



Biomasa disponibles para calderas de vapor

Propuestas para un aprovechamiento
eficiente de los recursos

Marcos Golato. Laboratorio de ensayos y mediciones industriales. Email: mgolato@eeaoc.org.ar

Se cree que cualquier tipo de materia orgánica de origen vegetal puede ser apta para quemarse en un generador de vapor de la industria azucarera, pero no, no cualquier biomasa puede ser utilizada como combustible de calderas de vapor.

■ Condicionantes para la selección de biomasa alternativas

Originalmente, las calderas fueron diseñadas para carbón mineral y adaptadas para bagazo o médula de caña de azúcar; por eso, sus hornos se encuentran diseñados para recibir una cierta cantidad de energía

por unidad de superficie, y un uso inapropiado (que se superen estos límites, por ejemplo) causaría que las partes metálicas se vieran comprometidas.

Por otro lado, las biomasa residuales presentan propiedades diferentes según el tipo de cultivo, sistema de cosecha y disposición en el campo. No es lo mismo un cultivo energético –biomasa cultivada para energía- como el sorgo fibroso, álamos, pinos, caña energética, etc., que la biomasa residual de una actividad agrícola, como los residuos de cosecha de la caña de azúcar (RAC), cuyos contenidos de cenizas son elevados debido a la gran cantidad de inorgánicos que

le suma su sistema de recolección (mecánica). Esto limita la operación de una caldera, por lo que el aprovechamiento de una biomasa es limitado y no es posible de realizarse con cualquier tipo.

Para un correcto **análisis de un determinado combustible o biomasa para ser aprovechado en una caldera de vapor** es conveniente comenzar con algunas caracterizaciones; por ejemplo, un análisis inmediato como la determinación del poder calorífico superior, contenidos de humedad, cenizas, sólidos volátiles y carbono fijo. Pero también es muy importante realizar una caracterización de los **posibles contaminantes** que puede



llegar a generar un biocombustible lignocelulósico en un proceso de combustión. Entre los más importantes se encuentran los contenidos de cloro y de azufre, elementos que al oxidarse se combinan con otros elementos del combustible y generan nuevos compuestos sólidos y gaseosos que resultan contaminantes o corrosivos. Por ejemplo, el azufre (S) en la biomasa, al quemarse la misma se oxida produciendo dióxido de azufre (SO_2), que al entrar en contacto con la humedad del combustible o con la humedad generada durante la combustión, produce ácido sulfúrico que finalmente ataca las partes metálicas de la caldera. Lo mismo sucede con el cloro, ya que durante la combustión forma cloruro de hidrógeno (HCl), que es la causa principal de corrosión de grillas y tubos de caldera. Además, el cloro facilita la liberación de algunos

compuestos alcalinos de sodio (Na) y potasio (K), que causan problemas de ensuciamiento y fusión de las cenizas.

Asimismo, es muy importante tener en claro cuáles son las **temperaturas a lo largo de la caldera**, y resulta indispensable hacer un análisis de las **características de las cenizas**.

Ocurre que, en todas las biomásas, la composición química de sus cenizas depende del origen de la biomasa, el tipo de suelo y de cosecha y la zona agroecológica donde ha sido implantado el cultivo. Por ello, es muy importante conocer dicha composición química para evaluar el posible comportamiento de las cenizas. En esta evaluación hay que tener en cuenta no tan solo las cenizas en la composición estructural de la biomasa, sino también la ceniza agregada debido a los distintos tipos de cosecha. La cosecha integral, como sabemos, es un tipo de cosecha que levanta mucha tierra y arena, y éstas, en definitiva, pasan a la ceniza y

generan los problemas conocidos por los operadores de calderas.

Fundamentalmente se deben evaluar en un posible biocombustible para su aprovechamiento los contenidos de óxidos mayoritarios, entre ellos los óxidos de silicio (SiO_2), hierro (Fe_2O_3), calcio (CaO), magnesio (MgO), azufre (SO_3), sodio (Na_2O), potasio (K_2O), fósforo (P_2O_5), titanio (TiO_2) y de aluminio (Al_2O_3). Según cómo sean las concentraciones de estos elementos dependerá cómo será el comportamiento que tendrán las cenizas dentro de la caldera.

Existen diferentes índices que se determinan a partir de las concentraciones molares de los óxidos mayoritarios. Este análisis se debería realizar para advertir un posible comportamiento de las cenizas a mediano y a largo plazo en el interior de una caldera de vapor. El análisis inmediato sólo atiende en el corto plazo, pero no se sabe cómo puede repercutir en el futuro los distintos tipos de cenizas que se podrían presentar. Si las cenizas contienen elevadas concentraciones de elementos alcalinos, se esperaría tener bajos puntos de fusión de las mismas, que en definitiva repercutiría en un posible “encostramiento” de cenizas fundidas sobre los tubos





de caldera, cuando hablamos de las cenizas volantes que viajan a través del haz tubular de la caldera. También podrían generarse obstrucciones del pasaje de aire de combustión a través de las grillas, ya que las cenizas de fondo de grilla se fluidizan tapando dichos pasajes. Esto genera un inconveniente que se debe evaluar y analizar.

Obviamente, cada biomasa tiene sus **características energéticas** que también habrá que evaluar. Por ejemplo: está lo que se llama la “carga térmica de la parrilla”, que es la cantidad de energía que puede desarrollar una biomasa por metro cuadrado de superficie de parrilla o grilla. Normalmente las calderas se diseñan para un determinado tipo de combustible, por ejemplo, bagazo, pero de repente se utiliza un combustible de mayor poder calorífico, por ejemplo, chip de madera u orujo de olivo que presentan una mayor densidad energética en relación al bagazo. Entonces, si se alimenta la caldera con estos a igual tasa de alimentación que la del bagazo, la generación de energía que se obtendrá será mucho mayor, lo

que generaría una mayor fatiga térmica con posibles colapsos de los materiales de la caldera.

En definitiva, **no se puede operar una caldera de vapor que utilice mezclas de bagazo y combustibles adicionales de la misma manera que con bagazo solo**. Hay que realizar modificaciones operativas en cuanto a la cantidad de aire necesario para la co-combustión de las diferentes biomásas utilizadas o el gas natural como combustible adicional. Es de importancia regular el factor de dilución (exceso de aire) durante la combustión, para mantener la temperatura de combustión dentro de los márgenes necesarios o de los límites que tiene cada una de las biomásas para evitar la fusibilidad de sus cenizas. Por ejemplo, el bagazo de caña de azúcar tiene una temperatura de inicio de fusión cercano a los 1100°C; y si se utilizara, por ejemplo, solo RAC en reemplazo de bagazo, podría llegar a presentarse problemas de fusión dentro de la caldera, ya que las cenizas de RAC poseen temperaturas de fusión más baja, cercano a 900°C o 950°C. Por ello, será necesario utilizar

mezclas de estos biocombustibles para que puedan ser aprovechados ambas biomásas. Normalmente, las biomásas residuales de actividades agrícolas, como la cosecha del citrus o el RAC, tienen concentraciones relativamente más altas de elementos alcalinos que disminuyen la fusibilidad de las cenizas por lo que, para su correcto aprovechamiento, es necesario trabajarlos en mezclas con bagazo.

■ Tipos de biomásas disponibles

Una biomasa se clasifica en tres categorías principales: biomasa virgen, biomasa residual y cultivos energéticos¹. En Tucumán disponemos de distintos tipos para ser utilizados como biocombustibles; existen **biomásas de origen residual** que vienen siendo estudiadas por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC); entre ellas, obviamente, el residuo agrícola de la cosecha de la caña (RAC), que resulta muy interesante para ser aprovechada por su cantidad y disponibilidad –más o menos alrededor de unas 12 toneladas por hectárea -. Si consideramos que el cultivo de la caña de azúcar en Tucumán puede ocupar entre 270 mil a 300 mil hectáreas, es un número importante de biomasa que puede valorarse como combustible alternativo. Sin embargo, el RAC tiene el inconveniente de su elevado contenido de cenizas en relación al bagazo de caña de azúcar (12% vs 6%), este material inorgánico resulta un inconveniente, ya que es un inerte que limita su densidad energética o capacidad de entregar energía por unidad de masa. Por otro lado, un mayor contenido de cenizas en un combustible, generarán limitaciones operativas en las calderas de vapor, debido a la mayor frecuencia de limpieza que se debe realizar en los hornos y en el haz tubular del generador.

¹ La biomasa **virgen** incluye todas las plantas terrestres naturales, como árboles, arbustos y pastos. La biomasa **residual** es un subproducto de bajo valor generado por diversas industrias, como la agricultura (restos de maíz, bagazo de caña de azúcar, paja, etc.) y la silvicultura (residuos de aserraderos y fábricas de papel). Los **cultivos energéticos**, como el pasto varilla (*Panicum virgatum*) y el pasto elefante, son plantas de alto rendimiento de biomasa lignocelulósica cultivadas específicamente para la producción de biocombustibles de segunda generación.



debe ser transportada por camiones de regiones distantes a nuestra provincia, y eso la hace menos sustentable. Desde este punto de vista, la caña de azúcar y su biomasa residual tienen ventajas desde la sustentabilidad, ya que genera, dentro de la planta fabril, una huella de carbono menor, lo que sería mucho más factible para la producción de azúcar y alcohol.

También se encuentran disponibles **orujos de olivos**, que es el residuo de la producción de aceites comestibles y conservas. Actualmente se estima que hay más de 110.000 ha implantadas en seis provincias (Catamarca, La Rioja, Mendoza, San Juan, Córdoba y

Las **biomasas residuales de origen agrícola** poseen en su composición química ciertos elementos que, al oxidarse en un proceso de combustión, generan sales y óxidos que modifican las características de fusibilidad de las cenizas, por lo que debería analizarse la composición química de estos biocombustibles para evitar diversos problemas operativos.

Otro cultivo en abundancia en nuestra región es la **biomasa de limoneros**, proveniente de la poda de citrus y arranque de árboles para su renovación. También resulta una biomasa muy interesante, ya que en Tucumán el cultivo de citrus abarca entre 35 mil y 45 mil hectáreas, con

lo que se podría llegar a obtener alrededor de 180.000 t/año de biomasa útil, lo que muestra un importante potencial para ser aprovechado.

Por otro lado, Tucumán dispone de otras biomasas, como las **forestales**, provenientes de las actividades de forestación y aserraderos generalmente de la zona del litoral y el este de Santiago del Estero, en forma de chips de maderas. Esta es una biomasa altamente energética -la proporción de energía por unidad de materia es elevada- y por eso es muy útil, pero tiene una huella de carbono mucho más alta que las biomasas residuales, ya que



Buenos Aires), con rendimientos de orujo de 600 a 800 kg/t aceitunas, lo que representa también un interesante biocombustible para su aprovechamiento en calderas, pero con una elevada huella de carbono por tratarse de un combustible foráneo.

La EEAOC viene estudiando algunos cultivos energéticos como el **sorgo fibroso** que muestra un gran potencial, con un balance energético positivo y con características energéticas similares al bagazo y RAC de caña



de azúcar. No obstante, debería ser mezclado con el bagazo para su combustión en calderas de la industria azucarera, debido a las mayores concentraciones de cloro y de algunos elementos alcalinos que posee el sorgo en relación al bagazo, que limitan su combustión directa en el hogar de las calderas.

Otro cultivo estudiado es el de la **cosecha del tabaco**, que posee una superficie implantada en la provincia de 4000 ha, dejando disponible alrededor de 4000 kg/ha de biomasa seca, lo que equivaldría a 16.000 t de residuos por campaña. La caracterización fisicoquímica y energética de este posible biocombustible arrojó contenidos de cenizas algo superior al bagazo (9% vs. 6%), pero con diferencias en el poder calorífico superior poco significativas de 17,7 MJ/kg. La diferencia importante del residuo del tabaco en relación al bagazo, radica también en el elevado contenido de cloro del primero, por lo que para su aprovechamiento en calderas debería quemarse en mezcla con el bagazo. Un aspecto interesante a destacar del residuo del tabaco es su bajo contenido de sílice en relación al bagazo (2,5% vs. 54%).

Otras actividades **graníferas** de la provincia dejan rastrojos en

suelo que podrían aprovecharse energéticamente. Por ejemplo, el trigo deja en campo alrededor de 400.000 t/año de residuos de cosecha; el maíz alrededor de 460.000 t/año. Además, hay otros cultivos que dejan residuos lignocelulósicos que podrían aprovecharse como los de la cosecha de garbanzo, cebada y soja. Todos ellos generan biomasa residual susceptible de poder

utilizarse y que la EEAOC viene estudiando, no tan solo desde el punto de vista agronómico sino también energético.

Hay que agregar que la **vinaza** proveniente de destilerías de alcohol de caña de azúcar también resulta un posible biocombustible que podría ser aprovechado, que si bien posee un elevado contenido de humedad –entre 10° y 15° Brix, o sea con una cantidad de sólidos baja en relación a la masa total de vinaza, se podría concentrar para aumentar la concentración de estos sólidos orgánicos hasta volverla combustible. La Estación Experimental tiene estudios que señalan que a partir de 45° Brix ya podría generar un aprovechamiento energético con el agregado de un combustible soporte (gas natural) para el encendido. Luego, a partir de los 55°/60° Brix, más concentrada, ahí ya no es tan necesario el agregado del gas soporte, donde se puede combustionar directamente en quemadores modificados de fuel oil para vinaza concentrada. Hay estudios sobre esto y son muy interesantes.

