

IMPLICACIONES MEDIOAMBIENTALES DE COMBUSTIBLES DE ORIGEN BIOMÁSICO UTILIZADOS CON FINES ENERGÉTICOS

M.MARTIN ESPIGARES¹, A.BAHILLO RUIZ²

¹ Departamento de Medioambiente, CIEMAT

² Departamento de Energía, CIEMAT, Avda. Complutense 22, 28040, Madrid, Spain

¹ Colegio Oficial de Químicos de Madrid y Asociación de Químicos de Madrid

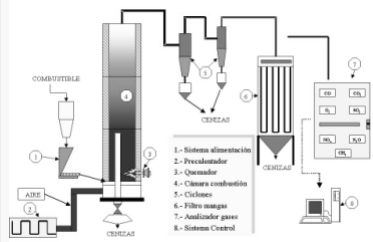
INTRODUCCION

El uso de la biomasa, como recurso energético, ofrece múltiples ventajas respecto a las fuentes de energías convencionales, siendo ésta una de las principales alternativas para reducir Europa su dependencia de los combustibles fósiles en generación eléctrica y en procesos industriales que requieren aporte térmico. Entre sus ventajas, se encuentran: alta producción, bajo coste, suficiente poder calorífico y ciclo neutro de CO₂ sin contribución al efecto invernadero. Sin embargo, la utilización de biomasa presenta ciertas dificultades e inconvenientes relacionados con el suministro, transporte, almacenamiento y su preparación como combustible, además de la problemática añadida por su variada composición con influencia en el propio proceso, y por su efecto en las emisiones y cenizas.

El objeto de este trabajo es poner de manifiesto la experiencia adquirida por el Ciemat, a través del desarrollo de diversos programas experimentales realizados en plantas a escala piloto y a escala de demostración tanto en lo relativo al proceso de combustión y co-combustión, para los distintos combustibles estudiados, como en la caracterización de las emisiones generadas (materia particulada gases contaminantes, compuestos orgánicos y metales). Los estudios de combustión y co-combustión, se han llevado a cabo en distintos proyectos, de forma conjunta con estudios específicos para desarrollo y validación de sistemas de control de emisiones, simulando condiciones reales a diversas escalas. Se presentarán también los ejercicios de validación de las tecnologías de control de partículas y gases en las emisiones.

VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA BIOMASA, EXPERIENCIA DEL CIEMAT

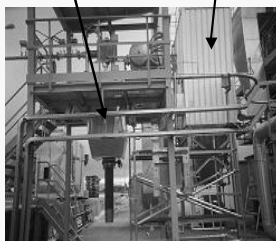
El trabajo se enmarca en torno a la valorización energética de los más diversos combustibles biomásicos y residuos industriales mediante la utilización de la tecnología de lecho fluidizado en procesos de combustión y gasificación, dirigidos a una generación energética más eficaz y limpia. La validación de sistemas de tratamiento y depuración de gases, ha sido igualmente un tema motivo de estudio. La Tabla 1 recoge la composición química de algunos de los combustibles biomásicos estudiados.



Planta piloto de lecho fluidizado burbujeante de 100 kWt

Parámetro	Alperujo	Ongllo	Cortiza pino	Cascavilla arroz
Análisis inmediato, % b.s.				
Humedad	66.4	68	107	9.4
Materia Volátil	74.60	74.8	72.9	74.0
Cenizas	5.82	8.3	2.6	12.8
Calor n tipo	19.58	16.9	24.5	13.2
Análisis elemental, %				
Carbono	52.26	49.3	62.9	42.3
Hidrógeno	6.73	5.7	6.3	6.1
Nitrógeno	1.10	1.5	0.49	1.1
Azufre	0.12	0.01	0.05	0.04
Cloro	0.2	0.2	0.02	0.2
Oxígeno	33.77	35	37.68	37.5
Poder calorífico				
PCS, M.kg, b.s.	21.3	19.6	20.2	16.3
PCI, M.kg, b.s.	19.8	18.3	18.8	15.0
Metales, %				
SiO ₂	19.23	47.8	17.1	87.7
Al ₂ O ₃	2.54	1.4	5.1	
CaO	11.93	10.5	34.2	1.3
Fe ₂ O ₃	2.31	1.5	2.3	0.1
MgO	7.25	3.4	4.2	0.8
MnO	0.08	0.4	1.2	
P ₂ O ₅	4.71	3.2	4.0	3.7
K ₂ O		0.3	0.2	
K ₂ O	36.56	30.3	6.7	5.4
Na ₂ O	0.4	1.1	2.3	0.2

Filtro cerámico Filtro de mangas



Sistemas de filtración de partículas



Planta experimental de demostración de lecho fluidizado burbujeante de 3.5 MWt

RESULTADOS

Los estudios realizados sus objetivos específicos, combustibles ensayados en cada caso, así como el tipo de instalaciones de combustión utilizadas, a diversas escalas, se muestran en la Tabla 2. Igualmente, se presentan los resultados obtenidos para los contaminantes más significativos caracterizados en los distintos estudios.

Tabla 2. Experiencias de combustión y co-combustión de varias biomásas, emisiones analizadas

Biomasa/Combustor	Objeto del estudio	Contaminantes en las emisiones Partículas/gases
Cascara de Arroz BFB, 30kWt	Viabilidad de combustión para este residuo	Cp: 1500 mg/Nm ³ ([*]); dp<2µm CO, CO ₂ , O ₂ , NO _x , SO ₂ (ol) Composición cenizas y filtro
Madera de Chopo BFB, 1MWt	Determinación, distribución PAHs en función dp.	Cp: 0.12-0.35 g/Ncm ³ ; dp: 0.2-0.3µm CO, CO ₂ , O ₂ , NO _x , SO ₂ (ol) Composición cenizas y filtro
Residuos Biomásicos Caldera de Parrilla	Viabilidad de sistema combinado de filtración	Cp: 30-2mgNm ³ (pirólisis-comb); dp: 0.05-0.15µm; HCl, SO ₂ , NO _x
Carbón/Orujillo Cocombustión BFB 30kWt	Viabilidad cocombustión, eficiencia en función tipo carbón y porcentaje	Evolución de NO _x , SO ₂ y partículas
B1/Residuos de Piel BFB, 100kWt	Ensayos previos	B1/Cp: 1g/Nm ³ , 90% p > 1µm
B2/Carbón / Orujillo Cocombustión BFB, 3.5 MWt	Caracterización emisiones para validación filtro combinado	95% p d p=1 µm, monomodal B2/bimodal dp: 0.8µm; 2.0µm O ₂ , CO, CO ₂ , NO _x , SO ₂ , H ₂ O, NH ₃ , CH ₄
	Adecuación del residuo Optimización proceso Validación de sistemas de control de partículas, filtros	Contituyentes en cenizas y filtro

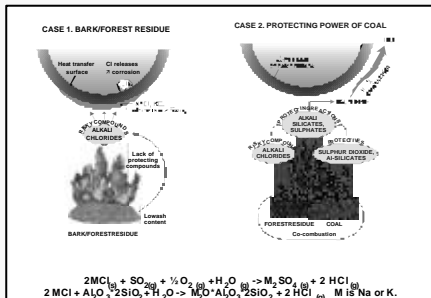


Figura. Ventajas de la co-combustión. La presencia de azufre y de silicatos de aluminio en el carbón, en los estudios de co-combustión con biomasa, hace que estos compuestos reaccionen con los cloruros de álcalis, liberando HCl a la atmósfera y evitando que se deposite sobre los tubos de intercambio de calor.

Tabla 3. Experimentos de validación de diversos sistemas de retención de partículas en aerosoles de combustión

Proceso / Sistema	Tipo de aerosol/generación	Tamaño µm	Efecto validado
(*) Retención de Aerosoles en Lechos Acuosos "scrubbers" (Escala piloto)	Solubles e insolubles Generación Vaporiación de condensación n, dispersión	0.3-20 30	Modelos de retención aerosoles
Precipitador electrostático/ Filtro acústico (Escala piloto)(Escala real)	Emisiones de combustión de carbón G. (Lecho Fluidizado C.) Central Diesel generación	2.0-10.0 0.14-0.74	Aglomeración acústica /retención electrostática
Filtración combinada Elementos cerámicos-Absorbentes/F catalítico (Escala: laboratorio y piloto)	Emisiones pirólisis/incineración de biomasa(RDF) Incinerador de parrilla, EP (E.piloto)	0.05-0.15	Eliminación en vía seca de gases contaminantes y partículas
Filtro combinado: Elementos cerámicos-Absorbentes/Tratamiento catalítico (E. demostración)	Emisiones de combustión Residuos: piel curtida, carbón / orujillo Planta Lecho Fluidizado, 3.5 MW (E. demostración)	0.8-20	Eliminación en vía seca de gases contaminantes y partículas

Cp: concentración partículas; dp: diámetro; (ol) on-line; (*) después del ciclón

CONCLUSIONES

- Se ha verificado la idoneidad de la tecnología de combustión en lecho fluidizado, a distintas escalas, para la valorización energética de residuos de biomasa así como la optimización del proceso desde el punto de vista medioambiental.
- Se ha desarrollado y validado en diferentes programas de ensayos, la metodología de toma de muestra y su adecuación específica para la caracterización de partículas en el proceso, desde la fuente de generación hasta la chimenea.
- Se ha abordado el proceso de validación de varios sistemas de control de materia particulada, a distintas escalas, especialmente, los sistemas combinados de filtración seca a alta temperatura.
- Se ha experimentado en la reducción del contenido de contaminantes en las emisiones por inyección de adsorbentes en la corriente de gases, simultáneamente con el proceso de filtración.
- Se ha verificado la capacidad de seguimiento, en tiempo real, de las emisiones de gases de combustión y de las partículas en todo su rango de tamaños.

REFERENCIAS

- IDAE, (2008), Energía de la Biomasa/Biomasa Industrial, ISBN: 978-84-96680-31-9
- Armesto L., Bahillo A., Veijonen K., Cabanillas A., Otero J., (2002), Combustion Behaviour of Rice Husk in a Bubbling Fluidised Bed, Biomass and Bioenergy, 23, (171-179).
- Armesto L., Bahillo A., Cabanillas A., Veijonen K., Otero J., Plumed A., Salvador L., (2003), Co-combustion of coal and olive oil industry residues in fluidised bed, Fuel 82, 993-1000.
- Bahillo, A. and Armesto, L., (2005), Co-combustion of coal and olive cake in a BFB Demonstration Plant: Characterisation of flue gas and fly ashes, 14th European Biomass Conference and Exhibition
- Gómez-Moreno F.J., Sanz-Rivera D., Mari-Espigares M., Papanicolaou D., De Santi G., Kasper G.(2003), Characterization of Particulate Emissions During Pyrolysis and Incineration of Refuse Derived Fuel, J. Aerosol Science, 34, 1267
- Sáez F, Cabañas A, González A, Murillo J.M, Martínez J.M, Rodríguez J.J, Dorronsoro J.L. (2003) Cascade Impactor Sampling to measure PAH from Biomass Combustion Processes BioSystems Engineering, 86, pp103-111.
- Gallego-Juarez, J.A., et al., (1999), Application of the acoustic particle agglomeration to reduce emissions in coal combustion plants. Environmental Science and Technology, 33, 3843-3848.
- Gómez-Moreno, F.J., et al., 2003, Characterization of particulate emissions during pyrolysis and incineration/refuse derived fuel, J. Aerosol Science 34, 1267-1275.
- Rodríguez-Maroto, J., et al., (1995), Design and testing of a sampling station for measurement of particulate emissions from combustion sources, J. Aerosol Science 26, 5685-5686