

HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS MEDIANTE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA.

LÓPEZ RODRÍGUEZ, Fernando ⁽¹⁾; RUIZ CELMA, Antonio ⁽²⁾

PULIDO GRANADO, Elena ⁽²⁾, MARQUEZ POCOSTALES, Francisco Javier ⁽³⁾

ferlopez@unex.es

⁽¹⁾Universidad Extremadura, Escuela de Ingenierías Industriales, Departamento de Expresión Gráfica.

⁽²⁾Escuela de Ingenierías Industriales Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales.

⁽³⁾Agencia Extremeña de la Energía

RESUMEN

Se exponen el presente trabajo una herramienta informática, que trata de buscar soluciones técnicas viables para el tratamiento de residuos sólidos agroganaderos, agrícolas e industriales y su valoración energética.

La tecnología seguida es la de la digestión anaerobia (DA) o biodigestión, que es una tecnología de degradación biológica de materia orgánica en un medio libre de oxígeno. Se trata de no sólo de la disminución del poder contaminante de dichos residuos, sino también de la valorización de importantes volúmenes de biogás.

Esta herramienta ha sido diseñada en el marco del proyecto europeo AGROGAS, liderado por la Universidad de Extremadura, la Agencia Extremeña de la Energía y la Dirección General de Agricultura y Ganadería del Gobierno de Extremadura.

Palabras clave: Anaerobia, Biodigestión, Agrogas.

1. Introducción

Las labores relacionadas con la cría de ganado, fundamentalmente intensiva, y la transformación posterior de productos cárnicos conlleva una fuerte influencia sobre la economía regional. Actualmente, en Extremadura se sacrifican al año alrededor de un millón de reses [1]. La cantidad de residuos generados es enorme y con un potencial contaminante muy elevado, tanto en el caso de los residuos sólidos como líquidos en intensivo y extensivo.

Nuestro grupo de investigación ha trabajado en una doble línea: la seca, sobre todo en el secado solar de productos agroalimentarios y la húmeda en la biodigestión anaerobia y producción de biogás, aunque ambas líneas en algunos momentos confluyen y pueden dirigirse hacia idénticos objetivos.

La digestión anaerobia (DA) o biodigestión es una tecnología de degradación biológica de la materia orgánica en un medio anóxico; esto es, en ausencia de oxígeno. Presenta dos grandes ventajas, por una parte la de producir lo que conocemos como biogás, que es una mezcla de CO₂ (aproximadamente el 30%) y metano (el 70%) aprovechable energéticamente, y además se genera un lodo efluente con menos olores y rico en nutrientes aprovechable como enmienda orgánica.

Estas tecnologías de DA se han utilizado para degradar una gran variedad de residuos de la industria agroalimentaria, como por ejemplo residuos de frutas y vegetales [2],[3], [4], tratamiento de restos de oliva de almazara [5], [6], etc.

También, la DA se ha destinado para la biodegradación y valoración energética de residuos sólidos urbanos (RSU) [7]. Se trata de una tecnología versátil con la que se puede realizar una gestión completa e integrada de diferentes tipos de residuos.

El objetivo del actual trabajo ha sido el de proveer de una maniobra útil para el reciclaje de los residuos ganaderos y de la industria agroalimentaria en Extremadura, mediante el software AGROGAS, para lograr que los sectores ganadero, agrícola y agroindustrial reduzcan de manera real el impacto medioambiental que producen sus residuos intensivos, al mismo tiempo que se reduce su dependencia energética y se mejora la eficiencia de los recursos energéticos de las zonas rurales.

2. Objetivos

El Software AGROGAS es una herramienta informática para el análisis de viabilidad de plantas de biogás. Dicho análisis de viabilidad se realiza desde los puntos de vista técnico, económico y medioambiental.

La herramienta objeto de este trabajo, se centra en la búsqueda de soluciones técnicas viables para el tratamiento de los residuos ganaderos, agrícola y agroindustrial y su valorización energética, basándose en la digestión anaerobia, no solo porque conduce a una drástica disminución del poder contaminante de dichos residuos, sino también por los importantes volúmenes de biogás que se obtienen y que puede ser utilizado para transferencia de calor a un proceso demandante del mismo, electricidad a la red eléctrica o inyectarlo directamente a la red gasista.

La cantidad de residuos sólidos (estómagos, grasas, vísceras, e intestinos) así como los residuos líquidos (purines, sangre y aguas de lavado) que genera este sector es enorme, y, lo que es peor, con una gran carga contaminante, lo que puede provocar graves problemas ambientales. Teniendo en cuenta la cantidad de reses de cada especie sacrificadas, se puede deducir que la cantidad de residuos sólidos totales generados alcanza cifras que superan las 37.500 toneladas/año, mientras que los purines y aguas de lavado generados alcanzan las 1.250.000 t/año. Este dato refleja la magnitud del problema al que nos enfrentamos, y que es común a otras regiones del mundo con una fuerte dependencia del sector ganadero.

El objetivo del software AGROGAS, como se ha indicado anteriormente, es el de poner de manifiesto una estrategia útil para el reciclaje de los residuos ganaderos y agroalimentarios de Extremadura. Tal estrategia está basada en la digestión anaerobia de desechos que conduce, por una parte, a ratios de

descontaminación bastante satisfactorios, y por otra a la valoración energética de los residuos, que favorece la viabilidad económica con períodos de retorno relativamente cortos.

Se trata de una herramienta perdurable en el tiempo y útil en la toma de decisiones de la instalación de una planta de biogás.

Para ello el programa opera en los idiomas español, francés o portugués, para que pueda servir a los socios de las tres regiones que han intervenido en el proyecto. Los datos de entrada son introducidos por el usuario a través de la interfaz, y son editables por el administrador de la herramienta.

Dispone de dos versiones, la opción resumida, puede ser utilizada por personas sin experiencia (agricultores, ganaderos, etc.), mientras que la opción detallada, requiere un mayor conocimiento técnico sobre la digestión anaerobia.



Figura 1: Inicio del software AGROGAS.

3. Método de trabajo

En el desarrollo de la herramienta han participado la Asociación de Investigación de la Industria Alimentaria (AINIA), el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y Bioenergía y Desarrollo, S.L. (BYDT) con la participación y asesoramiento de la Agencia Extremeña de la Energía (AGENEX) y la Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía (D.G. Agricultura y Ganadería) del Gobierno de Extremadura, la Universidad de Extremadura y el resto de socios del Proyecto AGROGAS[8].

El software AGROGAS calcula la viabilidad de la planta de biogás en función de la localización de la planta, el tipo de valoración del biogás producido y los residuos tratados.

Teniendo en cuenta la localización de la planta, la herramienta asigna ciertos valores por defecto (editables en la opción detallada), como son, los precios de los productos obtenidos en la futura planta de biogás (electricidad, calor, biometano y digerido).

Permite la simulación de la planta hasta en 8 escenarios distintos. Entre ellos se encuentra el que utiliza el biogás para producir calor mediante una caldera de gas, siendo este calor autoconsumido o vendido; el que usa el biogás para producir electricidad y calor, que puede autoconsumirse y/o venderse, mediante cogeneración con un MCIA (Motor de Combustión Interna Alternativo); y el de uso directo del biogás (transformado en biometano tras el consecuente proceso de depuración), como combustible de automoción (biofuel) o el de inyección directa a red de gas natural. Los escenarios se resumen en la tabla 1.

Tabla 1: Opciones de simulación con Software AGROGAS.

	Valorización	Electricidad	Calor	Biometano
1	Caldera	--	Autoconsumo	--
2		--	Venta	--
3	Cogeneración	Autoconsumo	Autoconsumo	--
4		Autoconsumo	Venta	--
5		Venta	Autoconsumo	--
6		Venta	Venta	--
7	Biometano	--	--	Inyección
8		--	--	Biofuel

La herramienta permite la selección de 3 escenarios a la vez, lo que facilitará la comparación entre ambos. No obstante, caso de necesitar comparar más de 3 escenarios, o incluso los 8 posibles, tan sólo habrá que generar varios informes con los mismos datos.

También existe la opción de incorporar “externalidades económicas” en forma, por ejemplo, de subvenciones y/o ayudas en la reducción del tipo de interés, para el análisis de la viabilidad económica. O también, incorporar inversiones relacionadas con la construcción de la planta como pueden ser las infraestructuras de evacuación de la energía y/o gas producido.

Además de los datos de entrada introducidos por el usuario, el programa utiliza bases de datos. Entre ellas una base de datos geográfica, referida al espacio SUDOE [9], o una base de datos de sustratos.

La base de datos de sustratos contiene 225 residuos, entre los que se encuentran los residuos agrícolas, ganaderos y agroindustriales más representativos de la región SUDOE [10]. Los datos principales de estos residuos, que aparecen en la herramienta, son el porcentaje en materia seca, materia orgánica digerible, potencial de producción de metano, contenido en nitrógeno y nitrógeno amoniacal, etc.

El usuario debe conocer la cantidad de residuos que produce al año, el coste de adquisición de estos residuos (caso de que exista) y la distancia de transporte de los residuos (caso de que exista).

El programa permite al usuario seleccionar hasta seis tipos de sustrato en codigestión, cuyas características puede definir él mismo (en la opción detallada) o bien tomar de la base de datos de sustratos.

Por otra parte, el software emite una serie de alertas y avisos para señalar si alguno de los parámetros introducidos impide la realización de los cálculos. Por su parte, los avisos se muestran en los resultados y tienen la finalidad de incitar al usuario a modificar ciertos parámetros para mejorar la viabilidad de la planta.

4. Resultados alcanzados

El programa obtiene los resultados en forma de informes en formato de libro Excel. Existen dos versiones de informes que el usuario puede seleccionar a través de la interfaz: informe detallado e informe resumido. Así mismo, la selección de uno u otro dará lugar a una versión más detallada o resumida de la interfaz, esta última con menor cantidad de datos a introducir por parte del usuario.

Los resultados se estructuran en tres partes orientadas a la muestra de la viabilidad técnica, económica y medioambiental.

La primera parte es común a todos los escenarios, se ha denominado “digestión anaerobia” y está considerado como el análisis de viabilidad técnico. Muestra las principales características de la planta, como son la producción de biogás anual, el volumen de los digestores, cantidad de sustrato procesado, etc. Además, incluye una breve enumeración de los principales componentes de la futura planta de biogás.

La segunda y tercera parte se subdivide a su vez en otras 3, una para cada escenario. En la segunda parte se pone de manifiesto los equipos necesarios para la valorización del biogás producido, incluyendo una breve enumeración de estos. También aparece las cantidades de energía producida y la potencia necesaria (caso de aplicarse), etc., seguidamente aparece la inversión necesaria, ingresos y costes de operación de la planta de biogás. A su vez se calculan varios índices económicos y financieros para determinar la viabilidad económica de la futura planta de biogás. Alguno de estos índices son el EBIDTA (beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones), VAN (Valor Actual Neto) y el Periodo de Retorno de la inversión

En la tercera parte se realiza el análisis medioambiental. En esta, para cada uno de los escenarios simulados se obtienen valores como el ahorro de energía primaria, el ahorro de emisiones de CO2 equivalentes. Además, se incorporan conceptos nuevos como coches anuales equivalentes, esto es los coches cuyas emisiones de CO2 equivalente se corresponden con las ahorradas, entre otros.

Finalmente se anexionan varias gráficas, figura 2, que ayudan a comparar los distintos escenarios. Dichas gráficas se refieren a parámetros como la inversión, el periodo de retorno y el ahorro de emisiones.

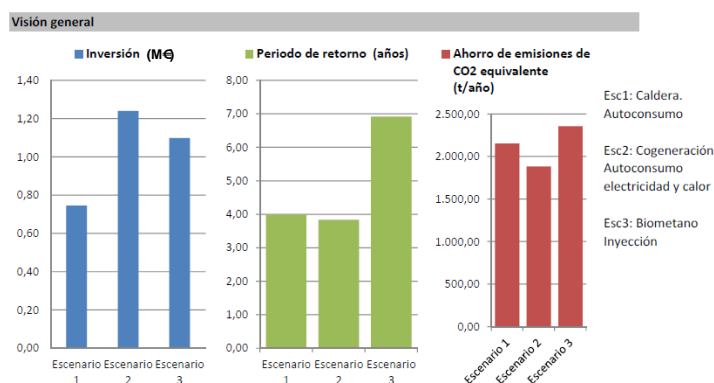


Figura 2: Gráficas comparativas del informe de resultados del Software AGROGAS.

5. Conclusiones y consideraciones finales

La herramienta ha sido testada, con datos de varias plantas de biogás en funcionamiento, y presentada en el Workshop AGROGAS en Pamplona.

En el testeo se comprobó que los resultados arrojados por la herramienta se aproximan a los datos de funcionamiento de las plantas. Esto evidencia que los cálculos que realiza el Software AGROGAS se aproximan suficientemente a estudios de viabilidad mucho más complejos, realizados por empresas especializadas.

Posteriormente, la herramienta se está usando, en varios análisis de explotaciones, granjas y agroindustrias, llevados a cabo por los socios del proyecto y que supera la centena. Dos de los análisis más exitosos en la región de Badajoz han sido realizados por la Agencia de energía de Extremadura. El primero, una explotación con una producción de residuos de 52.000 toneladas/año de purín de cerdo y el segundo, otra explotación con una producción de residuos de 600 t/año de estiércol de pollo y restos de cultivos energéticos. Los resultados se resumen en la tabla 2.

Tabla 2: Algunos resultados del Software AGROGAS.

Residuo utilizado	Escenario más rentable	Producción Biogás (Nm ³ /año)	Coste de inversión (€)	Periodo Retorno(años)	Ahorro energía primaria(MWh/año)
Purín cerdo (Explotación A)	Cogeneración de electricidad y calor para autoconsumo	559.062	1.654.769	13,8	3.440
Estiércol pollo (ExplotaciónB)	Cogeneración de electricidad y calor para autoconsumo	146.936	173.456	3,7	886

Tras varios de estos estudios se empieza a poner de manifiesto que el escenario más rentable para las plantas de biogás en España es la cogeneración con autoconsumo del calor y la electricidad producidos.

Otro dato interesantes obtenido es el umbral de prima a la venta de energía, necesario para que la planta sea rentable. Este umbral ya se ha calculado para el escenario de cogeneración con venta de electricidad y se ha situado en los 11,5 c€/kWh.

A la luz arrojada por estos datos se muestra que el futuro a corto plazo de las instalaciones de biogás pasa por el autoconsumo. Si bien aún no se han tenido en cuenta el coste de los peajes de respaldo, ya que aún no se han publicado de forma oficial.

El proyecto AGROGAS está financiado por la Unión Europea a través del programa de cooperación territorial INTERREG IV B del Espacio Sudoeste Europeo (SUDOE), perteneciente al Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

6. Agradecimientos

Agradecimientos al proyecto AGROGAS, financiado por la UE, en el programa INTERREG IV B del espacio SUDOE, a la Agencia Extremeña de la Energía, al proyecto PCJ 1002 “Desarrollo, implantación y seguimiento de un prototipo industrial de secadero solar y proceso de peletizado para el tratamiento de subproductos agroindustriales húmedos“, enmarcado en los Proyectos de Cooperación en sectores estratégicos entre grupos de investigación y empresas de la Consejería de Empleo, Empresa e Innovación del Gobierno de Extremadura, que han contribuido al desarrollo de actuaciones y resultado final del presente trabajo.

7. Referencias

- [1] Anuario Estadístico de España. Instituto Nacional de Estadística (INE); 2013.
- [2] BOUALLAGUI H, HAOUARI O, TOUHAMI Y, BEN CHEIKH R, MAROUANI L, HANDI M. Effect of temperature on the performance of an anaerobic tubular reactor treating fruit and vegetable waste. *Process Biochemistry* 2004; 39 (12): 2143-2148
- [3] BOUALLAGUI H, TOUHAMI Y, BEN CHEIKH R, HANDI M. Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes. *Process Biochemistry* 2005; 40(3-4): 989-995
- [4] KAPARAJU P, RINTALA J. Anaerobic co-digestion of potato tuber and its industrial by-products with pig manure. *Resour Conser Recyc* 2008; 52 (4): 592-600.
- [5] BORJA R, RINCÓN B, RAPOSO F, ALBA J, MARTÍN A. A study of anaerobic digestivity of two-phases olive mill solid waste (OMSW) at mesophilic temperatura. *Process Biochemistry* 2002; 38(5): 733-742.

[6] ERGÜDER T.H, GÜVEN E, DEMIRER G.N. Anaerobic treatment of olive mill wastes in batch reactor process. *Process Biochemistry* 2000; 36(3), 243-248.

[7] International Solid Waste Association (ISWA). *Industry as a partner in sustainable development – waste management*. Copenhagen, Denmark: International Solid Waste Association; 2002

[8] Proyecto AGROGAS. Digestión anaerobia para la diversificación de recursos energéticos en los sectores agrícola, ganadero y agroindustrial. Disponible en: <http://www.agrogas.eu>

[9] Espacio SUDOE. Espacio ubicado en el suroeste europeo integrado por España, Portugal, 6 regiones francesas (Poitou-Charentes, Aquitaine, Midi-Pyrénées, Limousin, Auvergne, Languedoc-Roussillon) y Gibraltar.

SUDOE. Programa de Cooperación territorial INTERREG IV B del Espacio Suroeste Europeo de la Unión Europea. Disponible en: <http://www.interreg-sudoe.eu>