optado esta posición debido a la moderada eficiencia del separador balístico para este material. Normalmente presente en forma de latas de refresco, su bajo peso le hace repartirse entre la fase rodante y la fase planar del balístico, por ese motivo se sitúa en el punto de unión de ambas corrientes. Además, en esa posición, el material que llega a él llega libre de férricos y de envases plásticos tipo botellas, siendo su recuperación más efectiva que si se hiciera previo a la entrada al balístico.

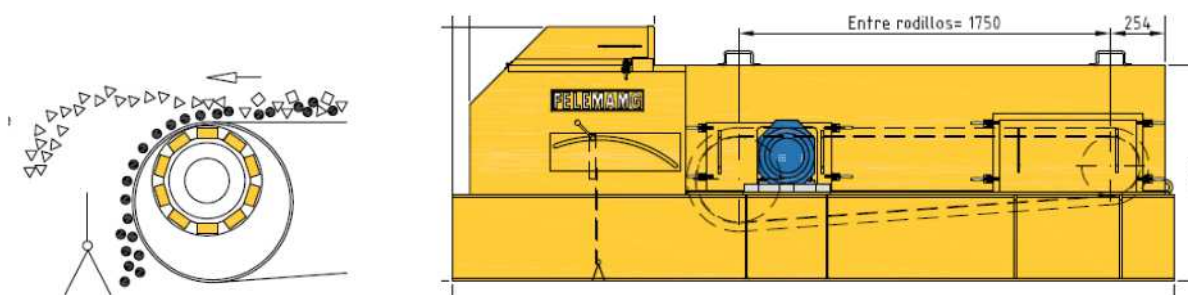


Figura 22. Separador Foucault. Fuente Felemang

e. Separación óptica

- I. Al igual que otros equipos, los equipos de separación óptica han sido descritos en la parte principal de este documento, referente a la Ecocentral.
- Se puede decir que estos equipos son sensores de materiales, que enviando una radiación (infrarroja, visible, RX...) a aquellos materiales que pasan por debajo de su sensor, excitan los enlaces moleculares de éstos, teniendo como respuesta una radiación específica por cada grupo de enlaces moleculares. Es como un espectrofotómetro. Posteriormente, a través de un software el equipo relaciona la longitud de onda recibida con un material concreto previamente definido, identificándolo y conociendo su posición en la cinta transportadora, sobre la cual el material debe ir lo más separado posible para evitar errores de solapamiento. Además de conocer la posición en la cinta, conoce la velocidad a la que se mueve. Con estos datos el equipo es capaz de “soplar” el material concreto a través de un conjunto de válvulas de pequeño diámetro que se encuentra al final de la cinta transportadora,

desviando el material en su caída y enviándolo a una nueva cinta para su posterior triaje y purificación.

- Gracias a esta tecnología es posible separar con altos grados de pureza y rendimiento, plásticos de cualquier índole, diferentes tipologías de papel, tetrabricks, metales, textiles, vidrios, etc...

II. En PLAVEGA se estiman adecuados 2 equipos:

- Equipo 1: cuyo objetivo es separar una mezcla de materiales de interés económico como son el PET, PEAD y PP, los plásticos más usados en la industria de consumibles domésticos (botellas, cajas, tupperware, envases de alimentos...) y cuyo valor en el mercado es de interés. Este equipo recogería los materiales de la fracción 3D (rodantes de balístico) y seleccionaría los materiales indicados, obteniendo 2 salidas, una de rechazo que se juntaría con la línea de planares de balístico para terminar en el separador densimétrico y otra formada por una gran concentración de PET-PEAD-PP que se dirigiría al óptico 2. Este óptico tendría un ancho efectivo de 1,2 metros.



Figura 23: Separador óptico. Fuente Titech

- Óptico 2: este óptico sería de diseño especial, ya que hace las funciones de 2 ópticos en línea. Su operativa es muy sencilla, su cinta central está dividida en 2 partes de forma longitudinal de manera que el material de un lado de la cinta no puede mezclarse con el del otro lado. El material de entrada cae en un lado de la cinta y al llegar al punto de selección el óptico sopla únicamente PET, enviando el PET a la cabina de triaje para su purificación. El material no soplado es en ese momento rico en PEAD y PP, y a través de 3 pequeñas cintas de transporte, vuelven a entrar en la

cinta del separador óptico solo que en esta ocasión por el lado contrario al que lo hace el material de entrada, para que de nuevo al llegar al punto de selección el óptico sople PEAD, enviándolo a la cabina de triaje y dejando un material no soplado rico en PP que también va a la cabina de triaje para su selección y purificación, separando de esta forma las tres fracciones de interés elegidas en el separador óptico número 1.

- Todas las fracciones separadas por los ópticos, pasan por cabina de triaje con el fin de purificarlas manualmente.

f. Cabina de triajes, búnquers y prensa.

- I. Cabina de triaje: aun teniendo una separación automática efectiva (en torno al 90 %) las corrientes que generan los separadores ópticos están ligeramente contaminada con materiales impropios (tales como plásticos que han sido soplados por error o por cercanía a otros). Es por ello que se hace indispensable una acción humana manual para terminar de dar calidad a los productos que serán vendidos. Para ello se estima que serán necesarios al menos 3 operadores (triadores) que, sobre las cintas que envían el material a los búnquers de almacenamiento previo a las prensas, controlen la calidad de cada uno de los productos, quitando o intercambiando aquellos que no sean adecuados (por ejemplo si en la cinta de PET a reciclar observan una botella de PEAD, la cogerían manualmente y la cambiarían de cinta). Aquellos materiales que no sean intercambiables entre cintas terminan en una cinta de rechazo llamada MIX que finaliza uniéndose a la cinta de ligeros de densimétrico y es de gran interés para la valorización por su elevado poder calorífico.

- Esta cabina tendrá capacidad para 4 operadores (3 reales + 2 reservas) y unas dimensiones aproximadas de 5 m de largo por 4 de ancho.

- II. Búnquer: los búnquer son habitáculos en forma de silo rectangular que sirven para almacenar los materiales reciclados, haciendo de pulmón y acumulando suficiente material para poder prensar al menos una bala de producto. Se sitúan justo debajo de la cabina de triajes ya que desde ella caen los materiales hacia ellos.

- En PLAVEGA habrá 3 búnquer, uno para cada tipo de plástico recuperado y con capacidad para albergar 15 m³ de material.
- Los búnquer tienen el piso móvil a modo de cinta transportadora que solo se activa manualmente. Normalmente cuando está lleno y es necesario vaciarlo. Su vaciado se hace hacia un pequeño alimentador de tablillas (cinta metálica de placas) que alimenta a la prensa de reciclados.



Figura 24: Bunquers. Fuente Stadler

- III. Prensa de reciclados: como se ha indicado, alimentada por el alimentador de tablillas. Ésta tendrá suficiente capacidad para prensar el volumen de materias que se reciban, que en principio no es muy elevado. Su operativa es automática, el material cae del búnquer al alimentador y de éste a la prensa que en pocos segundos genera una bala y la ata con alambre de manera automática. Una vez terminada, la bala es transportada mediante toro mecánico al stock de almacenamiento de la Ecocentral.



Figura 25 Prensa reciclados. Fuente Imabe.

- La prensa tendrá una capacidad aproximada de $35 \text{ m}^3/\text{h}$ y una fuerza de prensado de 200 kg/cm^2

- g. Separador densimétrico

- I. Al separador densimétrico llegan las corrientes de planares y los rechazos del óptico 1. El principio de funcionamiento de este equipo es bastante sencillo, dispone de una cinta de alimentación que deja caer el material sobre un flujo de aire regulable en potencia, el flujo de aire choca contra un cilindro en un ángulo determinado de forma que los materiales más ligeros pasan por encima del cilindro entrando a una cámara de expansión bajo la que se situará una cinta que los envía hasta el triturador secundario, y los más pesados caen hacia una cinta de recogida de rechazos que posteriormente verterá el material en una cuba para su expedición.
- II. El separador cumple 2 funciones básicas:
 - Proteger de elementos duros y abrasivos al triturador secundario (piedras, metales grandes no separados, vidrio)
 - Aumentar el poder calorífico del CDR. Eliminando elementos inertes que terminarían en la corriente de pesados con destino al vertedero.
- III. El separador densimétrico estará diseñado para procesar 200 m³/h. además dispondrá de variadores de frecuencia en los ventiladores de impulsión para poder controlar la calidad del producto de salida.

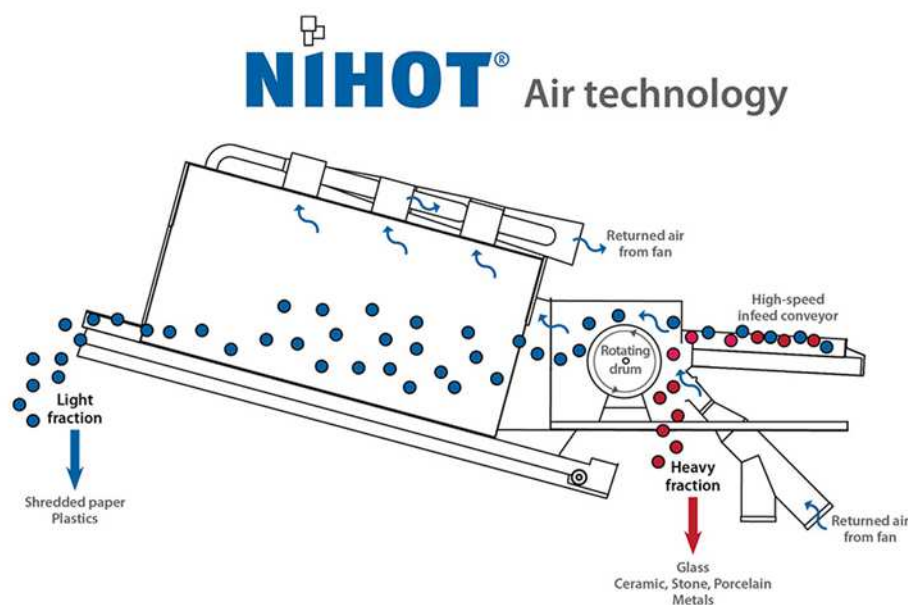


Figura 26: Separador densimétrico. Fuente Nihot.

- h. Trituración secundaria

- I. El triturador secundario finaliza el proceso de producción de CDR generando un material triturado de 25 mm de diámetro apto para su trasiego sencillo y alimentación al horno de forma mecánica o neumática.
- II. El triturador tendrá una capacidad de 160 m³/h, un ancho efectivo de 2,6 m y una potencia estimada de 250 kW, con una velocidad de giro de hasta 200 rpm.

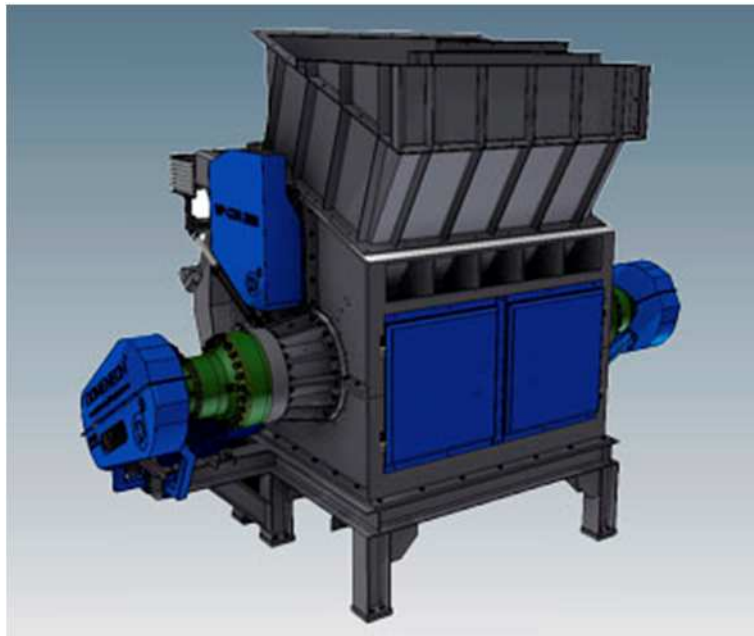


Figura 27: Triturador secundario. Fuente DSG

3.4.3. Valorización Energética

- a. Análisis de impacto del combustible en la instalación.

I. Descripción del combustible

Según el balance de materia teórico obtenido del área de preparación de DCR, el combustible corresponde a una fracción con alto contenido en plásticos y cartón, cuyas características físico-químicas se recogen a continuación:

Tabla 8: Características fisicoquímicas del CDR. Fuente Balance Materia

CDR a Horno	% composición	t/a	t/h	t/a seco	% seco	Energía disponible Mcal	Energía perdida (Agua) Mcal	Energía útil Mcal	PCI útil kcal/kg	Cenizas t/a	Cenizas %
Plásticos	28,6%	16.910	2,1	13.940	31,0%	111.448.324	1.775.839	109.672.485	6.486	629	1,1%
Pet	0,5%	322	0,0	283	0,6%	1.609.247	23.099	1.586.148	4.928	2	0,0%
Pead	0,2%	113	0,0	106	0,2%	1.067.160	4.049	1.063.111	9.422	2	0,0%
PP	1,5%	866	0,1	796	1,8%	7.828.245	41.409	7.786.836	8.996	33	0,1%
Film	20,7%	12.242	1,5	9.794	21,8%	77.688.640	1.464.141	76.224.498	6.226	511	0,9%
Otros	5,7%	3.367	0,4	2.961	6,6%	23.255.032	243.141	23.011.892	6.834	81	0,1%
Textiles	22,2%	13.122	1,6	10.498	23,4%	45.575.861	1.569.381	44.006.480	3.354	632	1,1%
Papel y cartón	30,0%	17.733	2,2	13.902	30,9%	43.591.398	2.290.794	41.300.604	2.329	2.676	4,5%
Brick	1,9%	1.096	0,1	877	2,0%	2.749.838	131.111	2.618.727	2.389	169	0,3%
Metales	0,1%	49	0,0	47	0,1%	0	1.478	-1.478	-30	47	0,1%
Fe	0,0%	12	0,0	12	0,0%	0	368	-368	-30	12	0,0%
No-Fe	0,1%	37	0,0	35	0,1%	0	1.110	-1.110	-30	35	0,1%
Vidrio	0,0%	5	0,0	5	0,0%	0	155	-155	-30	5	0,0%
Materia Orgánica	13,6%	8.029	1,0	4.014	8,9%	12.587.452	2.400.649	10.186.803	1.269	773	1,3%
Madera	3,3%	1.958	0,2	1.468	3,3%	5.889.591	292.711	5.596.880	2.859	103	0,2%
Otros	0,4%	225	0,0	203	0,5%	0	13.480	-13.480	-60	39	0,1%
Total	100%	59.128	7,3	44.955	100%	221.842.465	8.475.598	213.366.868	3.609	5.073	9%

El combustible a valorizar se almacenara a granel con una granulometría comprendida entre 0 mm y 25 mm, y se asume que se comportará en condiciones de densidad uniforme.

El análisis elemental del CDR se debe aproximar a los siguientes parámetros:

Tabla 9: Composición elemental estimada del CDR. Fuente Diputación de Granada

Composición de combustible		
	Max	Min
C	45%	40%
H	8%	5%
O	30%	20%
N	1,5%	1,0%
S	0,5%	0,2%
Cl	0,8%	0,5%
Ash	15%	7%
Water	30%	20%

II. Evaluación técnica del combustible

Atendiendo a las características fisicoquímicas y energéticas del CDR, el combustible es parecido a la que sería la de una biomasa forestal, con mayor poder calorífico debido a la presencia de mayor cantidad de H. Se puede observar en la siguiente tabla comparativa.

Tabla 10: comparativa combustible-biomasa de referencia. Fuente GestamBiomass.

	Composición de combustible				
	Rango de datos		Equivalentes en BH y BS		Referencia
	Max	Min	BH % masa	BS % masa	
C	45%	40%	37,1%	48,7%	47,5%
H	8%	5%	5,7%	9,4%	5,4%
O	30%	20%	21,8%	28,7%	39,0%
N	1,5%	1,0%	1,10%	1,4%	0,4%
S	0,5%	0,2%	0,3%	0,4%	0,1%
Cl	0,8%	0,5%	0,6%	0,7%	0,1%
Ash	15%	7%	6,0%	10,6%	6,2%
Water	30%	20%	27,5%	-	-
PCI kJ/kg			16.179	20.628	15.520

Las propiedades del combustible condicionan notablemente el diseño de las instalaciones, especialmente en los siguientes aspectos:

- El elevado porcentaje de compuestos halogenados del combustible (en este caso, cloro entre el 0,5 % y el 0,8 %) condiciona tanto el sistema de combustión como las condiciones de ciclo, siendo este porcentaje elevado frecuentemente una de las principales características definitorias de los equipos de una instalación de generación térmica. En este caso particular:
 - Desde el punto de vista del sistema de combustión, las temperaturas de llama en el hogar no pueden ser demasiado altas o de lo contrario la presencia de cloro pueden propiciar problemas corrosivos en los elementos mecánicos. Térmicamente, la variación de la temperatura de llama afecta a las condiciones de intercambio térmico en el hogar con lo que el equipo tiende a aumentar de tamaño cuando la temperatura de llama desciende dado que se requiere un aumento de las superficies de intercambio radiante.

- A fin de evitar problemas por corrosión a alta temperatura (fenómeno que ocurre en calderas con una combinación de elevada presencia de cloro en gases de combustión y deposiciones en los bancos de tubos), la máxima temperatura del vapor generado en el ciclo ha de mantenerse bajo cierto umbral de seguridad para que las superficies de intercambio de calor se mantengan por debajo de este margen de seguridad, con la consiguiente pérdida de rendimiento de ciclo.
 - Considerando que los gases de combustión resultantes son potencialmente ricos en compuestos clorados y sulfurados, y a fin de evitar problemas por corrosión a baja temperatura a consecuencia de la aparición de condensaciones sobre las superficies más frías de los equipos de intercambio gas-aire (precalentador/es de aire), los gases de combustión no deben alcanzar su punto de rocío. Para mantener un cierto margen de seguridad, la temperatura de salida de gases de los equipos de precalentamiento de aire se ha de mantener por encima de un cierto margen de seguridad del punto de rocío, requiriéndose la presencia de un equipo de precalentamiento de aire de combustión total (“Steam coil”) para que el agotamiento térmico de la corriente de gases no sea tal que se puedan producir condensaciones puntuales en el precalentador de aire. Esto implica un nuevo equipo de intercambio y una reducción en el rendimiento de la instalación, debido a que este equipo se surte de vapor extraído de una de las etapas de la turbina con lo que la producción eléctrica de la misma se ve reducida.
- La concentración de Nitrógeno (1-1,5 % frente al 0,42% convencional para biomásas) podría representar una gran cantidad de compuestos nitrogenados (NOx) en los gases de combustión, pero al tener que diseñarse sistema de combustión para una baja temperatura de llama, el componente térmico de la generación de NOx no sería tan preponderante frente al componente cinético del mecanismo de generación. En este caso el NOx podría abatirse con la inclusión de un equipo catalítico.
 - La concentración de Azufre (0,4% frente a un 0,01% convencional para biomásas) podría requerir de un sistema de tratamiento de gases no catalítico (inyección seca de un agente reductor), dependiendo de los umbrales de emisión. El tratamiento de estos compuestos implicaría un consumo de reactivos y una corriente de efluentes adicional que gestionar.

III. Clasificación legal del combustible y definición legal de la caldera, conclusiones.

En lo referente a diseño y explotación de la instalación, la normativa define los siguientes requisitos (Real Decreto 815/2013):

- El contenido de compuestos orgánicos totales (COT) en escorias y cenizas ha de ser menor al 3% o que la pérdida por combustión sea inferior al 5% del peso en seco de la materia.
- La instalación se equipara y explotará de manera que los gases de combustión se mantengan a una temperatura superior a los 850°C (temperatura medida cerca de la pared interna de la cámara de combustión) durante dos segundos después de la última inyección de aire.
- Si el combustible tiene más del 1% de sustancias organocloradas, se mantendrá los gases de combustión se mantengan a una temperatura superior a los 1100°C (temperatura medida cerca de la pared interna de la cámara de combustión) durante dos segundos después de la última inyección de aire.
- La instalación estará equipada de un quemador auxiliar alimentado por un combustible que no pueda causar emisiones mayores que las producidas por la quema de gasóleo y funcionará cuando la temperatura de gases no se pueda asegurar por encima de los requisitos anteriores así como en las operaciones de puesta en marcha y parada.
- La instalación tendrá un sistema automático de alimentación de combustible que impida la alimentación en los siguientes casos:
 - Durante la puesta en marcha de la instalación mientras no se alcancen los requisitos de temperatura de gases anteriormente descritos.
 - Cuando no se puedan mantener los valores de temperatura de gases anteriormente mencionados.
 - Cuando se superen los valores umbral de emisiones correspondientes.
- En la instalación, el transporte y almacenamiento temporal de los residuos secos en forma de polvo se realizará de tal modo que se evite la dispersión de los mismos al medio ambiente.

Asimismo, en estas instalaciones se tendrá que realizar una monitorización tal que:

- Se realice una medición en continuo de las siguientes sustancias: NOx, CO, COT, HCl, HF, SO2 y concentración de partículas.
- Se medirán en continuo determinados parámetros de proceso:
 - Temperatura cerca de la pared interna de la cámara de combustión.

- Concentración de oxígeno, presión, temperatura y contenido de vapor de agua de los gases residuales producto de la combustión.
- Como mínimo, se realizarán dos mediciones anuales de metales pesados y dioxinas/furanos a excepción de durante los 12 primeros meses de operación de la planta, donde se realizará, como mínimo, una medición cada tres meses.
- Al menos una vez (cuando se ponga en servicio) se medirá, el tiempo de permanencia, temperatura mínima y contenido en oxígeno de los gases residuales.

Por otro lado, para instalaciones de incineración, los valores límite medios diarios expresados en mg/Nm³ en base a una concentración del 11% de O₂, se recogen en la tabla mostrada al final de este apartado.

En lo referente a los valores límite de emisión para dioxinas y furanos a lo largo de un periodo de muestreo de un mínimo de seis horas y un máximo de ocho horas, el valor límite de emisión se referirá a la concentración total de dioxinas y furanos calculadas según normativa y no podrá ser superior a 0,1 mg/Nm³.

Con respecto a los valores límites de emisión de monóxido de carbono (CO) en los gases residuales, no se podrá exceder los 50 mg/Nm³ como valor medio diario.

Tabla 11: Real Decreto 815/2013 Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.

Sustancias contaminantes (mg/Nm³) – medias diarias	
Partículas totales	10
Sustancias orgánicas en estado gaseoso y de vapor expresadas en forma de carbono orgánico total (COT)	10
Cloruro de hidrógeno (HCl)	10
Fluoruro de hidrógeno (HF)	1
Dióxido de azufre (SO ₂)	50
Monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO ₂) expresado como NO ₂ para instalaciones de incineración de residuos existentes de capacidad nominal superior a 6 toneladas por hora o instalaciones nuevas .	200
Monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO ₂) expresado como NO ₂ para instalaciones de incineración de residuos existentes con capacidad nominal no superior a 6 toneladas por hora o instalaciones nuevas.	400
Metales pesados (mg/Nm³) - periodo de muestreo mínimo de 30 minutos y máximo de 8 horas.	
Cadmio y sus compuestos, expresados como Cadmio (Cd)	Total= 0,05
Talio y sus compuestos, expresados como Talio (Tl)	
Mercurio y sus compuestos, expresados como Mercurio (Mg)	0,05
Antimonio y sus compuestos, expresados como Antimonio (Sb)	Total= 0,5
Arsénico y sus compuestos, expresados como Arsénico (As)	
Plomo y sus compuestos, expresados como Plomo (Pb)	
Cromo y sus compuestos, expresados como Cromo (Cr)	
Cobalto y sus compuestos, expresados como Cobalto (Co)	
Cobre y sus compuestos, expresados como Cobre (Cu)	
Manganeso y sus compuestos, expresados como Manganeso (Mn)	
Níquel y sus compuestos, expresados como Níquel (Ni)	
Vanadio y sus compuestos, expresados como Vanadio (V)	
Nota:	
Los valores medios tanto de metales pesados como de sus compuestos corresponden tanto a las formas en estado gaseoso como en estado vapor.	

b. Descripción técnica

La instalación de valorización del CDR se trata de una planta de generación de potencia mediante combustión donde el combustible, según lo establecido en las leyes de aplicación, se quema en condiciones particulares dentro de un equipo de incineración de tal modo que la energía térmica que se genera en el proceso se transfiere e invierte en un vapor en determinadas condiciones de presión y temperatura. Dicho vapor se expande dentro de una turbomáquina que transforma esta energía térmica en un trabajo mecánico que a su vez es transformado en una energía eléctrica que es vertida a la red eléctrica en condiciones de transporte para su consumo.

I. Caldera de incineración

La caldera de incineración es el generador térmico en sí de la planta, donde el combustible recibido del sistema de almacenaje y transporte se incinera en condiciones controladas de operación según las normativas de aplicación para la producción de un vapor sobrecalentado para su turbinación y producción eléctrica. Las características del vapor generado están condicionadas a la maximización de la producción eléctrica y condiciona parte del diseño mecánico del equipo en sus componentes a presión.

Generalmente estas calderas de incineración son calderas de vapor acuotubulares autosoportadas de convección natural construidas con paneles de tubos que conforman las paredes del equipo y que confinan los gases de combustión conduciendo a su través agua en permanente cambio de fase. Internamente dispone de bancos tubulares que calientan el agua o sobrecalientan el vapor hasta las condiciones finales a turbinar.

Los componentes principales de esta partida suelen ser:

- Sistema de combustión de tipo parrilla viajera o vibrante, generalmente con su propia estructura soporte.
- Sistemas de inyección de oxidante de aire de combustión precalentado y gases recirculados.
- Partes a presión, donde se engloba entre otros las paredes de tubos como los colectores que comunican los diferentes circuitos de agua, tubos de interconexión, calderín de separación de vapor y bancos convectivos de tubos.
- Aislamiento.
- Quemador de arranque/apoyo, de gas o gasóleo según la disponibilidad de servicios auxiliares de la planta.
- Sistema de control de la caldera y valvulería asociada.
- Sistemas de inyección de aditivos a alta temperatura.
- Sistemas de limpieza mediante soplado de vapor.
- Sistema de extracción y transporte de escorias en vía húmeda (“reddler húmedo”).



Figura 28: Diseño de horno-caldera. Fuente GestamBiomass

Debido a la granulometría, humedad y las condiciones de emisiones de inquemados (CO), el sistema de combustión típico en estas calderas de incineración son parrillas móviles (en rojo en la Figura 26), ya sean viajeras o vibrantes, donde el combustible proveniente de un silo diario/horario se vierte sobre la parrilla y sobre esta el combustible se quema mientras avanza por acción de un suelo móvil (parrillas viajeras) o por la vibración de la superficie de combustión (parrillas vibrantes). De este modo, en el extremo opuesto de la entrada de combustible, se vierten los subproductos de combustión en el sistema de recepción de escorias, generalmente húmedo (conocido como “reddler húmedo”, en celeste en la parte inferior de la caldera de la figura 26). Debido a que, como se indicó anteriormente, es importante controlar la temperatura de llama debido a los efectos corrosivos en la superficie del sistema de combustión, las parrillas suelen estar contruidos de materiales resistentes a la acción de los compuestos ácidos en piezas relativamente fáciles de reponer y alimentadas inferiormente de una mezcla de gases de combustión recirculados y aire de combustión.

Para la correcta combustión del residuo, el oxidante (aire de combustión) de inyecta en diversas etapas y ubicaciones en el interior de la cámara de combustión de modo que se asegure la combustión del residuo a la vez que se cumple con los requerimientos legales, dado que al tratarse de una planta de incineración, se requiere que los gases de combustión se mantengan por encima de una temperatura de 850 °C o 1100 °C (dependiendo de la concentración de

compuestos organoclorados) durante dos segundos después de la última inyección de aire. Esto se consigue en estas calderas diseñándolas con una cámara de combustión adiabática (internamente recubierta de materiales refractarios) a continuación del sistema de combustión, donde un quemador auxiliar provee del incremento de energía necesario a los gases en aquellas situaciones donde el combustible (bien por su naturaleza o por un incremento puntual de humedad fuera de las condiciones normales de operación) no genere los gases de combustión en las condiciones exigidas por normativa.

Este quemador auxiliar/arranque no solamente aporta energía térmica en condiciones de operación cuando la temperatura de gases es susceptible de caer por debajo de los umbrales legales, sino que se también se puede usar para calentar el hogar en las condiciones de puesta en marcha si la disposición del mismo así lo permite. Dependiendo del diseño de la cámara adiabática, pueden ser necesarios dos quemadores, uno de arranque cerca de la parrilla para el calentamiento de la misma en las operaciones de arranque y otro auxiliar en una posición más elevada en casos de baja temperatura de gases.

Las partes a presión de la caldera de incineración corresponden a todas las partes mecánicas por las que circula agua en alguna de sus fases posibles y donde tienen lugar el intercambio de energía de los gases de combustión al agua, produciendo su cambio de fase o posterior sobrecalentamiento. Debido a que se trata de una caldera de convección natural, la propia variación de densidad del fluido en cambio de fase es la fuerza motriz del agua que, circulante por las paredes de tubos que conforman el cuerpo de la caldera evoluciona hasta convertirse en vapor turbinable.

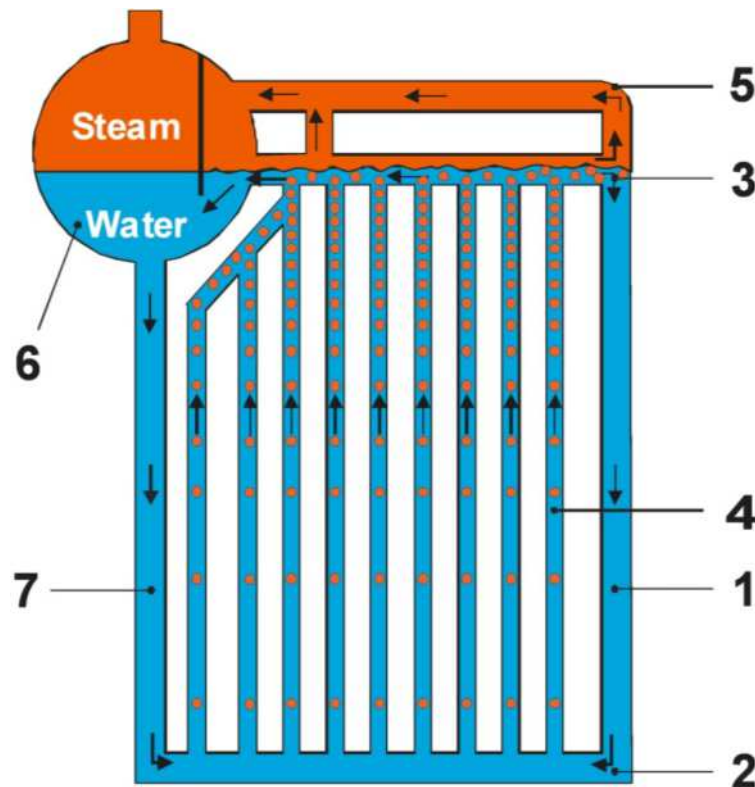


Figura 29: Esquema de un circuito de circulación de una caldera de convección natural.

- Downcomers: Que corresponden a los tubos que bajan desde el calderín y que alimentan las paredes de tubos de la caldera. Dado que es agua saturada, tiene una mayor gravedad y ejerce presión en la base de los conductos. El ítem número 7 también es un tubo downcomer.
- Feeders: colectores inferiores que alimentan las paredes de tubos desde los downcomers.
- Risers: Conjunto de colectores superiores a los que vierten las paredes de tubos membranados y que alimentan el calderín con una mezcla de agua/vapor tras haberse evaporado en las paredes de tubos. Esta mezcla de agua/vapor tiene menos densidad que el agua saturada, por lo que hay una diferencia de densidad entre la parte superior de las paredes de tubos membranados y su parte inferior que hace que el agua suba y por tanto, circule por el circuito.
- Paredes de tubos membranados: Conjunto de tubos unidos entre sí por membranas metálicas que son la envuelta de la caldera y que reciben la energía radiante y convectiva de los gases de combustión, con lo que cambia su fase y con ello su densidad, propiciando que en su parte inferior haya un fluido con más densidad y en su parte superior, el mismo con menos densidad, con lo que se produce una circulación.

- Risers de vapor: Con la misma función que los “risers” normales, llevan vapor saturado al calderín.
- Calderín de vapor: Recibiendo todas las mezclas de agua/vapor y vapor de los feeders, dispone de elementos internos para separar físicamente las fases del agua, devolviendo el agua saturada a la caldera para su calentamiento y el vapor a los bancos de tubos de sobrecalentamiento donde los gases de combustión sobrecalientan el vapor saturado hasta dejarlo en condiciones de turbinar.

En cuanto a las condiciones del ciclo de vapor, es decir, los valores de presión y temperatura del vapor de ciclo generado en la caldera y turbinado posteriormente, depende de una serie de consideraciones que se tienen que acordar entre el suministrador del conjunto caldera incineradora y el del turbogruppo. Por un lado, para el vapor cuanto más alta es su presión y más sobrecalentado está más eficiente es el ciclo de potencia y más eficiente es el turbogruppo que se surte de este vapor, pero los equipos se tienen que diseñar para condiciones más severas de operación, con el incremento de coste se deriva de esto. Asimismo, dependiendo del combustible, como ya se indicó anteriormente, el vapor sobrecalentado final no puede tener demasiado temperatura puesto que los bancos de tubos trabajarían a tal temperatura que podría darse bien el ataque ácido de los compuestos que transportase los gases de combustión o aumentar el ensuciamiento de los tubos.

Por analogía a calderas similares con combustibles “problemáticos”, las condiciones de ciclo serán tales que se genere vapor a 60 bar(a)/400°C, con lo que los equipos no tienen que funcionar en condiciones excepcionalmente severas y con ello el diseño mecánico de los equipos no los hace excepcionalmente caros, siendo asimismo valores típicos en los márgenes de potencia de instalación que se considera con el suficiente margen de seguridad en cuanto a ensuciamiento y problemas de corrosión.

Hay que hacer especial hincapié en los bancos de tubos correspondientes al sobrecalentador de vapor final, que generalmente se disponen de tal modo que enfrenta los gases de combustión más calientes después de la zona radiante calentando vapor saturado procedente del calderín hasta la temperatura final de sobrecalentamiento. Estos tubos son los elementos de la instalación que trabajan a mas temperatura con la sola salvedad de los de la parrilla (suponiendo una temperatura de ataque de gases típica de 850°C y una temperatura de saturación de 280°C, la temperatura del metal puede estar cerca de los 600°C), con lo que para evitar los posibles problemas de corrosión se realizará la fabricación (o recubrimiento exterior) en materiales aleados que, aun incrementando muy notablemente el precio del conjunto del banco de tubos se justifican porque de lo contrario podrían romperse durante la operación normal de instalación. En la medida en que el ciclo se diseña con márgenes de seguridad frente a estos efectos de corrosión a alta temperatura, este recubrimiento puede hacerse en materiales aleados más

baratos, pero es práctica común el disponer de dichos materiales debido al riesgo que suponen para la operación continuada de la planta.

En cuanto a los sistemas de limpieza por soplado de vapor, se trata de los sistemas más extendidos para la limpieza exterior de las superficies de intercambio convectivas de una caldera, y funcionan de tal modo que al menos una vez por turno de operación limpian dichos tubos, consumiendo para ello vapor sobrecalentado generado en la caldera (consumiendo hasta un 5% de la producción de vapor de la caldera durante los soplados). Estos sistemas son tubos retráctiles que entran en el hogar de la caldera liberando vapor en el proceso, de modo que van “soplando” sobre la superficie de los tubos todas las cenizas depositadas sobre éstos, que se arrastran por la corriente de gases hasta acabar en sistema de limpieza de gases. Dependiendo de la calidad del combustible, su cantidad de cenizas o la frecuencia recomendada de limpieza sobre las superficies (para evitar problemas corrosivos, por ejemplo), este consumo de vapor puede ser más o menos importante o frecuente con lo que puede alterar notablemente la producción eléctrica de la planta, siendo por tanto un factor importante en el diseño final.

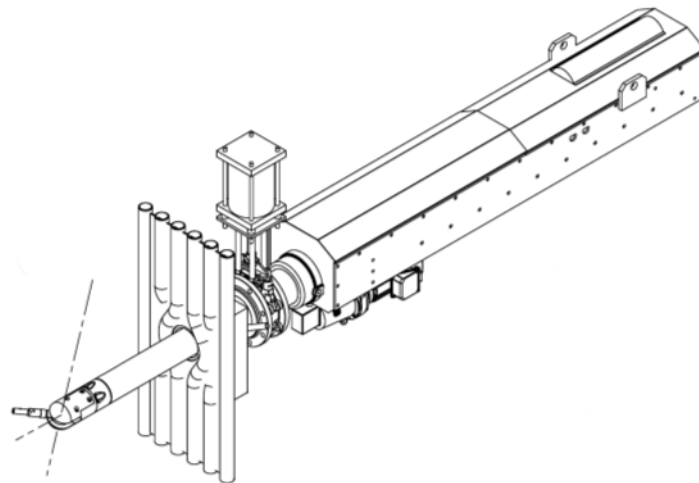


Figura 30: Esquema de un soplador de vapor retractable. Fuente GestampBiomass

Adicionalmente, y como parte del alcance general de la caldera incineradora, los gases de combustión se usan para precalentar tanto el aire de combustión como el agua de ciclo en dos intercambiadores multitubulares con los gases de combustión denominados respectivamente precalentador de aire y economizador de agua tras los cuales los gases de combustión, agotados térmicamente, se destinan al sistema de tratamiento de gases (aunque dependiendo de la instalación, parte de este tratamiento se puede haber dispuesto dentro del sistema correspondiente a la caldera-incineradora).

II. Sistema de tratamiento de gases

El sistema de tratamiento de gases comprende todos los equipos que adecúan los gases provenientes de la combustión/incineración del combustible a los niveles de emisión regidos por las normativas de aplicación. La importancia de estos equipos es tal que un incorrecto funcionamiento de los mismos o una inadecuada previsión en los requerimientos de tratamiento de gases podría repercutir en penalizaciones legales por los niveles de emisión, siendo estos monitorizados según establece la propia legislación.

En instalaciones de generación eléctrica mediante combustión, el tratamiento de gases se centra en dos aspectos esenciales:

- Abatimiento de compuestos contaminantes, generalmente óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno.
- Reducción de la materia en forma de partículas (cenizas).

En instalaciones de incineración, adicionalmente se han de abatir contaminantes adicionales tales como las dioxinas y furanos, además de otros componentes específicos tales como metales pesados en caso de que los niveles de emisión a consecuencia del combustible así lo requiriesen.

Para una instalación del tipo a la que se describe, y para los niveles de emisión a los que se ve supeditada, se deberá disponer de un sistema de tratamiento de gases que disponga de:

- 1. Inyección de reactivos en el hogar de la caldera de incineración.
- 2. Separador ciclónico.
- 3. Reactor de tratamiento de gases.
- 4. Filtro de mangas.
- 5. Chimenea.

Es importante destacar que las reacciones químicas que tienen lugar para el tratamiento de algunos compuestos tienen cinéticas elevadamente dependientes de factores térmicos y algunas de estas reacciones tienen potenciales reacciones competitivas con reactivos de otros contaminantes, por lo que el diseño del tratamiento de gases suele ser delicado. Muchos reactivos pueden (y se suele preferir) reaccionar por vía seca (mediante inyección de un reactivo pulverulento en el medio gaseoso y su posterior extracción en los sistemas de filtrado), pero cuando la concentración de contaminantes es muy alta y los niveles de emisión bajos, debido al rendimiento de los reactivos, la solución técnica pasa por disponer de reactores de abatimiento catalizado en vía acuosa, que incrementa sustancialmente el coste de los equipos y de la operación (dado que se genera una gran cantidad de residuos acuosos de diversa naturaleza, que a su vez requieren de gestión).

En el hogar de la caldera de incineración en instalaciones como la sugerida es frecuente la **inyección de reactivos** para el tratamiento de metales pesados (carbón activo), y si la concentración de compuestos nitrogenados en el combustible y el nivel de emisión lo permite,

urea o amoníaco para el tratamiento de los NO_x en inyección en el seno de los gases de combustión a una temperatura aproximada de 700-800°C para la maximización del rendimiento de la reacción.

El separador ciclónico es un equipo típico en instalaciones de combustión, y se trata de un equipo cilíndrico donde los gases entran tangencialmente y mediante la disposición de elementos internos asigna a éstos una fuerza centrífuga de tal modo que por rozamiento se retiraría de la corriente de gases las partículas más pesadas (por encima de 5-10µm), que generalmente suele estar comprendida de arrastres y productos pulverulentos de las reacciones de tratamiento de gases en vía seca.

El reactor de tratamiento de gases es el equipo donde mediante reacción húmeda (scrubber) se abaten los componentes ácidos presentes en la corriente de gases. Internamente dispone de un catalizador de platino generalmente donde los gases reaccionan con los diferentes reactivos:

- Los óxidos de azufre (SO_x) reaccionan con una lechada de hidróxido sódico.
- Cuando la concentración de compuestos nitrogenados en el combustible y el nivel de emisión lo exige, se dispone de un de tratamiento de NO_x tipo SCR (Selective catalytic reactor) que parte del Reactor tipo lavador de gases (scrubber). A juzgar por la concentración de compuestos nitrogenados del combustible que se generará no se espera necesidad de disponer de un sistema SCR.
- Las dioxinas y furanos se reducen mediante lechada reductora con reactivos especialmente diseñados para ello.

El hecho de requerir de un sistema de reacción de tratamiento de gases implica de por sí dos subsistemas particulares a tener en cuenta, como son el almacenamiento de reactivos y el tratamiento de efluentes derivados de las reacciones, que se almacenarán y destinarán a un gestor autorizado periódicamente.

En último lugar en el tratamiento de gases de combustión, un **filtro de mangas** retira la materia pulverulenta presente en la corriente de gases, generalmente cenizas propias arrastradas por la combustión o generadas por la misma. Se trata de un equipo de grandes dimensiones donde los gases de combustión pasan por unas mangas textiles diseñadas para una determinada temperatura y acidez de gases (ciclo de filtrado), de tal modo que conforme se colmatan, un soplado de aire inverso (ciclo de limpieza) deposita las cenizas en las tolvas desde donde son transportadas neumáticamente hasta un silo de cenizas que cada determinado número de días (por lo general 3-4 días) se descarga y transporta a un gestor de residuos. Estas cenizas deben ser analizadas y clasificadas como peligrosas o no peligrosas dependiendo de la presencia o no de sustancias peligrosas en la misma. Se estima que por la composición del combustible a utilizar dichas cenizas serán no peligrosas, por lo que podrían ser gestionadas por el propio vertedero del

complejo. No en vano, estas cenizas podrían ser incluso valorizables según las características químicas de las mismas, dado que pueden ser de valor para industrias como la cementera o la recuperación de suelos.



Figura 31: Sistema de tratamiento de gases de una planta de energía. De izquierda a derecha, depósito de reactivos, lavador de gases y filtro de mangas. Fuente GestampBiomass.

Como elemento final del sistema de tratamiento de gases, **la chimenea** es el elemento de vertido de efluentes gaseosos diseñados para una altura derivada de la legislación aplicable y sus niveles de inmisión y siempre de tal modo que disperse los efluentes gaseosos de modo eficiente. Al pie de la chimenea se encuentre el ventilador de tiro inducido, que es un ventilador que mueve los gases de combustión “tirando” de ellos desde la caldera y venciendo en su recorrido todas las pérdidas de carga existente tanto en el interior de la caldera como en los elementos del sistema de tratamiento de gases, con una pérdida en su conjunto de unos 500 mm de columna de agua (50 mbar). Es el consumidor eléctrico más importante de una planta de esta naturaleza.



Figura 32: Chimenea y ventilador de tiro. Fuente GestampBiomass

III. Sistema de agua-vapor

Dentro de este conjunto de elementos se incluyen todos los elementos y equipos que adecúan, mueven, almacenan y separan el agua y el vapor que desde la caldera a la turbina de vapor circula en forma de ciclo continuo. Los elementos más importantes dentro de este sistema son:

- Bombas de agua de alimentación a caldera.
- Desgasificador/desaireador, junto al tanque de agua.
- Sistema de dosificación química a caldera incineradora.
- Sistema de purgas de caldera
- Atemperación de vapor.
- Condensador de exhaustación de turbina.
- Intercambiador de precalentamiento de agua de caldera.
- Steam-coil.
- Silencioso de vapor.

Las **bombas** mueven el agua por todo el ciclo de potencia, siendo las más importantes por lo general las turbobombas de agua de alimentación de caldera, que elevan todo el agua de ciclo (equivalente a la producción neta de vapor del ciclo) desde el nivel de presión del desgasificador/desaireador hasta la presión de generación de vapor, por lo que la energía que consume es importante dentro de la valoración de los consumidores eléctricos de la planta.

El **desgasificador/desaireador** junto al tanque de agua es un equipo a presión (a unos 1,2 bar(a) en operación) donde físicamente se elimina el oxígeno disuelto mediante arrastre con vapor de extracción de la turbina y que surte de agua a la caldera recogiendo el condensado proveniente del condensador así como la reposición del agua de ciclo que se pierde tanto en la

caldera (mediante las purgas continuas) como en los arrastres del propio desgasificador y pérdidas en el turbogenerador (vapor de eyectores de vacío y cierres de etapas).

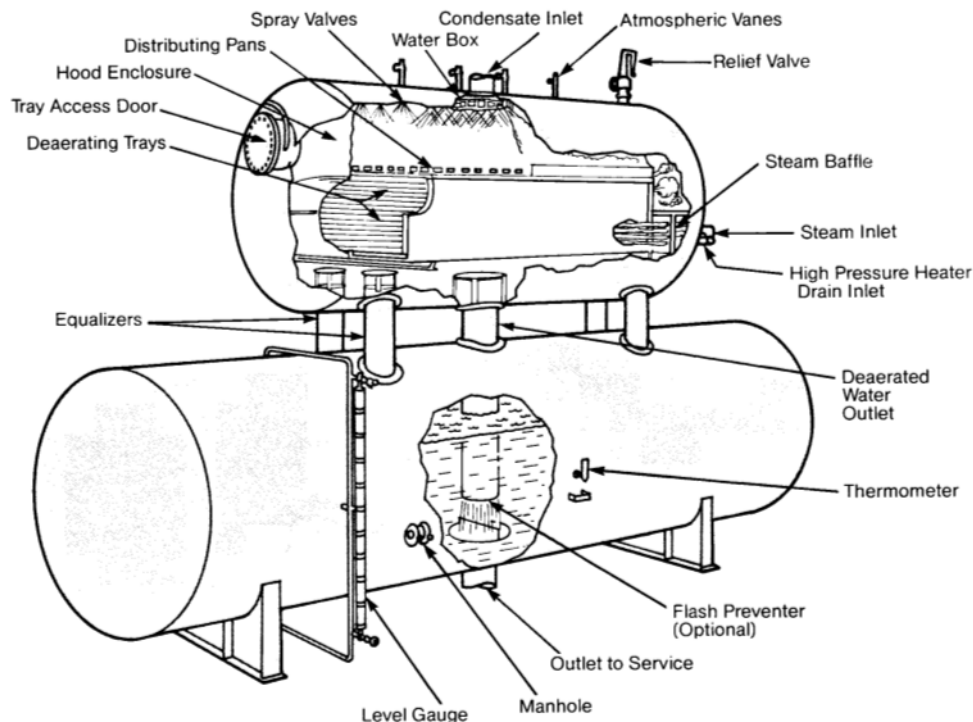


Figura 33: Desgasificador/desaireador y tanque de agua. Fuente gestampBiomass

El **tanque de agua** generalmente se encuentra bajo el propio desgasificador y almacena el agua de ciclo que se consumiría en caso de pérdida de suministro de agua de reposición durante un tiempo de seguridad del orden de minutos, que se estima necesario para que la caldera se detenga y conserve nivel de agua, antes de que los elementos internos de la caldera sometidos a fuego se queden secos. (Caso en el que podrían destruirse por acción del calor).

La **dosificación química** consiste en ciertas inyecciones en el agua de ciclo de caldera compuestos necesarios para que los parámetros de pH y oxígeno disuelto se mantengan bajo ciertos niveles de tal modo que el agua que circula a través de los elementos a presión no degraden el material que los componen internamente, prologando con ello la vida útil de la caldera y sus elementos adjuntos. Este sistema consta de unos pequeños depósitos (del orden de 1m³ por producto, siendo los más comunes un agente floculante, un agente para ajuste de oxígeno y un inhibidor de oxígeno), unas bombas de reducido caudal y un sistema de tuberías que permiten que los productos se inyecten tanto en el calderín de vapor como en el desgasificador, que suelen ser los puntos de inyección más comunes.

Las purgas de caldera son unos “sangrados” de agua saturada del calderín extraen una determinada porción (generalmente, del orden de un 1-1,5% del vapor generado en caldera) del agua de ciclo, dado que ésta, conforme circula y pierde vapor (en la turbina y en el

desgasificador) se enriquece en sales de tal modo que puede llegarse a arrastrar en forma de deposiciones en el turbogenerador. Esta concentración de sales se mide en forma de conductividad aniónica/catiónica, y suele ser un parámetro que impone el proveedor del turbogruppo para que se pueda introducir vapor en esta, de tal modo que antes de la entrada de vapor a dicho equipo, unos medidores en línea de conductividad controlan la concentración de sales, y pueden “bypasear” la turbina cuando la salinidad aumenta por encima de lo establecido por el fabricante de la misma. El equipo donde se acumulan las sales conforme el ciclo se enriquece en éstas es el calderín de vapor, de ahí que la purga se realice en éste. En algunas ocasiones, las purgas (líquido saturado) se puede conducir a un tanque flash donde mediante el flash adiabático de este caudal, se produce una separación de fases tal que el vapor se devuelve al ciclo (las sales quedan disueltas en la fase líquida) y el líquido a presión de descarga (aún caliente) se hace pasar por un precalentador de placas de agua de reposición antes de verterse a arqueta, con lo que la energía de la purga se recupera.

El **atemperador de vapor** es un equipo que adecúa el vapor sobrecalentado a la salida de la caldera al nivel energético requerido en la turbina, generalmente mediante una inyección en atomizada de agua procedente de la impulsión de la bomba de alimentación de agua a caldera.

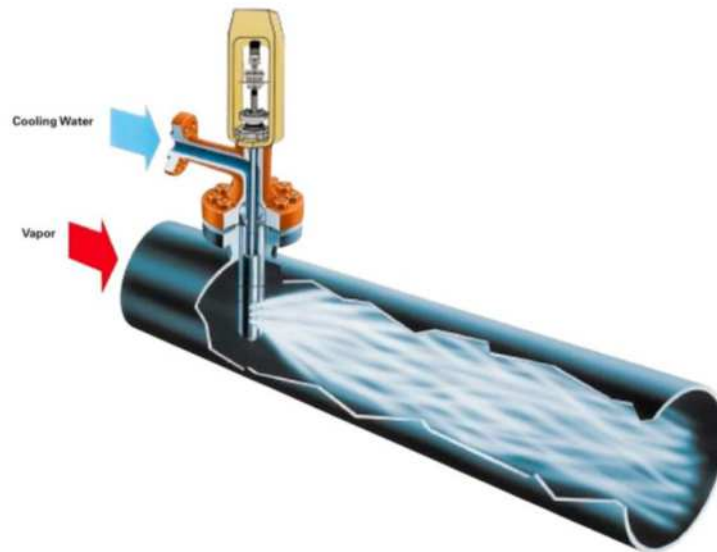


Figura 34: Atemperador de vapor. Fuente GestampBiomass

El condensador de vapor de la exhaustación de la turbina es un intercambiador de vapor que condensa el vapor que sale de la turbina a baja presión (generalmente a unos 0,10-0,12 bar(a), dependiendo de las condiciones de refrigeración) para devolverlo al ciclo a través de una bomba de retorno de condensados. Este condensador está condicionado por el sistema de refrigeración de la planta, y que depende del recurso hídrico de la misma, siendo posible que sea agua enfriada en torres de refrigeración o directamente aire, caso en el cual este condensador pasaría a ser un aerocondensador. En este caso, se plantea un sistema de refrigeración por aire, por lo que el condensador de vapor de proceso sería un aerocondensador.

El **precalentador de agua** de alimentación de la caldera es un intercambiador carcasa-tubos que usa vapor de alta presión proveniente de una extracción de la turbina de vapor para calentar el agua proveniente de las bombas de alimentación de agua a caldera al nivel térmico requerido por la misma (160 °C).



Figura 35: Precalentador de agua de alimentación. Fuente GestampBiomass

El **steam-coil** es un intercambiador de calor que se usa para calentar el aire de combustión mediante un vapor condensante de baja presión que se extrae de la turbina, usándose a menudo para evitar las condensaciones puntuales en el precalentador de aire con gases de combustión cuando las condiciones ambientales tienen una temperatura muy baja. Adicionalmente, se puede usar directamente para dar un aporte de calor superior al que el precalentador de aire es capaz de dar cuando las condiciones de combustión por las características del combustible así lo requieren.

El **silencioso de vapor** es un elemento que reduce la sonoridad de las emisiones atmosféricas de vapor cuando se producen venteos (durante los arranques de caldera) o disparos de caldera, casos en los cuales las descargas de vapor a alta presión podrían producir niveles sonoros en la planta y en sus inmediaciones potencialmente peligrosas para el personal. La planta suele tener un único silencioso de vapor que recoge las descargas de las diversas líneas de descarga de líneas de venteos normales o de emergencia procedentes de las válvulas de seguridad.

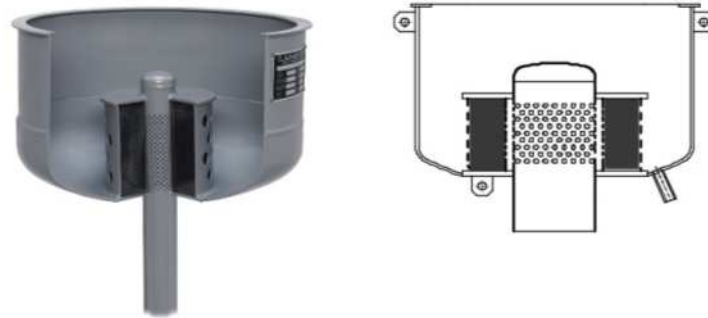


Figura 36: Silencioso de vapor. Fuente GestampBiomass

Aparte de todos los sistemas anteriormente descritos, todos estos quedan unidos por las **tuberías** (aisladas o no) que conducen el agua/vapor por la instalación y que forman una importante parte de esta partida.

IV. Sistema de refrigeración

Toda central de generación eléctrica que funcionará según el ciclo de potencia de Rankine, dispone en su lado de baja presión de un sistema de condensación que implica una extracción de energía mediante un fluido caloportante determinado. Este fluido caloportante se calienta en el proceso de condensación del vapor de ciclo, y puede ser agua o aire. Cuando es agua, dicho agua a su vez se enfría mediante evaporación (torre de refrigeración) y cuando es aire, el fluido caloportante está constantemente pasando por el sistema de condensación de ciclo (aerocondensador), como será en este caso.

Usar un sistema de refrigeración u otro depende de ciertos factores que por lo general se reducen al más importante: el recurso hídrico de la planta. Cuando hay un recurso hídrico importante disponible, se prefiere el uso de torres de refrigeración dado que éste sistema es, con respecto al ciclo de potencia, más eficiente y menos dependiente de las condiciones atmosféricas variantes de las estaciones del año a través de las que funciona la planta.

En este caso el recurso hídrico más impórtate y prácticamente único que podría usarse para el sistema de torres de refrigeración sería el Embalse de los Bermejales, a unos 20 km al sur de la Ecocentral. La toma de agua de este embalse supone un proyecto de captación a bastante distancia con el consiguiente coste de inversión y operación de bombeo. Siendo esta alternativa objeto de estudio en el desarrollo de la ingeniería de detalle.

Por otro lado, el aerocondensador es un sistema más barato aunque energéticamente menos eficiente y más dependiente de las condiciones atmosféricas, dado que la cantidad de aire que se usa para enfriar el vapor en condensación es muy sensible a las variaciones estacionales de temperatura y humedad atmosférica. Sin embargo, este sistema de refrigeración hace de los diseños de ciclo más independientes de los recursos de la zona de implantación.

Considerando que la planta solución técnica para el combustible dado en descripción se encuentra en una ubicación donde el recurso hídrico es reducido, la solución técnica para el sistema de refrigeración será usar aerocondensadores para condensar el vapor de salida de la turbina hasta devolverse en condiciones de retorno de bombeado a ciclo.

Un **aerocondensador** es un intercambiador de calor aire-vapor donde el aire se fuerza a pasar externamente por un banco de tubos por el que internamente circula el vapor en cambio de fase de tal modo que a la salida del equipo el vapor se ha condensado completamente en agua mientras que el aire se ha calentado en el proceso. Por lo general estos equipos se diseñan en base a una diferencia de temperatura constante entre la temperatura de salida del agua condensada y la temperatura de entrada del aire a diferentes condiciones atmosféricas estacionales, de tal modo que se asegure un rendimiento adecuado en todas las épocas del año. Sin embargo, esto no quita que por la naturaleza de este sistema de refrigeración las plantas tienen un mayor rendimiento eléctrico en épocas frías de año que en épocas más cálidas, por lo que en los estudios de viabilidad de plantas de esta naturaleza se ha de considerar el perfil anual de condiciones ambientales.

Como dato orientativo, todas las plantas de potencia que usan aerocondensadores como sistema de refrigeración pueden llegar a tener una diferencia de producción eléctrica del orden de 1 Mwe dependiendo si producen en los días más fríos del invierno o en los días más cálidos del verano.

Estos equipos también se diseñan para abarcar la posibilidad de tener que condensar prácticamente todo el vapor sobrecalentado de la turbina en situación de bypass de emergencia, caso en el cual dicho equipo tendría una demanda térmica mucho mayor que la que en condiciones de operación se requiere. Por lo general, estos equipos se dimensionan de tal modo que puedan condensar el 80% del vapor de caldera no turbinado en caso de emergencia, siendo el resto del vapor dirigido a atmósfera a través del silencioso.

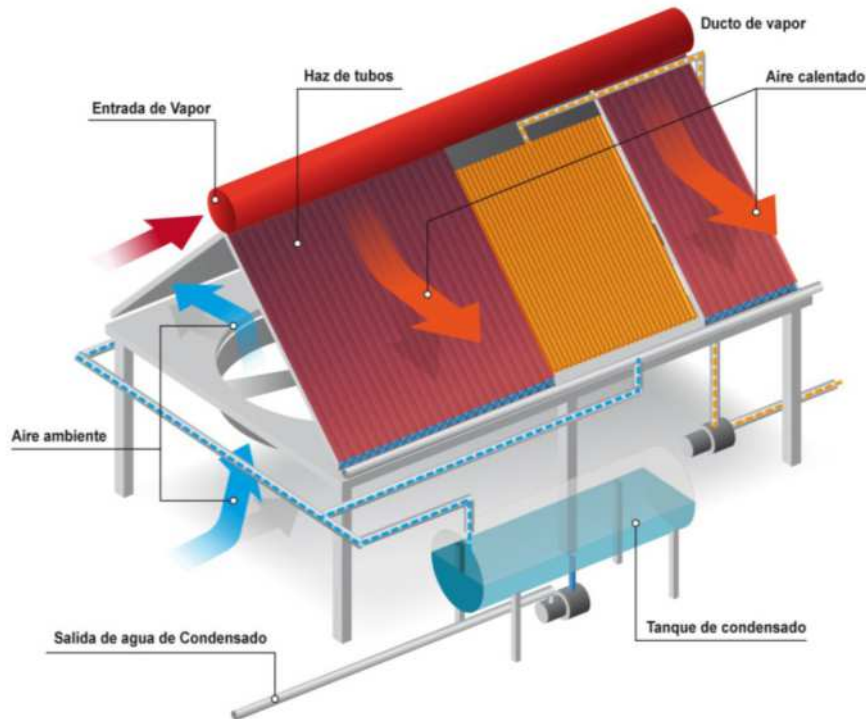


Figura 37: Aerocondensadores. Fuente GestampBiomass

V. Turbogrupos

El **turbogrupos** se denomina al conjunto de elementos de potencia que, tomando el vapor sobrecalentado generado en la caldera-incineradora, produce la electricidad en estado bruto, despresurizando dicho vapor y condensándolo parcialmente hasta que se condensa del todo en el sistema de refrigeración.

Los elementos principales de esta partida son:

- Turbina de vapor.
- Bypass de vapor de turbina.
- Sistemas de lubricación y sistemas auxiliares de vapor.
- Eyectores de vacío.
- Generador eléctrico.

La turbina de vapor es el equipo principal de esta partida, siendo asimismo uno de los equipos más importantes de una planta de generación eléctrica en ciclo de vapor y uno de sus elementos más caros y delicados. Se trata de una turbina de gas, que dependiendo de las condiciones de presión de funcionamiento, carga nominal constante o variable etc...Puede ser de diversas tipologías (acción, reacción, presión deslizante, de varios cuerpos etc.). Básicamente se trata de una turbomáquina donde el vapor sobrecalentado entra en contacto con una secuencia de álabes solidarios a un eje que acaba moviendo un grupo de generación eléctrica.

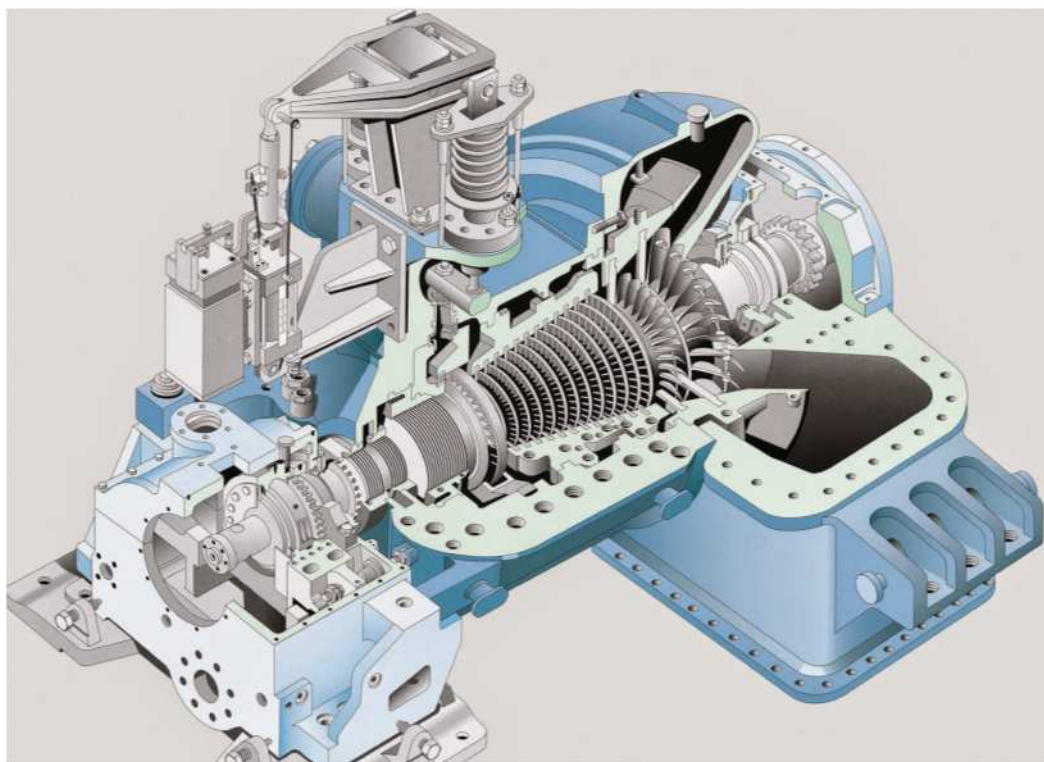


Figura 38: Turbina. Fuente GestampBiomass

La turbina de vapor es un equipo que funciona a un elevado régimen y es por tanto muy susceptible de daños internos cuando el fluido que circula en su interior no lo hace de conforme a las especificaciones, por lo que son equipos exigentes en cuanto a las condiciones de operación, lo que se refleja en parámetros de calidad del agua de ciclo, especialmente la conductividad aniónica y catiónica, indicativa de las condiciones de salinidad del medio. Cuando el medio tiene una salinidad no contemplada en las condiciones de diseño de la turbina, los

álabes son susceptibles de sufrir de incrustaciones de sales que desequilibrarían el eje y con ello pondrían en riesgo el funcionamiento del equipo. Asimismo, estos equipos no entran en funcionamiento hasta que la planta en su proceso de arranque no alcanza cierta calidad en el sobrecalentamiento del vapor, dado que de no alcanzarse y turbinarse, se podrían obtener condensaciones no deseadas en las etapas finales de expansión y los elementos internos de la turbina se dañarían por impacto de gotas, algunas veces de modo irreparable.

Internamente, la turbina dispone de álabes donde el vapor va escalonadamente perdiendo energía conforme se invierte en movimiento del eje, y esta pérdida de energía se refleja en presión y temperatura. Por tanto que después de un determinado número de alabes el vapor se encuentra en ciertas condiciones de presión, condiciones necesarias para extraer energía del ciclo en algún servicio que la necesite, por lo que se sangra dicho vapor en forma de extracciones. En este caso el ciclo es de dos extracciones de vapor de turbina:

Extracción de vapor a 8 bar(a) a precalentador de agua de alta presión.

Extracción de vapor a 2,50 bar(a) para desgasificador. Dicha extracción sería la que se usaría asimismo para un posible steam-coil en caso de que fuera necesario de usar.

No todas las etapas de una turbina tienen el mismo rendimiento isoentrópico, siendo más eficientes conforme a más presión trabajen (más exactamente, conforme mayor sea el grado de sobrecalentamiento del vapor incidente), por lo que hay que prever los consumos de vapor en las extracciones y el grado de sangrado de modo efectivo dado que podría repercutirse en un decremento de la producción eléctrica.

Por las dimensiones del equipo y sus condiciones especiales de operación, las turbinas de vapor tienen una estructura soporte independiente y muy específica en cuanto a solicitaciones vibracionales, por lo que suele ser un elemento de la obra civil que frecuentemente entra dentro del alcance del suministrador del turbogruppo, e independiente de la obra civil del resto de la planta. Asimismo, el edificio de turbina contará con un puente-grúa en la estancia del turbogruppo dedicado a las posibles reparaciones relativas a la turbina o al generador.

Mientras en la turbina no se alcanzan las condiciones de funcionamiento nominales, el bypass de turbina deja circular el vapor sobrecalentado despresurizándolo a presión de condensador a fin de que la caldera pueda subir paulatinamente carga de modo seguro. Dicho bypass también desvía el caudal de vapor cuando la turbina dispara por algún motivo (parámetros de vapor incorrectos, conductividad etc.) como se ha indicado anteriormente en el apartado correspondiente al sistema de refrigeración. Físicamente el bypass de turbina es un conducto de vapor con unos elementos de expansión adiabática del vapor preparado para funcionar en las violentas condiciones energéticas a las que se ve sometido.

Dado que mecánicamente la turbina de vapor es un equipo muy exigente, dispone de una serie de sistemas auxiliares para la adecuación de su funcionamiento entre los que destacan los

sistemas de lubricación y refrigeración, que adecúan los fluidos auxiliares del turbogruppo para que este funcione correctamente por lo que representan una demanda térmica que a veces se integra con el propio sistema de refrigeración de planta o se le diseña su propios sub-sistemas de refrigeración independientes.

Puesto que el turbogruppo expande el vapor sobrecalentado desde las condiciones de generación de la turbina hasta las de exhaustación a condensador (a cierto grado de vacío, 0,25 bar(a) para este caso), antes de turbinarlo, es necesario que se genere esta diferencia de presión, usando para ello un sistema de eyectores de vacío que, expandiendo parte del vapor de turbina, genere en el condensador de turbina el vacío suficiente para que el vapor circule, inicialmente por el bypass de turbina y posteriormente a través de la propia turbina. Estos eyectores mantienen la presión en el condensador y funcionan permanentemente mientras funciona la planta, pero no se invierten directamente en la producción eléctrica, por lo que afectos netos de balance, representan una de las “ineficiencias” del ciclo.

El **generador eléctrico** es un alternador de grandes dimensiones que produce la electricidad en base al movimiento que recibe del eje de la turbina, adecuado en par mediante una caja reductora intermedia a la turbina y el generador eléctrico. La producción eléctrica (generalmente a 11kV/50Hz) que se genera en dicho equipo se denomina potencia en bornas o potencia bruta de la planta, siendo frecuentemente uno de los parámetros legales de la instalación.

- El turbogruppo además tendrá su propio edificio, y generalmente para aprovechar la obra civil prevista, se dispone en el propio edificio de control de la planta, por lo que a menudo es necesario que al menos el grupo turbina-generador se encuentre aislado acústicamente dentro de un “casing” (caja) a tal efecto, o al menos la estancia se encuentre aislada del resto del edificio.

VI. Equipos eléctricos e instrumentación

Todos los equipos de la planta requieren de instrumentación para poder regular parámetros de operación así como para poder monitorizarlos a la hora de operar la planta, ya sea manualmente o a través del sistema de control distribuido (“distributed control system”, DCS), tales como:

- Monitorización de parámetros de operación:
 - Termopares para medición de temperaturas, ya sean locales con indicadores en planta o en DCS.
 - Caudalímetros para medición de caudales.
 - Medidores de presión para medición local o distribuida (DCS) de presión absoluta o diferencias de presión.

- Gestión:
 - Sistemas de control en DCS.
 - Sistemas de seguridad (en caldera “Boiler protection system”, BPS).
- Operación:
 - Válvulas de control, neumáticas o eléctricas.
 - Válvulas manuales de corte.

Esto implica que la planta dispone de una importante cantidad de elementos de control y una notable carga de ajuste, representando con ello una partida importante de la inversión de la planta.

Todos los sistemas de control se gestionan desde el sistema de control distribuido ubicado en el edificio de control, alimentado redundantemente (protegidos mediante sistemas de alimentación ininterrumpida SAI) y conectado a planta mediante líneas de fibra óptica o BUS de datos de planta, apoyado en el sistema de aire comprimido para actuación de elementos neumáticos. Los sistemas de control se operan manualmente desde una sala de control donde una interfaz HMI (human-machine interface) permite operar al personal de planta, visualizar tendencias, monitorizar estado de todos los elementos de planta.

VII. Sistemas auxiliares de planta o BOP

Todos los elementos englobados en el denominado “balance of plant” (BOP) son los subsistemas auxiliares necesario para que la planta funcione correctamente pero que no están incluidos dentro del ciclo de potencia o preparación de combustible, como son, entre otros:

- Almacenamiento de agua
- Planta de tratamiento de aguas.
- Planta de tratamiento de efluentes.
- Sistema de aire comprimido.
- Generador auxiliar.

El **almacenamiento de agua** comprende todos los tanques de agua usados en el ciclo, destacando:

- **Tanque de agua bruta**, donde se almacena el agua de la captación para depuración y servicio contraincendios. Como referencia, para una planta de 10MWe, considerando los consumidores descritos, el volumen de este tanque es de unos 1000m³ de los que el 60% corresponde a la reserva de agua del sistema contraincendios. En este caso será un tanque atmosférico metálico, cilíndrico vertical.

- Tanque de agua osmotizada, que siendo un tanque intermedio de la planta de tratamiento de aguas, almacena el agua que se destina a usos secundarios de planta que requieran cierta calidad.
- Tanque de agua desmineralizada: Almacena agua de la planta de tratamiento de aguas para caldera, sin un gran volumen de almacenamiento, únicamente dimensionado para proveer los picos de consumo de agua desmineralizada derivadas de las operaciones de puesta en marcha.

La **planta de tratamiento de agua** (conocida por el acrónimo PTA) depura el agua de ciclo procedente de la captación de agua hasta los niveles de calidad de agua de ciclo, en cuanto a parámetros de salinidad o de contenido en oxígeno entre otros y que por lo general está definido según normativa como agua de calidad de ciclo de potencia.

Tabla 12: Calidad del agua de caldera.

Parámetros de calidad de agua de caldera	
Conductividad ácida a 25°C	< 0,2 mS/cm
Dureza total	< 0,005 mmol/l
Contenido en hierro	< 0,02 mg/l
Contenido en cobre	< 0,003 mg/l
Oxígeno disuelto	5 ppb
Materia orgánica (MnO ₄ K) ₂	Indetectable
pH a 20°C	> 9,2
Contenido en sílice	< 0,01
Contenido en aceites	Indetectables
Concentración de sustancias orgánicas (COT)	< 0,2 mg/l

Dependiendo de la calidad de la captación (agua de río, pozo, red de suministro etc.) las etapas de la purificación pueden ser más o menos, siendo, para el caso de agua de río/acuífero:

- Desbaste, para eliminación de sólidos de gran volumen.
- Filtración para eliminación de arenas.
- Primera etapa de ósmosis, con un almacenamiento intermedio.
- Segunda etapa de ósmosis.
- Desmineralización.

- Almacenamiento de agua desmineralizada, un depósito de PVC vertical, que como referencia, para una planta de 10MWe (como es el caso), tiene una capacidad de 70m³.

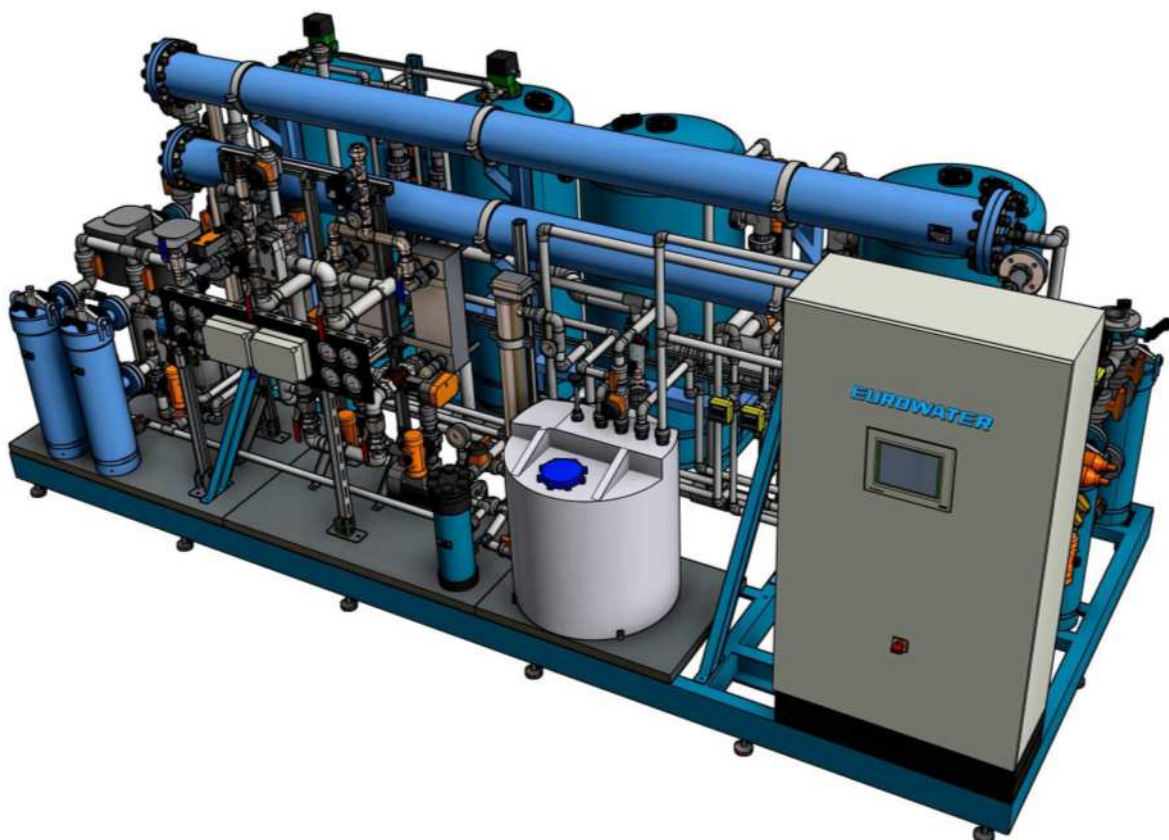


Figura 39: Planta compacta de tratamiento de agua. Fuente GestampBiomass

La **planta de tratamiento de efluentes** es el sistema de balsas de descarga de efluentes que adecúan las corrientes residuales de la instalación conforme a los parámetros de vertido, y que generalmente comprende una corrección de pH y enfriamiento.

Respecto al **sistema de aire comprimido**, este sistema mantiene presurizado la red de aire comprimido a una presión de 8 bar (g), y se dimensiona para un determinado número de consumidores que por lo general se tratan de las válvulas de control referentes a los sistemas más críticos para parada de la caldera en caso de pérdida de suministro. Generalmente se encuentra alimentado redundantemente tanto por el suministro eléctrico de planta y el generador auxiliar.

El **generador auxiliar** se trata de un generador diésel que se activa cuando se produce un fallo de suministro eléctrico en la planta, y alimenta los consumidores críticos necesarios para que la planta se mantenga funcionando el tiempo suficiente para que se recupere el suministro eléctrico normal o para que la instalación se detenga en condiciones de seguridad. Dichos

consumidores de emergencia suelen ser el sistema de aire comprimido o las bombas principales de agua de ciclo y sistemas contraincendios.

VIII. Sistema de protección contra-incendios

El sistema de protección contra-incendios es una red de conducciones de aguas, bombas, y rociadores de agua, espumógeno o CO₂ dependiendo de la zona en cuestión si es la isla de combustión, almacenamiento de combustible, sala de control o la sala de DCS. Al tratarse de un sistema de seguridad se encuentra cubierto por el sistema de alimentación auxiliar (opcionalmente, puede tener un sistema de alimentación auxiliar paralelo al de planta) y se rige por las normativas particulares de aplicación contra-incendios.

La instalación del sistema contra-incendios se instalará en aquellas zonas definidas según proyecto destinado, y a modo orientativo comprendería:

- Sala de control.
- Salas de cableado y cabinas
- Salas de transformadores e interruptores.
- Salas de baterías/SAI
- Edificio de turbina
- Tanques de combustible, con sus estaciones de bombeo y filtración.
- Transformadores de potencia.
- Grupo electrógeno de potencia.
- Salas de las bombas, incluyendo las bombas de protección contraincendios.
- Escaleras y pasillos.
- Edificios civiles.
- Transportadores de cintas o cadenas de combustible.
- Silos de almacenamiento cerrados.
- Sistema de recepción de combustible.



Figura 40: Parte de un sistema SCI de una planta de generación eléctrica

IX. Sistemas de interconexionado eléctrico

Los sistemas de interconexionado eléctrico comprende los elementos de transporte de energía y protección desde su producción en bornas del generador del grupo turbogenerador hasta la exportación en la red eléctrica de conexión, incluyendo los sistemas de importación de energía de red a los niveles requeridos así como de medida.

Los niveles de tensión de exportación dependen de la autorización de exportación acordada con el organismo pertinente y requiere de adecuación de niveles mediante transformador/es. Este sistema se compone de barras de transmisión de electricidad, transformadores y líneas de distribución de energía enterradas o aéreas (a tensión de distribución, por ejemplo de 66kV), dependiendo del proyecto correspondiente e independiente del proyecto de planta, siendo por lo general:

- Tensión de interconexión a la red de distribución de energía primaria: 60 kV @ 50Hz
- Tensión de generación en bornas de turboalternador: 11 kV a 50Hz
- Tensión de distribución secundaria: 11Kv a 50Hz
- Tensión de alimentación de motores de media tensión, si los hubiera: 11 kV a 50Hz trifásica.

- Tensión de alimentación de motores a baja tensión, 400V trifásica a 50Hz.
- Tensión de alimentación estándar para motores de pequeña potencia en planta (potencia menor a 1kW), alumbrado, corriente y alimentación del generador auxiliar: 400/230 V alternos trifásicos a 50Hz.



Figura 41: Transformador elevador de tensión

X. Obra civil y estructuras metálicas

Toda la planta requiere de una obra civil de gran magnitud, aunque gran parte de ella ya estaría ejecutada, que implica:

- Cimentaciones, pilotes y losas para la isla de combustión, sistema de almacenamiento, preparación y distribución de combustible y tanques de almacenamiento. La definición de las cimentaciones dependen de estudios geotécnicos que se habrán de realizar previa ingeniería de la planta, y se diferencian cimentaciones profundas (caldera, edificio de turbina, edificio eléctrico y de control, por ejemplo) de cimentaciones superficiales según las cargas a las que se destinan.
- Edificios de sala de control, turbina y sistemas de control.
- Accesos a planta y campas de almacenamiento ambiental de combustible.
- Red de pluviales.
- Red de fecales.

Asimismo, los edificios de caldera y sistema combustible se componen de estructuras metálicas diseñadas según normativas de aplicación para edificaciones que se desarrollan

conforme el montaje de la planta tiene lugar y que proporciona los soportes de todos los equipos estáticos y dinámicos de la instalación con sus cubiertas y cerramientos acordados.

Los distintos edificios que se disponen en instalaciones como la descrita en este documento, con los equipos principales que albergan se describen a continuación:

- Un edificio de turbina, sala de control y oficinas, distinguiéndose:
 - Nave de turbina/generador a una altura, que suele albergar el generador, los equipos auxiliares, las bombas e intercambiadores asociados. Dicho edificio se proyecta sobre una solera de hormigón armado para anclaje de los equipos, con sistemas de drenajes y canaletas para baldeos y evacuación de aguas
 - El edificio eléctrico y de control a dos alturas anexo al edificio de turbina, donde se suelen incluir:
 - Sala de corriente continua y baterías SAI
 - Salas de cuadros de alta y media tensión.
 - Salas de cuadros eléctricos de baja tensión.
 - Almacenes.
 - Sala de control.
 - Sala electrónica.
 - Equipos de climatización.

3.5. Fuentes generadoras de emisiones al aire, al suelo, y al agua, y residuos generados.

3.5.1. Atmosfera

a. Focos de emisión

El principal foco de emisión atmosférica será el correspondiente al proceso de combustión de residuos, ubicado en la Unidad de valorización energética.

b. Contaminantes y concentraciones emitidas a la atmósfera

A continuación se describen los distintos focos de emisión atmosférica previstos en el Centro:

Tabla 13: Concentraciones de los gases de escape después del sistema de tratamiento de gases.

Tipo de carga				
Caudal de gases	kg/s/Nm ³ /s		20,42	17,3
Composición Combustible				
Carbono	% -p		42,50%	
Hidrógeno	% -p		6,50%	
Azufre	% -p		0,35%	
Cenizas	% -p		9%	
Humedad	% -p		24%	
PCI (b.s)	MJ/kg		15,1	
Emisiones	Tratamiento de gases		Salida	
SO ₂	Seco. O ₂ ref.	mg/Nm ³	50	
		kg/h	3,1	
NO _x	Seco O ₂ ref.	mg/Nm ³	200	
		kg/h	12,5	
Partículas	Seco O ₂ ref.	mg/Nm ³	10	
		kg/h	0,6	
CO	Seco O ₂ ref.	mg/Nm ³	50	
		kg/h	3,1	
CO ₂	Seco O ₂ ref.	mg/Nm ³	176.179	
		kg/h	10.990,5	
TOC	Seco O ₂ ref.	mg/Nm ³	10	
		kg/h	0,6	
HCl	Seco O ₂ ref.	mg/Nm ³	10	
		kg/h	0,6	
HF	Seco O ₂ ref.	mg/Nm ³	1	
		kg/h	0,1	
Cd, Ti	Seco O ₂ ref.	mg/Nm ³	0,05	
		kg/h	0,0	
Hg	Seco O ₂ ref.	mg/Nm ³	0,05	
		kg/h	0,003	
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	Seco O ₂ ref.	mg/Nm ³	0,5	
		kg/h	0,031	
Dioxinas y furanos	Seco O ₂ ref.	ng/Nm ³	0,1	
		mg/h	0,006	
Contenido Oxígeno de referencia	% - seco		11	
Condición nominal		°C	190	
		bar	1,013	

Los valores de emisión considerados corresponden a los límites establecidos por el RD 653/2003. Los rendimientos reales de depuración serán superiores a los indicados, por cuanto los valores de emisión estarán siempre por debajo de los valores límites.

- c. Cálculo de la altura de todas las chimeneas de acuerdo con la normativa vigente.

El Estudio de dispersión de contaminantes atmosféricos determinará la altura de la chimenea para conseguir una buena dilución y dispersión de los contaminantes y así cumplir con los límites de inmisión marcados por la legislación vigente.

- d. Descripción de los sistemas de vigilancia y control de las emisiones atmosféricas

De acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 653/2003, se instalará en la Unidad de Valorización Energética un dispositivo para la medición de partículas sólidas, compuesto por monitor de partículas con un opacímetro láser y un aparato de medición en continuo de oxígeno, monóxido de carbono, ácido clorhídrico, dióxido de azufre y compuestos orgánicos. Los detectores de estos dispositivos se instalarán en el conducto de unión entre el aspirador de gases y la chimenea.

Los elementos electrónicos y de visualización se instalarán en un armario metálico, independiente del cuadro eléctrico de control de la instalación.

Para satisfacer lo dispuesto en la Directiva 2000/76/CE y en R.D. 653/2003 relativa a la incineración de residuos, es necesario disponer de un sistema de medición en continuo de los siguientes parámetros:

- NO_x
- O₂
- CO
- SO₂
- HCl
- Compuestos Orgánicos Totales (C.O.T.)
- Partículas sólidas

Los elementos que forman este dispositivo son los siguientes:

- Un equipo de medida de concentración de partículas mediante opacímetro LASER.

- Sonda de toma de muestras colocada en la chimenea
- Línea de conducción de muestra.
- Analizador multiparamétrico de SO₂, HCl, CO, NO_x y COT.
- Unidad de producción de aire seco y limpio.
- Unidad de inyección automática de gases de calibración.
- Unidad de medición de O₂ mediante óxido de zirconio.
- Un armario para instalación de todos los elementos dotado de aire acondicionado.
- Un sistema de adquisición, manejo y almacenamiento de datos.

Monitor de partículas: El monitor de partículas proporciona medidas de concentración de partículas en los gases. Utiliza el principio de extinción de la energía de un haz láser.

La utilización de la radiación láser simplifica notablemente la instalación y los trabajos de mantenimiento, proporcionando una gran estabilidad muy superior a la ofrecida por otras fuentes luminosas convencionales.

El monitor de partículas se compone de los siguientes elementos:

- Unidad de emisión de radiación láser.
- Receptor de radiación láser.
- Unidad de proceso de señal y visualización.

Sonda de toma de muestras: La sonda de toma de muestras estará colocada en la chimenea y dispondrá de un secador de muestra compuesto por una membrana de intercambio higroscópico con una corriente de aire limpio y seco. De este modo, se obtendrá una muestra de gases seca sin variar su concentración de SO₂, NO_x, HCl y COT de gran solubilidad en el agua.

La muestra seca y a la temperatura ambiente se conducirá a través de la línea de conducción.

Línea de conducción de la muestra: Es un conducto de varios tubos por los que circula la muestra seca de gases, el gas de calibración y el aire seco y limpio de instrumentación. Está constituido por varios tubos de teflón. Forma parte de este conducto el cable de mando remoto de la sonda de toma de muestra.

Analizador de SO₂, HCl, CO, NO_x y COT: Es un analizador de medida mediante espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier con correlación homologada por EPA.

La señal de salida del detector es amplificada y convertida en las correspondientes unidades de medida. El valor de concentración se proporciona en tiempo real según el tiempo de respuesta previamente programado.

Unidad de producción de aire limpio y seco: Se trata de una unidad auxiliar que produce el aire de instrumentación que debe estar exento de humedad y compuestos orgánicos, los cuales se extraen mediante un filtro de carbón activado.

Unidad de inyección automática de gases de calibración: Este dispositivo está provisto de electroválvulas y controla la entrada de las botellas de gas preparado que se usan como patrón.

Asimismo, dispone de una entrada adicional para aire de instrumentación exento de humedad e hidrocarburos.

Los gases usados son los siguientes (envasados en botellas B10):

- HCl (45 mg/Nm³ en Nitrógeno)
- Nitrógeno (calidad N50)
- O₂ (7%)
- Mezcla (CO - 60 ppm/Nm³, SO₂ - 26 ppm/Nm³, NO_x - 120 ppm/Nm³ , 9% O₂ en Nitrógeno)
- C.O.T. (Propano - 30 ppm/Nm³ en Nitrógeno)

Unidad de medición de O₂ mediante óxido de zirconio: Proporciona un valor del oxígeno contenido en los gases de la chimenea mediante la señal obtenida en una célula de óxido de zirconio al ser atravesada por los gases.

La medición de oxígeno por este método es muy estable y es válido para temperaturas entre 0 y 600 °C.

Armario para instalación de todos los elementos: Todos los sensores y elementos descritos se instalarán en un armario metálico provisto de acondicionador de aire para garantizar un funcionamiento a la temperatura y humedad adecuadas.

Sistema de adquisición, manejo y almacenamiento de datos: La arquitectura que se propone se compone de un Data logger junto con ordenador PC y software de manejo, almacenamiento y presentación de datos.

Además, también se realizarán mediciones continuas de los siguientes parámetros:

- Temperatura cerca de la pared interna de la cámara de combustión.

- Concentración de O₂, presión, temperatura y contenido de vapor de agua de los gases.

Y como mínimo cuatro mediciones anuales de metales pesados, dioxinas y furanos.

El resultado de los análisis de cada uno de los productos en el gas se expresará en mg/Nm³, referido a las condiciones normalizadas por la Directiva:

- Gas seco
- Temperatura: 273 K
- Presión absoluta: 1.013 mbar
- Contenido de oxígeno: 11% en volumen

Los equipos de medición en continuo y sus auxiliares se adecuarán a los protocolos de comunicación empleados por la Red de Vigilancia y Control de Calidad de Aire de Andalucía.

- e. Focos de ruido y vibraciones y planificación de las medidas correctoras encaminadas a cumplir con los límites establecidos en las normas vigentes.

Durante las operaciones rutinarias de explotación del Centro se distinguirán las siguientes fuentes de emisión de ruidos:

- Unidad de Clasificación, Recuperación y Almacenamiento.

Como fuentes de ruido de la instalación, se encontrarán los motores de los equipos instalados: alimentadores, cintas transportadoras, trituradora, granulador y prensa enfardadora.

Cuantitativamente, los valores de ruido garantizados según especificaciones técnicas de la maquinaria en el interior de la nave de Clasificación, de los equipos más relevantes, son los siguientes:

- Trituradora primaria: zona de caída del triturado (< 84,7 dB(A))
- Trituradora secundaria: zona de alimentación (< 85 dB(A))
- Prensa enfardadora: zona de tolva (< 83,3 dB(A))
- Soplante de separador densimétrico: (< 90 dB(A)).

Para cumplir con el nivel de ruido exigido en la legislación todos los equipos y maquinaria utilizados en esta unidad contarán de marcado CE con lo que, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Emisiones Sonoras, se garantiza que no se superarán los niveles de emisión sonora establecidos.

Por su parte se contempla la disposición de un cerramiento en el edificio de paneles prefabricados de hormigón y chapa metálica tipo sándwich que asegure un aislamiento acústico tal que garantice unas emisiones de ruido al exterior por debajo de los umbrales permitidos.

➤ Unidad de Valorización energética

Como fuentes de ruido de la instalación, se encontrarán los motores de los equipos instalados: sistema de accionamiento de la cámara de combustión, ventiladores de aire primario y secundario, ventiladores de refrigeración del cierre de la cámara de combustión, soplante de gases de combustión, aerorefrigeradores y la turbina.

Cuantitativamente, los valores de ruido esperados según especificaciones técnicas de la maquinaria, son los siguientes:

- Sistema de accionamiento de la cámara de combustión: < 80 dB(A).
- Ventilador de aire primario y secundario: < 90 dB(A).
- Ventilador de refrigeración del cierre de la cámara de combustión: < 73 dB(A)
- Soplante de gases de combustión: < 90 dB(A).
- Aerorefrigeradores: < 80 dB(A)
- Turbina: < 90 dB(A)

Como medidas de corrección, se adoptarán medidas de orden técnico en aquellos equipos que se instalen en el exterior y que superen los 80 dB(A), como son las barreras, apantallamientos o cabinas.

La turbina se instalará en el interior de un edificio, que dispondrá de las medidas de insonorización oportunas para el amortiguamiento de ruido al exterior.

f. Justificación de la normativa vigente en materia de ruidos

Con las medidas correctoras a aplicar se conseguirán niveles de emisión de ruidos adecuados, conforme a la legislación de aplicación en materia de ruidos.

A continuación, se detalla la Legislación en materia de ruido que es de aplicación:

Tabla 14: Normativa en materia de ruidos

Ámbito	Norma
Europeo	Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
Nacional	<p>Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido.</p> <p>Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.</p> <p>Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.</p>
Autonómico	<p>Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental</p> <p>Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la contaminación acústica en Andalucía.</p> <p>Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía.</p>

3.5.2. Agua

a. Relación de focos de vertido

En el diseño de Plavega debe ser un parámetro fundamental la minimización de los impactos sobre el entorno, con el objetivo de evitar vertido alguno a cauce público o suelo.

El único vertido que se contempla es el de los efluentes del sistema agua-vapor, generados en el tanque flash que son extraídos del circuito por medio de una purga. Este efluente estará formado por agua con alta concentración de sales que se almacenaran en un deposito pulmón para ser expedidos por medio de camión cisterna.

Este efluente supondrá un volumen anual de entre 500 y 600 m³. Una alternativa, a priori viable, sería enviarlos al sistema de tratamiento de evaporación forzada existente actualmente en el complejo medioambiental, junto a los lixiviados generados en el vertedero.

3.5.3. Residuos

a. Relación de focos generadores de residuos y ubicación de los mismos

Durante la operación de las distintas Unidades de tratamiento de la planta, así como en las labores de mantenimiento y conservación de los equipos y sistemas que los componen, se generarán residuos, que serán gestionados de forma adecuada en función de su naturaleza y catalogación.

A continuación, se relacionarán los focos generadores de residuos en el Centro, distinguiendo entre residuos peligrosos y no peligrosos.

I. Residuos no peligrosos

➤ Área de pretratamiento

Los rechazos generados por la Ecocentral, son la materia prima alimentada al área de pretratamiento de Plavega. Durante este pretratamiento como se indicó anteriormente, se clasifica el material para, por un lado obtener materias recicladas y por otro, tener un buen combustible para caldera. En ese proceso existe un importante material de rechazo, material que no es interesante energética ni materialmente y por lo tanto supone la mayor parte de residuos generados por la instalación.

El destino de los mismos sería el vertedero del centro.

➤ Área de valorización energética

Los residuos valorizables energéticamente poseen un contenido en cenizas, que supone la fracción no volátil de los mismos. Estas cenizas (o escorias) se recogerán en el fondo de la caldera y supondrán el producto sobrante de la combustión de los residuos.

Al igual que con los residuos del área de pretratamiento, estos residuos tendrían como destino el vertedero de apoyo de la instalación actual.

II. Residuos peligrosos

➤ Área de valorización energética

El foco principal de generación de residuos peligrosos de la planta será la Unidad de Valorización energética. Concretamente, en el sistema de lavado de gases se generarán las denominadas cenizas volantes que estarán compuestas por los productos de neutralización y una pequeña fracción de cenizas que escapan del horno con los gases de combustión.

Estas cenizas volantes descargarán directamente sobre contenedores portátiles y serán gestionadas por un gestor autorizado para las mismas.

Otros focos de generación de residuos peligrosos minoritarios serían:

- Lubricación de maquinaria.
- Trabajos de Mantenimiento mecánico en maquinaria y equipos.
- Repuestos eléctricos para equipos y vehículos.
- Cambio de acumuladores eléctricos de emergencia agotados.
- Sustitución periódica de las resinas de intercambio iónico de las cadenas de desmineralización de agua para producción de vapor y sustitución periódica de filtros de carbón activo.

b. Caracterización de los residuos

En la siguiente tabla se recogen las características físico-químicas de los residuos peligrosos y no peligrosos más relevantes generados en la instalación, así como el modo de almacenamiento propuesto y el subproceso que lo genera.

Tabla 15: Caracterización de los residuos generados por la Planta.

Cod.	Descripción	Foco Generador	Composición / características físico químicas	Cantidad estimada anual t/a.	Almacenamiento	Códigos identificación
RnP.1	Rechazos de Clasificación	Cabina de Triage de Unidad de Clasificación	Mezcla de impropios no reciclables	40.000	Contenedores de 40 m ³	LER: 20 03 01
RnP.2	Cenizas	Cámara de combustión de Unidad de valorización energética	Cenizas de fondo de caldera	1.400	Silo de 50 m ³	LER: 19 01 12
RP.1	Cenizas volantes	Tratamiento de gases	Cenizas y productos de reacción	700	Silo de 25 m ³	LER 19 01 13

Todos los residuos peligrosos generados en la instalación serán retirados por gestores y transportistas autorizados.

Las cenizas volantes serán almacenadas en un silo dispuesto para tal fin situado en la zona de valorización energética.

4. Bibliografía

- Alonso C., Martínez E. & de la Morena, Evolución histórica de los residuos sólidos urbanos, Ecoiuris, 2003
- Colomer, F. J., & Gallardo, A., Tratamiento y gestión de residuos sólidos, Limusa, 2007.

- Comisión Europea, *Propuesta de Paquete de Economía Circular*, Bruselas, 2015.
- Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, www.juntadeandalucia.com
- Edo Alcón. Natalia, *Posibles alternativas de tratamiento para la valorización y aprovechamiento energético del rechazo de las Plantas de Selección de Envases Ligeros*, UPV, 2012
- Ente Regional de Energía de Castilla y León, *Manual Técnico y Diseño de Redes de Vapor, España, Junta de Castilla y León*, 2010.
- Francisco Peula, *El modelo de recogida de residuos municipales en Andalucía frente al reto de la economía circular*, Granada, 2015
- Gestamp Biomass, *Oferta planta de valorización energética de residuos*, Cadiz, 2016.
- Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P, *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*, Urban Series, 2012.
- IDEMA, *Caracterización de RSU en la Planta de Recuperación y Compostaje de Loma de Manzanares*. Granada, 2010.
- Juan Carlos Hernández Matías & Antonio Vizán Idoipe, *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*, Madrid, EOI, 2013.
- Lawrence K. Wang, *Handbook of Industrial and Hazardous Waste Treatment*, New York, Marcel Dekker, Second Edition, 2004.
- Mínguez Samper, A., & Arias García, M. D. *Condiciones de Seguridad en Plantas de Tratamiento de RSU*, Murcia, 2011.
- Ministerio de MA, *Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR)*, Ministerio de MA, 2015
- Resur Granada. (2012). Resur Granada.
- Robert H. Perry, *Manual del Ingeniero Químico*, McGraw Hill, Sexta Edición, 1994.
- Rodríguez R, Gómez N, Zarauza P & Benítez A, *Educación ambiental, residuos y reciclaje*, Junta de Andalucía, 2013.
- Servicio Provincial de Tratamiento de Residuos, *Programa de gestión de residuos municipales de la provincia de granada 2014-2024*. Granada, Diputación de granada, 2013.
- www.cetrisa.com
- www.dsgengine.com
- www.ecoembes.com
- www.felemang.com
- www.leblan.com

- www.masiasrecycling.com
- www.w-stadler.de

5. Conclusiones

Desde la revolución industrial, la vida del ser humano comenzó a cambiar rápidamente y con ello el entorno en el que vive y se desarrolla. La revolución industrial ha aportado a la sociedad, mayores comodidades, aumento de la esperanza de vida, aumento de la población mundial, nuevos productos, exceso de consumo y energía, etc.

El aumento de la población y del consumo ha hecho que casi en cualquier geografía del planeta se necesite de un modelo de gestión de los residuos derivados de la producción y el consumo. Miles de toneladas de residuos se generan anualmente en las ciudades del planeta.

La solución más sencilla, más costosa económicamente y medioambientalmente más perjudicial es la que se aplica la mayoría del planeta; enterrar la basura.

Es el momento de cambiar visiones. Existen medios, tecnología, y sectores del mundo del residuo para dejar de meter lo que barremos debajo de la alfombra. Las directrices globales en materia de residuos se quedan en papel mojado siempre, pero todas ellas pueden ser una realidad. SOLO FALTA ACTITUD.

Desde estas letras se intenta tenerla y transmitirla.

Santiago Martí Moscad

Anexo I: Diagramas de proceso



PLAVEGA

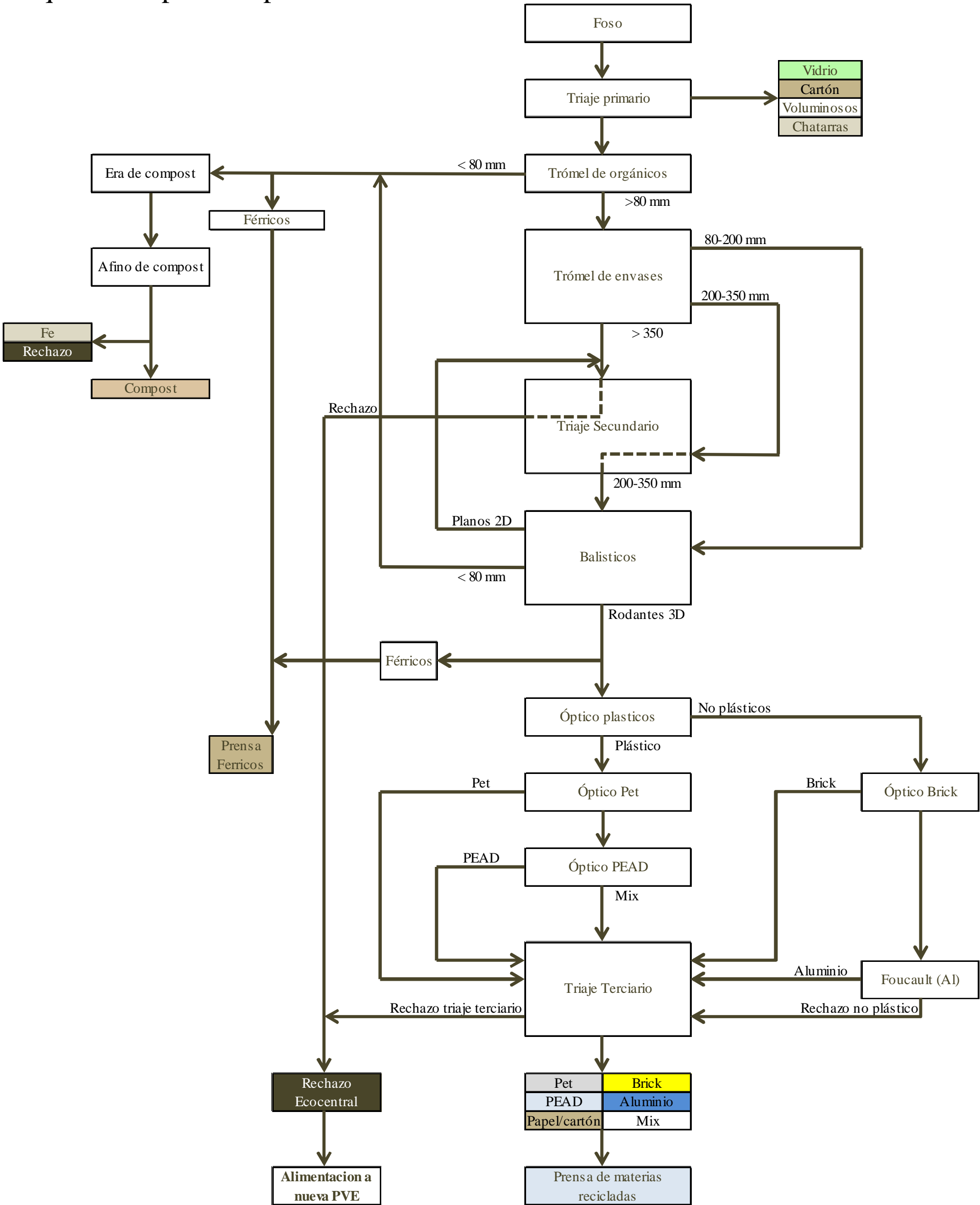
Planta de Valorización
Energética de Granada

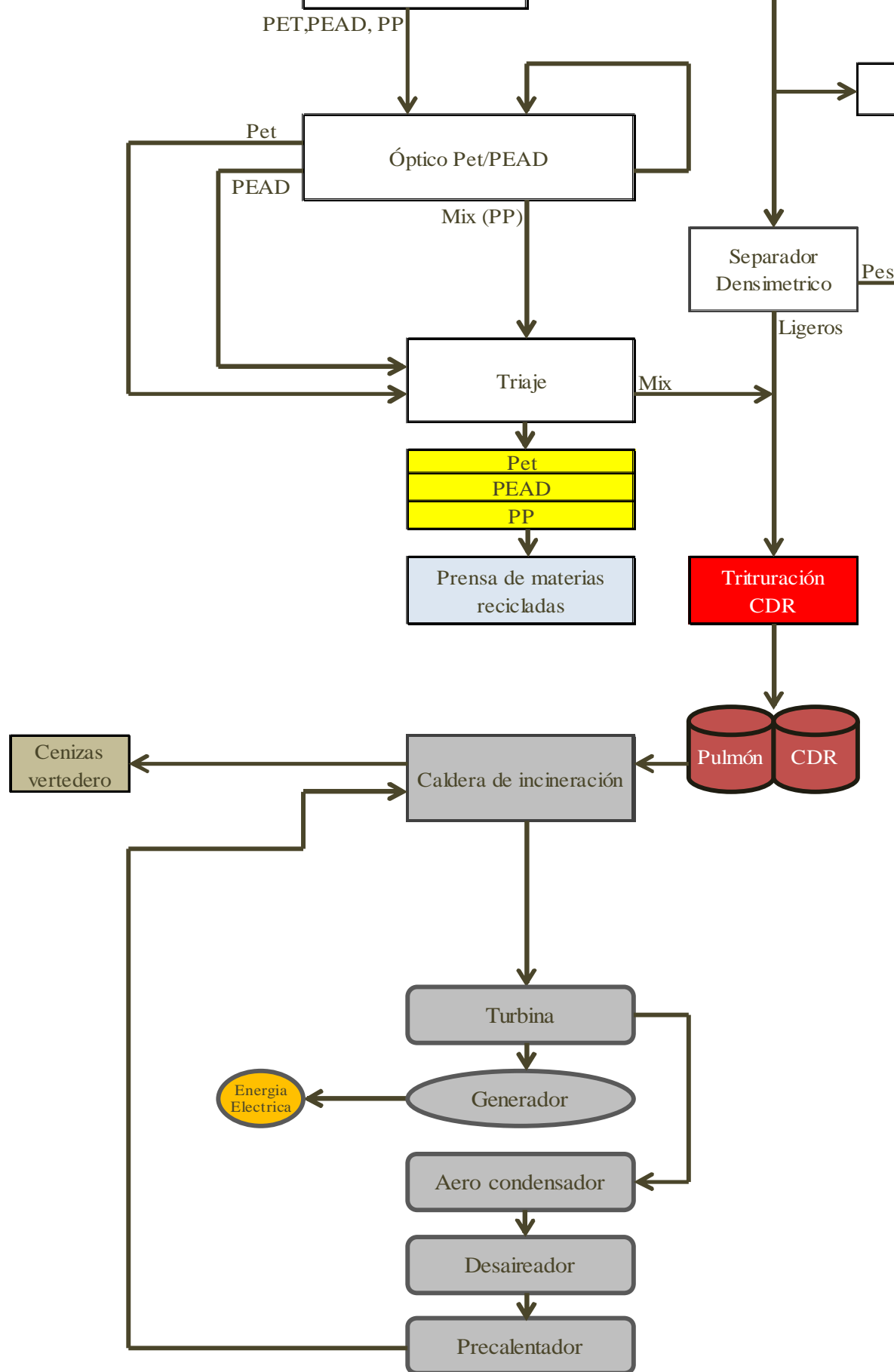
Proyecto básico. Memoria descriptiva

Centro de tratamiento y valorización energética de RSU de Alhendín
(Granada)



Esquema de proceso planta de tratamiento de RSU Ecocentral Granada





Anexo II: Balance de materias



PLAVEGA

Planta de Valorización
Energética de Granada

Proyecto básico. Memoria descriptiva

Centro de tratamiento y valorización energética de RSU de Alhendín
(Granada)



Datos de planta	
Capacidad diseñada	80.143 t/a
disponibilidad horaria anual P pretratamiento	3.500 h/a
disponibilidad horaria anual Homo	8.088 h/a
Capacidad de tratamiento	
Nº de líneas de tratamiento	3
Capacidad pretratamiento	29 t/h
Capacidad homo	

Propiedades	Densidad aparente t/m ³	humedad %	Centosa %	PCL kcal/kg
Plásticos				
Per	0,08	12%	1%	3.681
Pead	0,06	6%	2%	10.061
PP	0,06	8%	4%	9.830
Film	0,05	20%	5%	7.933
Otros	0,05	12%	1%	7.554
Textiles	0,20	20%	6%	4.342
Papel y cartón	0,15	22%	19%	3.136
Brick	0,15	20%	19%	3.136
Metales				
Fe	0,30	5%	100%	0
No-Fe	0,30	5%	100%	0
Vidrio	0,70	5%	100%	0
Materia Orgánica	0,40	50%	19%	3.136
Madera	0,25	25%	7%	4.011
Otros	0,30	10%	19%	0

Intensidad planta	% composición	t/a	t/h	m ³ /h
Plásticos				
Per	20,1%	20.346	5,8	111,4
Pead	1,3%	1.309	0,4	5,0
PP	0,5%	498	0,1	2,4
Film	2,0%	2.037	0,6	9,7
Otros	12,5%	12.600	3,6	72,0
Textiles	3,9%	3.902	1,1	22,3
Papel y cartón	13,4%	13.370	3,9	19,4
Brick	18,8%	18.863	5,4	36,2
Metales	1,1%	1.135	0,3	2,2
Fe	1,2%	1.164	0,3	1,7
No-Fe	0,9%	864	0,2	0,8
Vidrio	0,3%	300	0,1	0,9
Materia Orgánica	0,2%	221	0,1	0,1
Madera	29,4%	29.751	8,5	21,3
Otros	3,0%	3.048	0,9	3,5
Otros	12,8%	12.825	3,7	12,5
Total	100%	101.143	29	208

Balance de materia Planta de Valorización energética de Granada

Intensidad planta	% composición	t/a	t/h	m ³ /h
Plásticos				
Per	2,0%	209	0,1	1,1
Pead	0,0%	3	0,0	0,0
PP	0,0%	2	0,0	0,0
Film	1,0%	102	0,0	0,5
Otros	0,6%	63	0,0	0,4
Textiles	0,4%	39	0,0	0,2
Papel y cartón	9,6%	1.014	0,3	1,9
Brick	0,2%	16	0,0	0,0
Metales	0,2%	24	0,0	0,1
Fe	0,1%	9	0,0	0,0
No-Fe	0,1%	15	0,0	0,0
Vidrio	1,0%	111	0,0	0,0
Materia Orgánica	64,4%	7.003	2,0	5,0
Madera	0,5%	58	0,0	0,1
Otros	19,6%	2.063	0,6	2,0
Total	100%	10.546	4,7	10

Alimentos	% composición	t/a	t/h	m ³ /h
No-Fe	100,0%	2,20	0,1	0,6
Total	100%	2,20	0,1	0,6

Residuos a ser quemados	% composición	t/a	t/h	m ³ /h
Plásticos				
Per	0,3%	25	0,0	0,1
Pead	0,0%	0	0,0	0,0
PP	0,0%	0	0,0	0,0
Film	1,0%	281	0,1	1,6
Otros	1,7%	479	0,1	2,7
Textiles	1,4%	399	0,1	2,7
Papel y cartón	0,8%	234	0,1	0,4
Brick	0,1%	22	0,0	0,0
Metales	0,9%	254	0,1	0,3
Fe	0,5%	227	0,1	0,2
No-Fe	0,1%	28	0,0	0,1
Vidrio	0,4%	105	0,0	0,0
Materia Orgánica	52,2%	14.718	4,2	10,5
Madera	3,7%	1.032	0,3	1,2
Otros	37,7%	10.636	3,0	10,1
Total	100%	28.178	8,1	28

Admisión	% composición	t/a	t/h	m ³ /h
Plásticos				
Per	0,3%	246	0,1	0,9
Pead	0,1%	68	0,0	0,3
PP	0,7%	571	0,2	2,7
Film	14,3%	12.255	3,5	20,0
Otros	4,1%	3.456	1,0	19,7
Textiles	15,6%	13.172	3,8	18,8
Papel y cartón	20,8%	17.519	5,0	33,4
Brick	1,2%	1.032	0,3	2,0
Metales	0,3%	286	0,1	0,4
Fe	0,1%	231	0,1	0,2
No-Fe	0,1%	55	0,0	0,2
Vidrio	0,1%	108	0,0	0,0
Materia Orgánica	26,3%	22.206	6,3	15,9
Madera	3,4%	2.867	0,8	3,3
Otros	12,6%	10.636	3,0	10,1
Total	100%	84.419	24,3	178

Energos	% composición	t/a	t/h	m ³ /h
Plásticos				
Per	0,4%	221	0,1	0,8
Pead	0,1%	68	0,0	0,3
PP	1,0%	571	0,2	2,7
Film	21,8%	11.973	3,4	19,4
Otros	5,3%	2.983	0,9	17,0
Textiles	22,7%	12.773	3,6	18,2
Papel y cartón	36,7%	17.285	4,9	32,9
Brick	1,8%	1.010	0,3	1,9
Metales	0,1%	32	0,0	0,1
Fe	0,0%	0	0,0	0,0
No-Fe	0,0%	28	0,0	0,1
Vidrio	0,0%	0	0,0	0,0
Materia Orgánica	13,3%	7.488	2,1	5,3
Madera	3,3%	1.835	0,5	2,1
Otros	0,0%	0	0,0	0,0
Total	100%	56.241	16,3	150

Mix plásticos	% composición	t/a	t/h	m ³ /h
Plásticos				
Per	3,5%	100	0,0	0,4
Pead	1,5%	41	0,0	0,2
PP	10,2%	286	0,1	1,4
Film	9,3%	269	0,1	1,5
Otros	11,3%	314	0,1	2,2
Textiles	12,1%	349	0,1	2,5
Papel y cartón	15,5%	448	0,1	2,9
Brick	3,0%	86	0,0	0,2
Metales	0,6%	17	0,0	0,0
Fe	0,1%	3	0,0	0,0
No-Fe	0,1%	10	0,0	0,0
Vidrio	0,2%	5	0,0	0,0
Materia Orgánica	18,7%	541	0,2	3,4
Madera	4,2%	123	0,0	0,1
Otros	7,8%	225	0,1	0,2
Total	100%	2.887	0,8	8

Atenuación	% composición	t/a	t/h	m ³ /h
Plásticos				
Per	0,5%	122	0,1	1,2
Pead	0,2%	113	0,0	0,5
PP	1,5%	866	0,2	4,1
Film	20,7%	12.242	3,5	20,0
Otros	5,7%	3.367	1,0	19,2
Textiles	22,2%	13.122	3,7	18,7
Papel y cartón	34,0%	17.733	5,1	31,8
Brick	1,9%	1.096	0,3	2,1
Metales	0,1%	49	0,0	0,1
Fe	0,0%	12	0,0	0,0
No-Fe	0,1%	37	0,0	0,1
Vidrio	0,0%	5	0,0	0,0
Materia Orgánica	13,6%	8.029	2,3	5,7
Madera	3,3%	1.838	0,6	2,2
Otros	0,4%	225	0,1	0,2
Total	100%	39.128	10,9	158

CDRs a Homo	% composición	t/a	t/h	t/a seco	% seco	Energía disponible (Mcal)	Energía perdida (Agua) (Mcal)	Energía útil (Mcal)	PCL útil kcal/kg	Centosa t/a	Centosa %	m ³ /h	Densidad t/m ³
Plásticos													
Per	28,6%	16.910	2,1	13.940	31,0%	111.448.324	1.775.839	109.672.485	6.486	629	1,1%	41,1	0,08
Pead	0,5%	222	0,0	201	0,6%	1.689.247	21.089	1.368.158	4.921	2	0,0%	0,5	0,00
PP	0,2%	113	0,0	806	0,2%	1.087.100	4.049	1.083.051	9.422	2	0,0%	0,2	0,00
Film	1,5%	866	0,1	796	1,8%	7.828.245	41.409	7.786.836	8.996	33	0,1%	1,8	0,06
Otros	20,7%	12.242	1,5	9.794	21,8%	77.083.440	1.461.141	75.622.299	6.226	391	0,6%	30,3	0,05
Textiles	22,2%	13.122	1,6	10.448	23,4%	45.575.861	1.569.381	44.006.480	3.354	632	1,1%	8,1	0,20
Papel y cartón	34,0%	17.733	2,2	13.902	30,9%	43.591.308	2.290.794	41.300.514	2.320	2.676	4,5%	14,6	0,15
Brick	1,9%	1.096	0,1	177	2,0%	1.311.111	2.618.727	2.308	149	6,9	3,5%	0,9	0,10
Metales	0,1%	49	0,0	47	0,1%	-1.478	-30	-30	47	0,1%	0,1	0,12	0,12
Fe	0,0%	12	0,0	12	0,0%	0	368	-368	-30	12	0,0%	0,0	0,10
No-Fe	0,1%	37	0,0	15	0,1%	0	1.110	-1.110	-30	15	0,1%	0,0	0,10
Vidrio	0,0%	5	0,0	5	0,0%	0	185	-185	-30	5	0,0%	0,0	0,20
Materia Orgánica	13,6%	8.029	1,0	4.014	8,9%	12.587.452	2.400.640	10.186.812	12.60	773	1,3%	2,5	0,40
Madera	3,3%	1.838	0,2	1.408	3,3%	5.889.591	292.711	5.596.880	2.859	165	0,2%	1,0	0,25
Otros	0,4%	225	0,0	210	0,5%	-13.480	-40	-40	39	0,1%	0,1	0,30	0,30
Total	100%	59.128	7,3	41.955	100%	221.842.465	8.475.598	213.366.867	3.609	5.073	9%	65	0,11

Cierre de balance	0,0000
Entrada	80.143
Salida	80.143
Per	961
PEAD	387
PP	1.003
Film	617
Fe	220
Al	50.225
Otros	39.724

Anexo III: Balance de energía

Balance de energía Planta de Valorización Energética de Granada

