Trabajar con biomasa: Instalación y servicios comercializables al ciudadano de a pie y a la empresa

Agencia Extremeña de la Energía

PROGRAMA emplea verde 2007-2013

UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro

Fundación Biodiversidad

formate bio
formación para trabajadores de empresas en la cadena de biomasa

Agencia Extremeña de la Energía

www.formatebio.es
www.agenex.org
info@formatebio.es

Teléfonos y Direcciones:

Rnd. De San Francisco
Nº 3, 1ª Planta
10005 Cáceres
Telf.: +34 927 625 794
Fax: +34 927 625 795
agenex@dip-caceres.es

Avda. Antonio Masa Campos
Nº 26, Bajo
06011 Badajoz
Telf.: +34 924 26 21 61
Fax: +34 924 25 84 21
agenex@dip-badajoz.es

PRÓLOGO

Desde la Agencia Extremeña de la Energía, dentro del Programa Emplea Verde 2007-2013 y en coordinación con La Fundación Biodiversidad, se lanza el Proyecto FORMATE-BIO destinado a dar formación a trabajadores de Pymes y trabajadores agrarios que se encuentran involucrados en la cadena de valor de la biomasa. El proyecto tiene como objetivo la formación específica sobre cada una de sus potenciales áreas de mejora dentro de las empresas en las que se encuentran.

Dentro de la producción de energías con nuevas fuentes, algunas son ya suficientemente conocidas y otras no tanto. De ahí la labor por parte de la Agencia Extremeña de la Energía de dar a conocer qué es la biomasa y su gran potencial como fuente de energía en la región.

La biomasa, entendida como el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma, es un tipo de energía con amplio espectro de posibles materias primas.

El presente trabajo pretende ser un libro de consulta para todo aquel que tenga inquietudes sobre las distintas opciones dentro de la biomasa.

AGENCIA EXTREMEÑA DE LA ENERGÍA

trabaja

con bi

ar
omasa

ÍNDICE

1. CLIMATIZACIÓN Y BIOMASA 6
1.1 Ventajas e inconvenientes 7
2. TIPOS DE BIOCOMBUSTIBLES 16
2.1 Selección de los combustibles apropiados 18
3. TIPOS DE GENERADORES DE CALOR CON BIOMASA 21
3.1 Tipos de generadores según el tipo de combustible 22
3.2 Tipos de generadores según el tipo de quemador 24
4. NORMATIVA VIGENTE Y AUTORIZACIONES 28
4.1 La utilización de los sistemas domésticos de biomasa en España 28
4.2 Control de emisiones 28
4.3 Requisitos y competencias del responsable de la instalación 29
4.4 Trámites de autorización 29
5. AYUDA Y SUBVENCIONES 30
6. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS 32

1. CLIMATIZACIÓN Y BIOMASA

En este documento se centra en los sistemas de calderas de biomasa pequeñas y medianas para sistemas de calefacción. Con él se pretende que el lector sea capaz de interpretar las diferentes aplicaciones de la biomasa al ámbito de la calefacción y suministro de agua caliente. A lo largo de los distintos capítulos se desarrollan las diferentes opciones disponibles en el mercado, que serán aplicables a diversas situaciones.

Los sistemas modernos de calefacción con biomasa trabajan del mismo modo que los sistemas de calefacción convencionales con gasóleo o gas. Estos sistemas sólo son poco corrientes, por tanto, todos los agentes involucrados deben recibir periódicamente información detallada, ya que el escepticismo sobre esta nueva tecnología es la mayor barrera para el éxito del proyecto. El grupo de agentes sectoriales relevantes incluye los inversores, los potenciales usuarios del edificio, los vecinos y las autoridades públicas. Ser pioneros es este campo será una recompensa en el futuro.

Hay muchas razones para considerar la instalación de calefacciones alimentadas con biomasa. Además de usar energías limpias y de estar tecnológicamente probadas, también pueden ser una solución económicamente atractiva. Por otro lado, los biocombustibles son un recurso autóctono, que ofrece también una mayor seguridad de suministro y estabilidad de los precios.

El aprovechamiento térmico que supone la combustión de la biomasa puede proporcionar agua caliente, calefacción o aire caliente. Además, las calderas de biomasa se pueden combinar perfectamente como energía auxiliar a sistemas de energía solar térmica.

En la actualidad se aplican sistemas de climatización con biomasa en muy diversas situaciones, entre las que cabe destacar viviendas unifamiliares, bloques de viviendas, redes de climatización y edificios públicos.
Entre otros sistemas, los más frecuentes en climatización son los siguientes:

Calderas de 40-100 kW

Aprovechamiento de la biomasa en calderas de pequeñas dimensiones, que proporcionan el calor requerido por el equipo, parcial o totalmente, en forma de agua caliente sanitaria y calefacción.

Son adecuadas para hospitales, colegios, complejos deportivos, bloques de pisos, casas aisladas,...

Plantas de 0.1-2 MW

Son las llamadas *District Heating,* plantas pequeñas de aprovechamiento de

biomasa. Proporcionan calor para usos residenciales, industriales o servicios, con la posibilidad de generar electricidad, en función del tamaño de la caldera. Idónea para barrios residenciales o polígonos industriales.

Plantas de Cogeneración de 5 MW

Capacitadas para la producción de 5 MW de energía eléctrica a partir de la biomasa forestal. También aprovechan parte del vapor producido para generar energía calorífica.

1.1 Ventajas e inconvenientes

La utilización de la biomasa con fines energéticos acarrea un buen número de ventajas frente a las fuentes energéticas de origen fósil.

Excelente disponibilidad de tecnología.

Mientras el uso de la leña es común en todo el mundo, el uso de pelets, astillas u otros biocombustibles en calderas automáticas, que alcanzan los mejores niveles establecidos actualmente de rendimiento, disminución de emisiones y confort, es una nueva opción todavía en gran parte desconocida. La tecnología de las calderas de biomasa ha hecho enormes progresos en la última década. Las emisiones han caído en dos órdenes de magnitud y los rendimientos han alcanzado el mismo nivel que las calderas de gasoil o de gas.

Este progreso ha incluido la fiabilidad de operación de una caldera automática. Sin embargo, hay que destacar, que hay una amplia gama de calidades disponibles en el mercado. La selección cuidadosa de una caldera de alta calidad es esencial para realizar con éxito un proyecto en un edificio residencial o público.

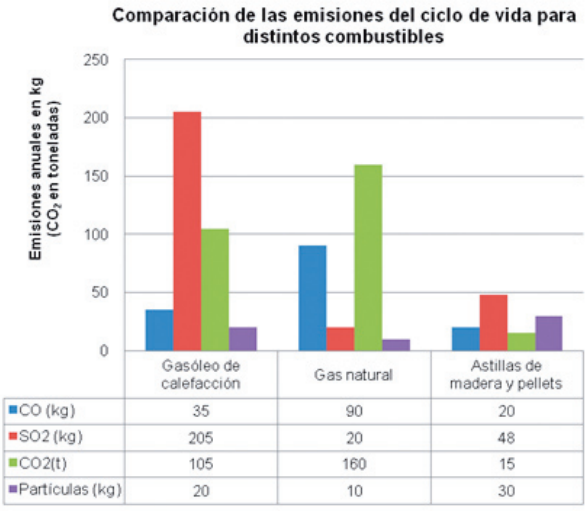
Beneficios medioambientales

Tal vez la ventaja más evidente sea la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, especialmente de CO_2. Aunque para el aprovechamiento energético de esta fuente renovable tengamos que recurrir a procesos de combustión, durante los cuales se seguirá produciendo CO_2, la cantidad liberada de este gas es la misma que fue captada por la planta durante su crecimiento, con lo que habremos de concluir que la combustión de biomasa no supone un incremento de la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera. La Tabla 1-1 compara las emisiones de calderas modernas, medidas en operación real, en una muestra de escuelas públicas en Austria. En estas mediciones las calderas de biomasa tenían emisiones más bajas o similares de SO2, emisiones levemente más altas de NOx y CO y emisiones más altas, pero aceptables, de partículas.

	Gasóleo de calefacción	Gas Natural	Astillas de madera/Pelets
CO	10	150	250
SO_2	350	20	20
Nox	350	150	350
Partículas	20	0	150
NMVOC	5	2	10

- Tabla 1-1. Emisiones en mg/kWh Gasóleo Gas Astillas de energía suministrada

Sin embargo, las emisiones de calderas no son las únicas consecuencias para el medio ambiente que deben ser consideradas. La producción y el transporte del combustible suponen unas cantidades considerables de contaminación que necesitan considerarse para el equilibrio ambiental. Incluso se considerarán las emisiones debidas a la producción y al reciclado de las calderas. Las emisiones del ciclo de vida presentadas en el Gráfico 1-1, han sido calculadas con la base de datos GEMIS, desarrollada para el análisis del ciclo de vida. Los resultados se basan en el estado actual de la tecnología de calderas, con condiciones estándar para los combustibles convencionales y suponiendo que los pelets de madera son transportados en camión una distancia de 300 km. Incluso considera las emisiones debidas a la producción y al reciclado de las calderas.



- Gráfico 1-1.- Comparación de las emisiones del ciclo de vida para distintos combustibles. Fuente IDAE. ***Biomasa: Edificios.***

La comparación muestra, que los pelets cumplen mejor los límites de emisiones de CO_2 y CO. Las emisiones de SO_2 son significativamente más bajas que para las calderas de gasóleo pero levemente más altas que en las calderas de gas. Las emisiones de partículas son levemente más altas pero su cantidad no supera los 30 kg al año, tres ceniceros llenos.

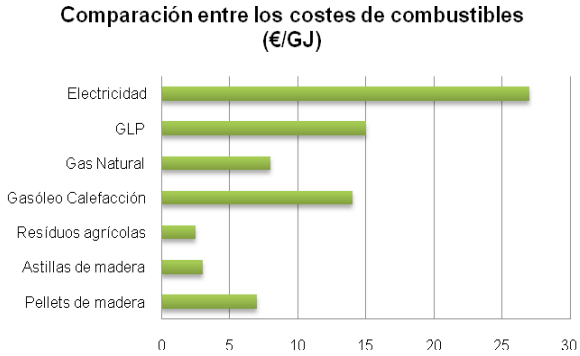
Dentro de las ventajas relativas a las emisiones procedentes de la quema de biomasa, podemos señalar que durante este proceso no se emiten contaminantes sulfurados o nitrogenados, del mismo modo que apenas se generan partículas sólidas.

Entre las ventajas medioambientales del empleo de la biomasa se encuentran:

- Disminución de las emisiones de azufre.
- Disminución de las emisiones de partículas.
- Emisiones reducidas de contaminantes como CO, HC NO_X.
- Ciclo neutro de CO_2, sin contribución al efecto invernadero.
- Reducción del mantenimiento y de los peligros derivados del escape de gases tóxicos y combustibles en las casas.
- Reducción de los riesgos de incendios forestales y de plagas de insectos.
- Aprovechamientos de residuos agrícolas, evitando su quema en el terreno.
- Posibilidad de utilización de tierras de barbecho con cultivos energéticos.

Competitividad económica.

Calentarse con la biomasa no sólo es beneficioso para el medio ambiente, sino también para el ahorro, porque a igualdad de calor producido, los combustibles vegetales cuestan mucho menos que los fósiles. El Gráfico 1-2, permite comparar los tres principales combustibles fósiles para calefacción (gasóleo, Gas Natural y gases licuados del petróleo -glp-), electricidad y los tres principales tipos de biomasa.



- Gráfico 1-2.- Comparación entre los costes de combustibles

La comparación se ha realizado sobre la base del coste de la energía correspondiente a 1 GJ. Se observa de inmediato que el coste de la energía de la biomasa es, en todo los casos, netamente inferior. El ahorro es por lo tanto considerable, y permite en muchos casos una rápida recuperación del capital invertido en el sistema.

Una información más detallada sobre el poder calorífico y sobre los costes indicativos de los diversos combustibles biológicos se puede encontrar en la Tabla 1-2., en ella, la energía de la biomasa se expresa como *litro equivalente* de gasóleo y glp, y como *metro cúbico equivalente* de metano.

La primera columna de la tabla refleja los diferentes tipos de combustibles en comparación, divididos en combustibles fósiles y biomasa. La segunda columna cita el *poder calorífico neto*, esto es, la cantidad neta de energía que se desarrolla de la combustión de 1 kg. de combustible con su contenido real de agua, en las condiciones reales de utilización de la biomasa. En la tercera columna se cita el coste unitario en €/kg; las dos siguientes columnas, bajo el título común *litro equivalente de gasóleo*, indican la cantidad de combustible (en kg) necesaria para producir la misma energía que produce 1 litro de gasóleo y el coste de esa cantidad. Siguen dos columnas concernientes al *litro equivalente de gas líquido* (glp) y dos que citan el *metro cúbico equivalente de metano*.

La tabla permite comparar los combustibles fósiles y los diferentes tipos de biomasa sobre la base del contenido real de energía. La comparación se ha realizado sobre la base de las cantidades y sobre los costes de la biomasa necesaria para sustituir una cantidad estándar de combustible fósil.

Por ejemplo, tomamos en consideración la leña seca para quemar, que tiene un contenido de humedad del 25%. Se puede observar que son necesarios 2,79 kg. para obtener la misma energía que produce un litro de gasóleo, y que, siendo el precio de la leña para quemar igual a 0,103 €/kg., el coste de este *litro equivalente* de gasóleo es igual a 0,29 €, valor aproximadamente de un 65% inferior al coste real del gasóleo, igual a 0,83 €/litro. Análogamente, son necesarios 2,76 kg. de leña seca para obtener la misma energía que produce 1 m^3 de metano, al coste equivalente de 0,28 € contra 0,52 € de un metro cúbico real de metano.

Combustibles fósiles	P.C. neto	Coste /kg	Litro equivalente gasóleo		Litro equivalente GPL		Metro cúbico equivalente metano	
	KWh/kg (*)		kg	€	kg	€	kg	€
Gasóleo	11,7	0,99	0,83	0,83	0,62	0,61	0,83	0,82
Metano	13,5	0,72	0,73	0,52	0,54	0,39	0,72	0,52
GPL	12,8	1,097	0,76	0,84	0,57	0,62	0,75	0,83
Combustibles de biomasa	**P.C. neto**	**Coste €/kg**	**Litro equivalente gasóleo**		**Litro equivalente GPL**		**Metro cúbico equivalente metano**	
	KWh/kg (*)		kg	€	kg	€	kg	€
Leña para quemar 25% humedad (**)	3,5	0,103	2,79	0,29	2,07	0,21	2,76	0,28
Leña para quemar 35% humedad	3	0,093	3,31	0,31	2,45	0,23	3,27	0,3
Leña para quemar 45% humedad	2,4	0,077	4,08	0,32	3,02	0,23	4,03	0,31
Astillas de haya/encina 25% hum..	3,5	0,067	2,79	0,19	2,07	0,14	2,76	0,19
Astillas de haya/encina 35% hum.	2,9	0,062	3,32	0,21	2,46	0,15	3,28	0,2
Astillas de haya/encina 50% hum. (***)	2,1	0,057	4,64	0,26	3,43	0,19	4,59	0,26
Astillas de álamo 25% humedad	3,3	0,052	2,92	0,15	2,17	0,11	2,89	0,15
Astillas de álamo 35% humedad	2,8	0,044	3,51	0,15	2,6	0,11	3,47	0,15
Astillas de álamo 50% humedad	1,9	0,036	5,02	0,18	3,72	0,13	4,97	0,18
Pellet de madera humedad máx. 10%	4,9	0,18	2	0,36	1,48	0,27	1,98	0,36
(*) 1 KWh = 860 kcal (**) leña seca de dos años (***) madera recién cortada								

- Tabla 1-2.- Poderes caloríficos y costes indicativos de los combustibles fósiles y de la biomasa

Las calderas de biomasa pueden alcanzar un rendimiento del 95% con emisiones de CO de 90 mg/m3, cerca del 0,5 % de las emisiones de una vieja caldera de leña. Incluyen la limpieza automática de las superficies del cambiador de calor, control del microprocesador e incluso alarma automática vía teléfono móvil.

Para poder compara los costes de distintos sistemas de calefacción se expone el ejemplo siguiente:

- Potencia térmica: 100 kW.
- Demanda de energía térmica: 140.000 kWh.
- Demanda de astillas: 180 m^3 (picea).
- Almacenamiento de astillas: 50 m^3.
- Costes de inversión: 43.900 EURO.
- Precio de la energía térmica:
- Costes de la inversión: 254 EURO/kW.
- Precio básico: 14,5 EURO/año
- Precio de medición: 18 EURO/piso y mes.
- Precio de la energía térmica: 47 EURO/MWh.

Los parámetros económicos de los sistemas de biomasa están determinados por los costes de inversión, que son generalmente más altos, y por los costes de operación que son más bajos que para los sistemas de calefacción convencionales. Los costes de calefacción se han calculado según la norma VDI 2067 – los costes utilizados corresponden a calderas de 100 kW en una zona residencial. En Extremadura existen ayudas a la inversión del 30% al 45% para estos proyectos. En base a estos datos se expone en la Tabla 1-2., la comparativa entre distintos combustibles.

	Unidad	Astillas	Pelets	Gasóleo	Gas Natural
Costes de inversión					
Caldera	(€)	17.500,00	17.500,00	5.800,00	6.600,00
Instalación	(€)	4.400,00	4.400,00	3.000,00	3.000,00
Obra civil	(€)	22.000,00	15.000,00	13.000,00	10.000,00
Total inversión	(€)	**43.900,00**	**36.900,00**	**21.800,00**	**19.600,00**
Cantidad subvencionable	(%)	100,00	100,00	0,00	0,00
Ayuda	(%)	30,00	30,00	0,00	0,00
Inversión menos ayuda	(€)	**30.730,00**	**25.830,00**	**21.800,00**	**19.600,00**
Costes de capital					
Caldera	(€/año)	1.068,01	1.068,01	505,67	575,42
Instalación	(€/año)	268,53	268,53	261,55	261,55
Obra civil	(€/año)	977,04	666,17	824,78	634,44
Total costes de capital	(€/año)	**2.313,58**	**2.002,71**	**1.592,00**	**1.471,41**
Costes de combustible y autoconsumo					
Costes de combustible	(€/año)	3.678,31	6.556,40	8.176,08	8.025,06
Costes de energía eléctrica	(€/año)	60,00	60,00	50,00	50,00
Total de costes combustible y autoconsumo	(€/año)	**3.738,31**	**6.616,40**	**8.226,08**	**8.075,06**
Costes de operación					
Costes de reparación de caldera	(€/año)	175,00	175,00	58,00	66,00
Costes de reparación de la instalación	(€/año)	44,00	44,00	30,00	30,00
Costes de reparación del edificio	(€/año)	110,00	75,00	65,00	50,00
Costes de personal	(€/año)	960,00	750,00	0,00	0,00
Costes de deshollinado	(€/año)	250,00	250,00	200,00	150,00
Contrato de servicios	(€/año)	400,00	400,00	200,00	200,00
Total costes de operación	(€/año)	**1.939,00**	**1.694,00**	**553,00**	**496,00**
Otros costes					
Seguros	(€/año)	250,00	200,00	100,00	100,00
Total otros costes	(€/año)	**250,00**	**200,00**	**100,00**	**100,00**
Total costes anuales	(€/año)	**8.240,89**	**10.513,11**	**10.471,08**	**10.142,47**
Total costes por MWh	(€/MWh)	54,94	70,09	69,81	67,62

- Tabla 1-3.-Comparativa de costes de sistemas de calefacción con distintos combustibles

Editado por Dl. Kasimir P. Nemestothy, E. V. A. - The Austrian Energy Agency, Otto-Bauer-Gasse 6. 1060 Wien. nemestothy@eva.ac.at.

Beneficios socio-económicos.

A parte las ventajas ligadas a la reducción de las emisiones contaminantes, que por otro lado se asocian de un modo general a todas las fuentes energéticas renovables, el uso de la biomasa conlleva otro tipo de ventajas relacionadas con aspectos socioeconómicos.

El uso de la biomasa, aparte de sumar energía limpia a nuestro abastecimiento y disminuir nuestra dependencia energética del exterior, es un vector energético que también contribuye a mantener y diversificar el sector agrícola y crear empleo.

Según el estudio Energías renovables y generación de empleo en España, presente y futuro, elaborado por el Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), estima que hay cerca de 89.000 empleos directos en el sector de las energías renovables. En biomasa se calculan 4.948 y en biogás y biocarburantes 2.982 y 2.419, respectivamente.

En Extremadura, está prevista la puesta en funcionamiento 15 MW de potencia en el año 2010 y de otros 10 MW en el año 2011. Se estima un incremento de 4 MW de potencia eléctrica instalada con biogás en el horizonte del año 2012. Y para la construcción de las plantas, se prevén 105 puestos de trabajo. El empleo será cubierto empresas extremeñas al 82%.

Existen otras actividades que generan empleo en el sector de la biomasa (aprovechamiento y transformación y distribución de los diferentes tipos de biomasa). Para estas actividades se prevé una creación de empleo de unos 160 puestos de trabajo, de los cuales un 90% de los mismos serán cubiertos por empresas extremeñas.

Con estos datos el Plan Energético para Extremadura prevé la generación de empleo que muestra la Tabla 1-4:

GENERACIÓN DE EMPLEO EMPRESAS EXTREMEÑAS	Fase Construcción y montaje(*)	Otras actividades	Fase Operación y mantenimiento
Total de empleos directos	87	144	100
Total empleos indirectos	43	72	50
TOTAL	130	216	150

- Tabla 1-4.- Generación de empleo en Extremadura. (*)En construcción y montaje se trata de empleos equivalentes (50% sobre los empleos directos).

Disponibilidad de espacio, planificación adaptada

Un sistema de calefacción con biomasa necesita algo más de espacio para la caldera, el silo de combustible y el acceso para el suministro de combustible. Si el espacio disponible es pequeño, probablemente, no sea una buena solución. Si el proyecto y la construcción del edificio están en una fase inicial, es una ventaja considerable pues permite la adaptación del diseño. Una buena comunicación entre el arquitecto y el técnico facilitará esta tarea.

Disponibilidad de suministro del combustible

Aunque la disponibilidad de biomasa es abundante en Europa, el suministro aún no está organizado en muchos casos. Un biocombustible adecuado puede proceder de la industria agroforestal local, que produzca biomasa residual, de los residuos forestales o de residuos de cultivos agrícolas.

La aparición de los pelets, con alta densidad energética que permite transportarlos grandes distancias, ha mejorado considerablemente la situación; además, el número de los productores de pelets está creciendo rápidamente. En cualquier caso, debe asegurarse el suministro a largo plazo de los biocombustibles, con una calidad alta y constante, antes del establecimiento de un sistema de calefacción con biomasa. En la página web www.bioheat.info puede obtenerse un listado de suministradores de biomasa.

Mantenimiento de la caldera

La diferencia principal entre la operación de una caldera de biomasa y una caldera de gasóleo es, que en la caldera de biomasa las cenizas se han de retirar periódicamente. Es importante establecer por anticipado la identidad de la persona que va tener la responsabilidad de esta tarea y que va vigilar el almacenamiento del combustible. Si se utiliza una caldera sin limpieza automática del intercambiador, será necesario realizar un trabajo considerable para limpiar el polvo de cenizas en el mismo.

2. TIPOS DE BIOCOMBUSTIBLES

La biomasa se presenta en diferentes tipos de combustibles. Los sólidos como pelets, las astillas de madera y los residuos agroindustriales son los más convenientes en la climatización de edificios. Pero también existen otros líquidos como el bioetanol y el biodiesel, y gaseosos como el biogás.

Los tipos de biomasa comerciales empleados generalmente para sistemas de calefacción proceden de residuos agrícolas, forestales, agroindustriales, residuos de la industria de la madera, cultivos energéticos y leñas tradicionales generalmente.

La presentación de los biocombustibles obtenidos de las fuentes anteriores se muestra en la Tabla 2-1, que se expone a continuación:

<table>
<tr><td>Productos densificados:</td><td colspan="2">Pelets y briquetas fabricados con serrines y virutas de la industria maderera.</td></tr>
<tr><td>
Pelets</td><td colspan="2">
Briquetas</td></tr>
<tr><td>Astillas:</td><td colspan="2" rowspan="2">Provenientes de las industrias de la primera o segunda transformación de la madera o la explotación forestal o de cultivos energéticos leñosos (chopo, eucalipto, olmo,…)</td></tr>
<tr><td>
Astillas de madera</td></tr>
<tr><td>Residuos agroindustriales:</td><td colspan="2">Huesos o/y orujillo de aceituna, cáscaras de frutos secos, almendra, piña, …</td></tr>
<tr><td>
Huesos de aceituna</td><td>
Cáscara de almendra</td><td>
Cáscara de avellana.</td></tr>
</table>

Leña:	
Leña	Usualmente se obtiene de montes quercineas (encina, roble, …) o de restos de explotación forestal maderera.

• Tabla 2-1.- Tipos de biocombustibles sólidos

Sobre los productos densificados existen dos tipos fundamentales: los pelets y las briquetas. La forma de las briquetas depende de la máquina empleada para su fabricación, siendo las más abundantes las cilíndricas con diámetros entre los 30 y los 200 mm, y longitud entre los 150 y los 500 mm. Los pelets tienen forma cilíndrica y su tamaño ronda los 6 y 30 mm de diámetro y los 10 y 70 mm de longitud.

Generalmente, las briquetas tienen un mercado más reducido en lo referente a la calefacción doméstica (chimeneas francesas y estufas de leña). Los pelets tienen un mercado potencial muy amplio como son las estufas y calderas de uso doméstico e industrial, llegando incluso a usarse en la generación eléctrica en grandes instalaciones de combustión.

Es importante señalar que los pelets no contengan otras sustancias o contaminantes que puedan aumentar la cantidad de ceniza considerablemente, lo que puede generar problemas en la caldera. También es necesario que los pelets posean cierta resistencia mecánica y no se desintegren fácilmente en polvo, ya que éste tiene unas propiedades diferentes. La Tabla 2-2., muestra

	unidades	Pelets de madera	Astillas de madera seca	Residuos agroindustriales
Poder calorífico inferior	(GJ/t)	17,00	13,40	14,6-16,7
por kg	(kWh/kg)	4,7	3,7	4,0-4,7
por m^3	(kWh/m^3)	3077	744	744-2.500
Humedad (b.s.)	(%)	8	25	10-40
Densidad	(kg/m^3)	650	200	200-500
Contenido de cenizas	(%)	0,5	1	1-2

• Tabla 2-2.- Datos básicos de biocombustibles para calefacción. Fuente: IDAE.

2.1 Selección de los combustibles apropiados

Para la selección del biocombustibles y la caldera deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones en orden de importancia:

1º- Espacio disponible para el almacenamiento del combustible. Esta situación condiciona en gran medida el combustible a seleccionar, pues si se dispone de poco espacio habrá que recurrir a combustibles de gran densidad como los Pelets frente a otros de menor densidad como las astillas por ejemplo.

2º- Mercado local de biocombustibles. Teniendo en cuenta la disponibilidad, calidad y precio del combustible. Siendo especialmente minuciosos con la calidad para evitar problemas en las calderas.

3º- Calidad del generador. En el mercado existen muchos tipos de calderas y estufas, por lo que será necesario conocer la aplicabilidad de los mismos a los biocombustibles que se oferten.

En las tablas siguientes se describen las principales ventajas e inconvenientes de los tipos de biocombustibles más usados.

Astillas de madera	
Ventajas	**Inconvenientes**
Pueden estar disponibles localmente	Requieren un mayor espacio para el almacenamiento
La producción fomenta el empleo loca	Baja densidad energética
Fácil combustión cuando la calidad es elevada (pocas cenizas, poca humedad y bajo contenido en partículas finas)	Composición variable, la alta calidad y uniformidad son importantes, pero difíciles de asegurar
Se generan temperaturas menores que en el uso de los pélets	Mayor demanda de personal para la operación y mantenimiento de la planta.
	Granulometría variable
	La baja humedad no está asegurada, pudiendo presentarse contaminaciones por hongos (esporas)

- Tabla 2-3.- Ventajas e inconvenientes del empleo de las astillas de madera

Pelets	
Ventajas	**Inconvenientes**
Combustible estandarizado con alta fiabilidad de operación	Alto coste del combustible
Requieren menor espacio para el almacenamiento	Menores beneficios para la economía local
Menor esfuerzo para la operación y mantenimiento de la planta	Generan temperaturas elevadas en los quemadores
Elevada densidad energética	
Baja humedad asegurada (generalmente por debajo del 10% pues con humedades mayores del 15% se deshacen)	
Composición y propiedades físicas homogéneas	
Operan con calderas de pequeño tamaño y alta eficiencia	
Necesidad de espacios menores de almacenamiento	
Se comercializan a nivel internacional	
Excelente dosificación al quemador	

- Tabla 2-4.- Ventajas e inconvenientes del empleo de pelets

Residuos Agroindustriales	
Ventajas	**Inconvenientes**
Pueden estar disponibles localmente	Requieren un mayor espacio para el almacenamiento
Más baratos que los pelets y las astillas	Composición de cenizas problemática: problemas de ensuciamiento, aglomeración y fusión de las cenizas
Menor esfuerzo para la operación y mantenimiento de la planta que las astillas	Pueden dar problemas de emisiones o corrosión de la caldera
Densidad energéticas altas (cáscaras y huesos de aceitunas)	Humedad no garantizada
	Producción no estandarizada
	Mayor demanda de personal para la operación y mantenimiento de la planta que los pelets
	Producción estacional

- Tabla 2-5.- Ventajas e inconvenientes del empleo de residuos agroindustriales

Tanto los pelets como las astillas o los residuos agroindustriales tienen ventajas y desventajas. Es importante considerarlas cuando hay que tomar una decisión sobre la elección del combustible.

También podemos encontrar en el mercado leña y briquetas. Su uso es poco frecuente y prácticamente exclusivo para estufas y calderas de baja potencia y un grado de automatización medio, ya que hay que introducirlas con gran frecuencia.

El coste de producción de las briquetas es mayor al de la leña, aunque la densidad energética de las primeras es superior. Las briquetas tienen un porcentaje de humedad menor del 15% asegurado pues al igual que los pelets para mayores índices se deshacen.

A la hora de adquirir biocombustibles pueden encontrarse dos formas distintas de distribución: a granel o en bolsas.

- A granel, el combustible se alimenta directamente al depósito de almacenaje utilizando cisternas con bomba neumática, camiones volquete o camiones con piso móvil.
- En bolsas, empleando dos tamaños principalmente:
  - Bolsas pequeñas (15 ó 25 kg) generalmente para estufas o calderas pequeñas con depósito de carga manual o depósito intermedio.
  - Bolsas grandes o Big-bags (1.2 m^3, alrededor de 1000 kg) que se utilizan para sistemas de almacenamiento con silo o para recarga manual de tolvas.

Por otro lado, el almacenamiento de biocombustibles sólidos debe hacerse según las especificaciones del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), en un lugar destinado a tal fin. Puede llevarse a cabo en depósitos de obra en superficie o enterrados o en depósitos específicos metálicos o textiles. Desde éstos el combustibles será transportado hasta la caldera mediante tornillos sinfín, rígidos o flexibles, o bien mediante sistemas neumáticos.

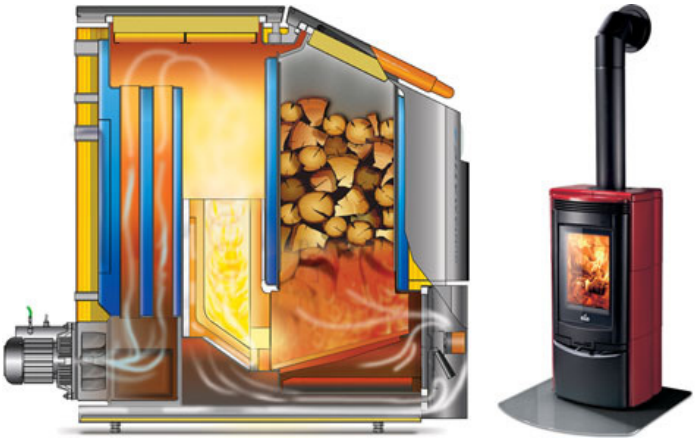
Al elegir el sistema de almacenamiento y el volumen del mismo se deben considerar los siguientes factores:

- Espacio disponible y accesibilidad al mismo.
- Tipo de sistema de distribución de biomasa que se va a emplear.
- Necesidades de combustible. Según el RITE, para edificios de nueva construcción la capacidad de almacenamientos será suficiente para cubrir el consumo de dos semanas.

3. TIPOS DE GENERADORES DE CALOR CON BIOMASA

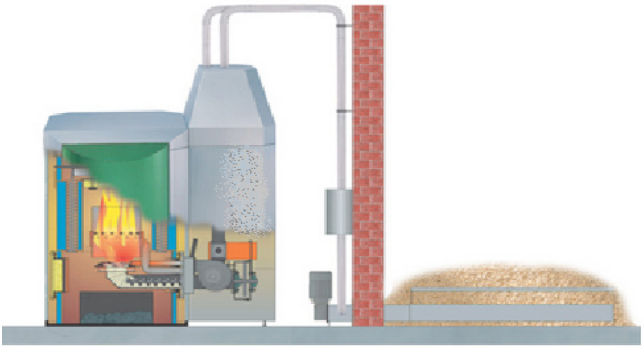
Los generadores de calor de uso doméstico se clasifican en dos grandes grupos atendiendo al fluido empleado en la transferencia de calor:

- Generadores de aire caliente (comúnmente denominadas estufas): el calor del quemador se transfiere al aire a calefactor de forma directa mediante radiación y convección (natural o forzada), como se observa en la Imagen 3-1.- Generador de aire caliente:



- Imagen 3-1.- Generador de aire caliente

- Generadores de agua caliente (comúnmente denominadas calderas): el calor del quemador se transfiere al agua y del agua a los emisores de calor por convección natural o forzada, como se muestra en la Imagen 3-2.- Generador de agua caliente



• Imagen 3-2.- Generador de agua caliente

3.1 Tipos de generadores según el tipo de combustible

Atendiendo al tipo de combustible que emplean y la tecnología que utilizan, los generadores de calor con biomasa pueden clasificarse en:

- Calderas de leños: Se alimentan de leña y/o briquetas que se cargan en lotes. Se pueden diferenciar:
  - De tiro directo (más antiguas).
  - De tiro invertido, llegando a altos niveles de automatización en algunos modelos.

- Calderas de astillas: Las calderas de astillas utilizan madera virgen cortada en pequeños trozos de unos centímetros de tamaño, cargados automáticamente a través de dispositivos mecánicos especiales. El combustible procede de materiales diferentes, como podas desmenuzadas, deshechos de serrería o biomasa procedentes de las actividades forestales (corte de monte bajo, aclareos, cortes de conversión, etc.).
  Los sistemas de astillas son totalmente automatizados y no tienen límite de tamaño, pudiendo alcanzar potencias de incluso varios MW térmicos. El rendimiento y el confort son los mismos que los de las calderas de gas o gasóleo. Por sus características de automatización y ahorro de actividad, los sistemas de astillas están especialmente indicados para la calefacción en edificios de tamaño medio o grande, como hoteles, escuelas, comunidades, hospitales y centros comerciales.
  Estas calderas se suelen emplear para potencias de 40 kW o superiores (llegando hasta el orden de MW). Admiten variaciones en la calidad del combustible (humedad, granulometría y contenido de cenizas).

- Calderas de pelets: generalmente pequeñas, compactas y altamente eficientes. Generalmente con potencias hasta 40 kW.
  Las propiedades uniformes de los pelets que facilitan su movimiento, su bajo contenido en agua y cenizas y la elevada densidad energética que les caracteriza, les convierte en el combustible más apropiado para los sistemas de calefacción automáticos de todos los tamaños. Las calderas de pelets funcionan exactamente igual que una caldera de combustibles fósiles, la única diferencia es que no quema combustibles fósiles y, por lo tanto, se consigue un importante ahorro económico en la compra de combustible y una gran disminución de emisiones de carbono y azufre.
  En el caso de los pelets, éstos deben ser transportados desde su lugar de almacenamiento hasta el quemador de la caldera mediante un tornillo sin fin. Los humos generados en la combustión se trasladan por tiro natural o forzado, al intercambiador donde transfieren el calor al agua. Esta agua es transferida mediante una bomba hasta los elementos terminales de transmisión de calor hacia el local a calefactar. El sistema suele contar con ventiladores que aseguran la entrada de aire primario, secundario e incluso terciario que se introduce en la cámara de combustión. La ceniza generada en el proceso se acumula en el cenicero y debe ser retirada manualmente o de forma automática mediante un tornillo sinfín. La caldera deberá estar aislada y recubierta con una lámina de metal para prevenir la pérdida de calor y posibles daños.

- Mixtas: admiten varios tipos de combustible al mismo tiempo como por ejemplo leños y pelets.

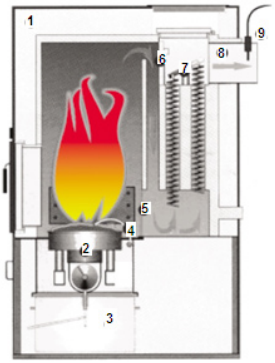
Para conseguir una mayor eficiencia energética y por lo tanto disminuir el consumo de biomasa se recomienda el uso de un depósito de inercia, en la instalación de las mismas. El depósito de inercia actúa como una “pila de calor”; la caldera “carga” la pila y el sistema de calefacción, ACS, intercambiador de piscina, etc. toma el calor que necesita de la “pila” y no de la caldera directamente.

3.2 Tipos de generadores según el tipo de quemador

Atendiendo al quemador podemos diferenciar dos grupos significativos:

- Calderas con quemador integrado (compactas)
- Calderas con un cuerpo estándar que se combina con diferentes tipos de quemadores (caso de calderas de gasoil que se transforman en calderas de biomasa), entre las que se distinguen principalmente:
  - Alimentación superior.
  - Alimentación inferior.
  - Alimentación horizontal.
  - Parrillas fijas.
  - Parrillas móviles.

Las calderas compactas de biomasa se han diseñado específicamente para su uso en calefacción doméstica, en viviendas unifamiliares o edificaciones. Incluyen sistemas de encendido y limpieza automáticos, que facilitan el manejo del usuario. Normalmente estos equipos son de potencia de baja a media (hasta 150 KW). En la Imagen 3-3 se muestra el esquema general de estos equipos.

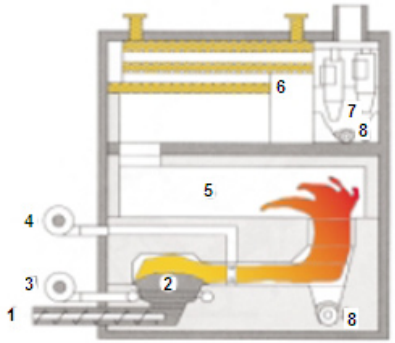


- Imagen 3-3.- Esquema de equipo compacto.

1. Caldera. 2. Alimentador inferior. 3. Cenicero. 4. Protección contra desbordamiento. 5. Limpieza de partículas. 6. Intercambiador de calor. 7. Rascadores. 8. Chimenea. 9. Sonda.

En el caso de disponer de un cuerpo de caldera más quemador, se puede diferenciar cuatro tipos:

Alimentación inferior (de crisol o afloración): Estas calderas disponen de un sistema de alimentación por afloramiento en la zona inferior. Un tornillo sinfín transporta la biomasa a través de un conducto hasta el quemador, y la empuja al plato de combustión, como se puede observar en la Imagen 3-4.



• Imagen 3-4.- Caldera con alimentación inferior

1.Tornillo de alimentación. 2. Biomasa. 3. Aire primario. 4. Aire secundario. 5. Hogar. 6. Intercambiador. 7. Ciclón. 8. Cenicero.

Presentan buen rendimiento con biomasas de alta calidad, es decir, poco húmedas y con bajo contenido de cenizas, como pueden ser las astillas secas, los pelets y algunos residuos agroindustriales. La combustión es lenta, estable y controlada, pues la velocidad de entrada del aire primario es pequeña (entra junto con el combustible) y la alimentación de combustible está controlada.

Alimentación superior: Como se ve en la Imagen 3-5, los pelets caen al lecho de la combustión mediante un conducto. Se consigue de este modo separar las zonas de almacenamiento de las de combustión. Sin embargo, la caída del combustible sobre el lecho de la combustión genera una combustión inestable y ocasiona una mayor liberación de polvo e inquemados que en otros tipos de alimentación.

- Imagen 3-5.- Alimentación superior

Alimentación horizontal: son muy similares a los sistemas de alimentación inferior, con la única variación del lecho de combustión. En este caso, la llama del quemador puede dirigirse horizontalmente o hacia arriba como se muestra en la Imagen 3-6.

- Imagen 3-6.- Alimentación horizontal.

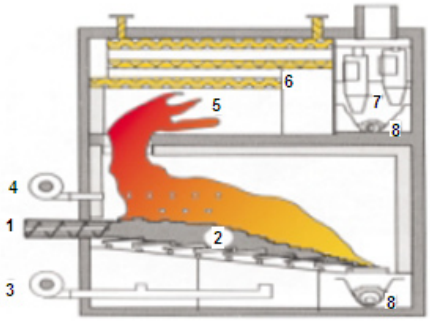
De parrillas fijas: las calderas con sistemas de combustión en cascada disponen de varias etapas sucesivas para la combustión de la biomasa, y tienen una parrilla de configuración similar a una escalera, que favorece la eficiencia y la reducción de los inquemados, como muestra la Imagen 3-7. Este sistema en calderas de tamaño medio, con combustibles de calidad media y alta, como pueden ser los residuos de almazara o los pelets.

Los pelets o biocombustible se introducen mediante un sistema de alimentación automático en la parrilla superior. Desde aquí descienden a las parrillas inferiores por gravedad. La distribución del combustible no está tan controlada como en los sistemas de parrillas móviles (en calderas de mayor potencia), ocasionando una compleja optimización del rendimiento del combustible y de la emisión de inquemados.

En cambio, se aprecia un menor deterioro y un sencillo mantenimiento pues cuentan con menor número de piezas móviles.

- Imagen 3-7.- Alimentación de parrillas fijas

De parrilla móvil: Este sistema se aplica en calderas de mayor tamaño, que permiten utilizar biomasa de calidad inferior y composición variable, con mayor contenido en humedad y cenizas. Este diseño se utiliza generalmente en calderas con una potencia superior a 500 KW, que normalmente utilizan como combustible astillas, corte, residuos agrícolas e, incluso, mezclas de composición variables. En la Imagen 3-8 se observa el esquema básico de este tipo de generadores.



- Imagen 3-8.- Caldera con parrilla móvil.

1.Tornillo de alimentación. 2. Parrilla. 3. Aire primario. 4. Aire secundario. 5. Intercambiador. 6. Tubos de intercambio. 7. Ciclón. 8. Cenicero.

4. Normativa vigente y autorizaciones

4.1 La utilización de los sistemas domésticos de biomasa en España

Los sistemas domésticos de aplicación de la biomasa tradicionalmente más extendidos en España, fundamentalmente en el ámbito rural, son las cocinas o chimeneas abiertas, de muy bajo rendimiento energético.

En la actualidad, existen sistemas más desarrollados para usuarios individuales que permiten controlar mejor el proceso de combustión y obtener mejores rendimientos, como los recuperadores de calor, cocinas-estufas y calderas para sólidos, cuya penetración en el mercado es creciente. Asimismo, comienzan a extenderse los sistemas de calefacción de biomasa para comunidades de vecinos y centros públicos. Los sistemas de calefacción con biomasa pueden tener una carga de entre 50 y 800 KW, ya que en ese rango los sistemas tienen considerables ventajas económicas y son, generalmente, fáciles de realizar, ya que la instalación puede llevarse a cabo en el mismo edificio en muchos casos.

4.2 Control de emisiones

Los humos resultantes de la combustión de biomasa se componen básicamente de CO_2, cuyo ciclo es neutro, y vapor de agua; la presencia de compuestos de nitrógeno, azufre o cloro es muy baja. No obstante, la emisión de partículas es importante, aunque es fácilmente controlable a través del control de la combustión y de la colocación de ciclones. Además, en caso de que la combustión sea deficiente, puede emitirse CO, aunque en bajas cantidades.

Las calderas de biomasa deben respetar, al igual que otras clases de instalaciones de combustión, unos límites de emisión de contaminantes a la atmósfera, que generalmente vienen marcados por las normativas de ámbito local. Cuando no exista normativa local al respecto, las emisiones de partículas no deberán exceder de 150 mg/Nm^3 y las de CO no deben superar los 200 mg/Nm^3 a plena carga.

Por otro lado pueden destacarse un decreto y una norma que hacen referencia a este aspecto:

UNE-EN 303-5:1999. Calderas de calefacción. Parte 5: Calderas especiales pasa combustibles sólidos, de carga manual y automática y potencia útil nominal hasta 300 kW. Terminologías, requisitos y ensayos. Ofrece una clasificación para calderas de combustibles biogénicos, estableciendo los límites de emisiones de las mismas a partir de su rendimiento.

RD 430/2004, de 12 de marzo, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, y se fijan ciertas condiciones para el control de las emisiones a la atmósfera de las refinerías de petróleo. Este Real Decreto es aplicable a las instalaciones de combustibles a partir de 50 MW.

Puede observarse que existe un vacío normativo para las calderas de potencias comprendidas entre 300 kW y 500 kW.

4.3 Requisitos y competencias del responsable de la instalación

El mantenimiento y funcionamiento de las calderas de biomasa requiere de una supervisión constante y cualificada. Es necesario que haya una persona responsable que se encargue de la adquisición y el control de calidad de la biomasa, del control del sistema y de la documentación de la operación de la planta, de la limpieza y de la extracción de las cenizas de forma periódica.

También es posible contratar un suministrador externo de servicios energéticos, al que se le paga por la cantidad de calor consumida, para que se encargue del funcionamiento y mantenimiento de la caldera.

4.4 Trámites de autorización

Las autorizaciones necesarias para la instalación y legalización de un sistema de calefacción con biomasa son iguales que las requeridas para cualquier otro tipo de calefacción convencional. Son otorgados por las autoridades competentes de las Comunidades Autónomas, generalmente pertenecientes a las Direcciones Generales de Industria. Para la concesión de las autorizaciones, las instalaciones deben cumplir siempre la normativa local o nacional que les sea de aplicación.

Las instalaciones de los sistemas de calefacción con biomasa deben cumplir, en general, lo especificado en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y en la Normativa Básica de la Edificación (RITE).

5. Ayuda y subvenciones

NACIONAL

- REAL DECRETO 61/2006, de 31 de enero, por el que se determinan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo y se regula el uso de determinados biocarburantes.
- DIRECTIVA 2003/30/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 8 de mayo de 2003, relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte.

AUTONÓMICA

- DECRETO 242/2009, de 20 de noviembre, por el que se modifica el Decreto 263/2008, de 29 de diciembre, por el que se establecen las bases reguladoras para la promoción de las energías renovables en Extremadura.
- ORDEN de 10 de marzo de 2009 por la que se convoca la concesión de ayudas para el aprovechamiento de energías renovables.
- Convenio de Colaboración entre la Junta de Extremadura y el IDAE para la definición y puesta en práctica de las actuaciones de apoyo público contempladas en el Plan de Energías Renovables 2005-2010 en la Comunidad Autónoma de Extremadura, ejercicio 2008.
- DECRETO 263/2008, de 29 de diciembre, por el que se establecen las bases reguladoras del régimen de concesión de subvenciones para la promoción de las energías renovables en Extremadura.

BIBLIOGRAFÍA

- IDAE. Biomasa: Climatización. 2008.
- IDAE. Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios. 2009.
- IDAE. Biomasa: Edificios. 2007.
- Jornadas El Instalador: Calderas Ecoeficientes. 2009
- García Benedicto, L.
  Calefacción de edificios mediante usos térmicos de la biomasa. IDAE.
- García Benedicto, L.
  Desarrollo de proyectos de biomasa para la calefacción de edificios y bloques de viviendas. IDAE.
- http://www.idae.es/
- http://www.industriaextremadura.com/
- http://www.juntaex.es/
- www.agenex.org/

Agencia Extremeña de la Energía

Acciones Gratuitas Cofinanciadas por el FSE

PROGRAMA emplea verde 2007-2013

UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro

Fundación Biodiversidad

EAE

formate bio
formación para trabajadores de empresas en la cadena de biomasa