

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

SECCIÓN AMBIENTE Y ENERGÍA

INFORME DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS DURANTE EL AÑO 2008

Durante el año 2008, se comenzó a desarrollar el ciclo de reuniones sobre “La problemática energética: carbón, biocombustibles, matriz energética, generación nuclear”, para lo cual se invitaron especialistas en los temas mencionados, quienes realizaron exposiciones que tuvieron lugar en la sede de la Academia. De esa forma, el 2 de julio el Ing. Antonio A. Cadenas expuso sobre “Vuelta al carbón y la biomasa con innovaciones tecnológicas”, mientras que el 10 de septiembre, la Lic. Carla Notari, Decana del Instituto de Tecnología Nuclear “Dan Beninson”, disertó sobre “Tecnología Nuclear y Generación Eléctrica”. Asistieron a estas conferencias Académicos así como profesionales invitados especialmente para la ocasión. En cada caso, se solicitó a los expositores un trabajo escrito que resume los conceptos expuestos, y están incluidos en la presente publicación. Se prevé continuar el año próximo con disertaciones de otros especialistas en el área.

El Ing. Eduardo Pedace, Presidente de la Sección, participó del IANAS Workshop “Toward a sustainable energy future”, organizado por la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales los días 30 y 31 de octubre en Buenos Aires, siendo “Chair” de la Mesa Redonda N° 3 referida al tema “Renewable Energies for Transportation and Electricity, and Energy Storage Technologies”. Este Workshop contó con la presencia de destacados especialistas en el tema y está previsto realizar una publicación con las conclusiones del mismo dentro del próximo año. Se acompaña el informe final recibido.

SECCIÓN AMBIENTE Y ENERGÍA

Ciclo de Conferencias

“La Problemática Energética: carbón, biocombustibles, matriz energética, generación nuclear”

2 de julio de 2008

I. Palabras de apertura a cargo del señor Presidente de la Academia Nacional de Ingeniería, Ing. Arturo J. Bignoli.

II. Palabras de presentación a cargo del Presidente de la Sección Ambiente y Energía de la Academia Nacional de Ingeniería, Ing. Eduardo A. Pedace

III. Conferencia del Ing. Antonio A. Cadenas sobre el tema: “Vuelta al carbón y la biomasa con actuales innovaciones tecnológicas”.

Palabras de apertura a cargo del señor Presidente de la Academia Nacional de Ingeniería, Ing. Arturo J. Bignoli

Buenas tardes, la conferencia que va a realizar hoy el Ing. Cadenas se refiere a un tema muy específico sobre el cual tenemos un interés y una preocupación especial, “la energía”. Cedo la palabra al Ing. Eduardo Pedace, presidente de la Sección Ambiente y Energía, que presentará brevemente al Ing. Cadenas, quien abrirá un panorama nuevo sobre este tema.

Palabras de presentación del disertante a cargo del Ing. Eduardo Pedace, presidente de la Sección Ambiente y Energía de la Academia Nacional de Ingeniería

La ANI tiene como objetivo promover y desarrollar temas de ciencia y tecnología que permitan contribuir al desarrollo de la sociedad. Creo que éste es un aspecto que ya no lo podemos postergar, que evidentemente hay situaciones de energía que están en un nivel de crisis que requiere la participación de la Ingeniería y las ciencias, para ver cuál puede ser sus contribuciones.

Por otro lado, hemos contado con la buena voluntad del Ingeniero Cadenas para poder presentar este tema dentro de un conjunto de temas de energía que hacen a la problemática. Vamos a tratar de ir incorporando ideas que puedan ser tenidas en cuenta. Cuento con que también hay otros sectores dentro de la Ingeniería que están desarrollando este tipo de actividades, en donde vamos a tener que sumar los esfuerzos para lograr una perspectiva de logro tecnológico.

El Ing. Cadenas ha tenido la oportunidad de haber participado de ingeniería de proyectos a la gestión de proyectos en energía eléctrica y por lo cual posee una visión que no muchos ingenieros tenemos. Por otra parte, contamos con que él nos brindará una experiencia de muchos años, que se resumirá seguramente en su exposición.

La presencia de todos Uds. alienta la difusión de estos temas, que si bien no es estrictamente “ingenieril”, realmente se debe tener en cuenta para poder contribuir con la sociedad en su conjunto.

VUELTA AL CARBÓN Y LA BIOMASA CON ACTUALES INNOVACIONES TECNOLÓGICAS

Ing. Antonio A. CADENAS

Ingeniero Mecánico y Electricista, UNLP. Ha realizado cursos especiales y seminarios sobre su especialidad tanto en el país como en el extranjero.

En cuanto a su actividad profesional, se desempeña actualmente como Presidente de ESIN Consultora S.A. desde 1970, mereciéndose destacar la realización de estudios preliminares relativos a la privatización de gas del Estado y sus sistemas para Loma Negra; el seguimiento, el control de gestión y activación del Sistema Futaleufú para ALUAR y de la Central Turbogas de la Fábrica de Aluminio en Puerto Madryn; su intervención en diversos comités Directivos y Técnicos de Consorcios para proyectos tales como las Centrales Hidroeléctricas de Alicurá, La Brava, Río Santa Cruz, Piedra del Águila, y Centrales Térmicas Luján de Cuyo y Güemes y su desempeño como ingeniero responsable y supervisor de varios proyectos electromecánicos, electrificación rural, planes generales de desarrollo etc. en Argentina, Nicaragua, Panamá y Brasil. Fue VicePresidente de SADEMI New York, Inc., de SADE SA Venezuela, de SADE S.A. Colombia, y filiales de Perú, Ecuador, América y Caribe. Realizó numerosos estudios y ensayos sobre temas de su especialidad para circulación y debates dentro del Centro Argentino de Ingenieros de Argentina. Ha participado como expositor en seminarios y conferencias tanto en el país y en el extranjero.

1. Sumario

La disminución de las reservas de petróleo y gas, la ubicación de sus mayores reservas en áreas consideradas menos seguras, el aumento de la demanda de energía con el consecuente mayor costo del petróleo y gas, y la muy apreciable mayor reserva de carbón, han determinado que la industria energética haya ido volviendo su interés de nuevo hacia el carbón como una gran fuente de energía, la más utilizada desde la antigüedad junto con la leña. Simultáneamente, la realidad de la mayor contaminación atmosférica que produce el carbón con las centrales clásicas de generación de electricidad y el imprescindible control ambiental que actualmente se requiere han determinado grandes esfuerzos de

investigación y de desarrollos tecnológicos para lograr la utilización limpia del carbón, tanto en combustión directa de alto rendimiento, como en tecnologías basadas en la conversión del carbón a gas o a líquidos combustibles en lugar de la combustión directa.

Las tecnologías de gasificación desarrolladas y en desarrollo son también de aplicación a las biomásas, como leñas y diferentes residuos vegetales u otros residuos orgánicos como basura domiciliaria municipal.

El trabajo presenta un vistazo a esta realidad en el mundo actual, incluyendo sucintamente las tecnologías desarrolladas y en desarrollo, sus fundamentos y experiencias, fortalezas y debilidades, y el sentido que tiene ocuparse del tema en la Argentina, como un desafío real que debemos afrontar.

2. ¿Por qué volver al carbón? ¿Por qué la biomasa? ¿Por qué esto debería ser de interés en Argentina?

La razón básica de que la industria de generación de energía eléctrica haya comenzado nuevamente la vuelta al carbón reside, en primer término, en el hecho de haber tomado en cuenta el escenario que se presenta con las fuentes primarias de energía fósil.

En los países desarrollados, la dirigencia política, empresarial y científica ha dado y continúa dando gran importancia al devenir del escenario energético, como sector fundamental para la estabilidad y el progreso. Ante un escenario más comprometido y complejo en cuanto a reservas del petróleo y gas, y a su ubicación geográfica, se fueron tomando más y más decisiones de volver a una mayor utilización del carbón con tecnologías que permitan el control de las emisiones, a lo cual, en los últimos años, se ha ido sumando cada vez más la utilización de biomásas como recurso energético. En efecto, el escenario energético mundial muestra:

- que el carbón constituye aproximadamente el 71% de las reservas mundiales de combustibles fósiles, el petróleo el 17% y el gas el 12%;
- que las reservas de combustibles fósiles están desigualmente distribuidas en el mundo, pero con mayores reservas del carbón que de petróleo y gas en los países occidentales desarrollados y la mayor abundancia del petróleo y gas en áreas consideradas con más riesgos de conflictos;
- un apreciable y continuo aumento de la demanda, evidenciada actualmente con el aumento de los precios del petróleo y gas;

—la necesidad de contener la creciente contaminación ambiental, mayor en la combustión del carbón, que siendo el combustible más abundante resulta más contaminante que el gas natural.

Frente a ese escenario, y a la previsión consecuente de tener que volver forzosamente a utilizar más intensivamente el carbón, se intensificaron las investigaciones para mejorar las tecnologías, tanto de combustión directa con muy altas temperaturas y presión (centrales críticas, supercríticas y ultra-supercríticas), como de las tecnologías de gasificación y licuefacción del carbón, ya conocidas desde hacía muchos años, pero un tanto abandonadas frente a las evidentes ventajas del uso del gas natural, por su facilidad de manejo y sensible menor costo de inversión de las instalaciones. (Debe recordarse al respecto que Buenos Aires, como otras grandes ciudades, contó con una red de gas obtenido del carbón hasta los años 1950, transformándose recién la red a gas natural al llegar el mismo con el primer gasoducto construido desde la Patagonia).

El avance tecnológico en la gasificación del carbón ya comienza a brindar actualmente la posibilidad de energía eléctrica a precios competitivos, mediante centrales de ciclo combinado a gas sintético de carbón y un menor costo de captación del anhídrido carbónico que las centrales convencionales a carbón o fuel-oil.

Frente al mayor aumento de la demanda de energía, al aumento de los precios del gas y petróleo y a la conveniencias de autonomía energética, finalmente también se ha vuelto a considerar igualmente la más antigua de las energías primarias, la leña y otras biomásas, aplicándose diversas tecnologías y entre ellas las mismas de gasificación desarrolladas para el carbón, sin dejar de considerar también otras energías alternativas.

También para el caso de Argentina, el escenario que tenemos con disminución acentuada de las reservas propias del petróleo y del gas, y una muy diferente relación de precios a la que hemos tenido, determina que se debería prestar atención a la posibilidad de utilizar el carbón y las biomásas disponibles con tecnologías modernas. Hay que hacer notar al respecto los tabués y errores que han frenado la explotación y utilización intensiva del carbón. En primer lugar, debe reconocerse que, contrariamente a opiniones generalizadas, el carbón de Río Turbio es muy bueno para generación de energía eléctrica; en efecto, una vez separado del material estéril que es del orden del 54%, se obtiene un carbón sub-bituminoso igual o superior a la mayoría de los carbones de ese rango que se utilizan en el mundo, los cuales son precisamente utilizados casi con exclusividad para generación eléctrica. En segundo lugar, debe advertirse que la lejanía de Río Turbio hace que el costo de transporte del carbón tenga una

muy elevada incidencia para plantas de generación de electricidad no ubicadas en el área de Río Turbio. Al respecto, cálculos orientativos muestran que el costo de transporte del carbón al centro del país, además de las limitaciones de capacidad existentes, es del orden del costo de explotación, y que el transporte de energía eléctrica desde Río Turbio sería del orden de un tercio del costo de transporte del carbón a las plantas generadoras de electricidad del centro del país o un quinto del transporte del gas sintético obtenible del carbón en el lugar; esto evidencia que es recomendable la instalación de las plantas de generación de electricidad en Río Turbio, cuyas reservas del orden de 700 millones de toneladas alcanzarían aproximadamente hasta 100 años para potencias del orden de 1.500 MW, con costos de generación competitivos con la generación mediante gas natural a sus precios actuales de importación de Bolivia y muy competitivo frente a los costos del GNL. Por otra parte, en áreas del río Coyle y del río Santa Cruz se han encontrado reservas de lignito estimadas en 7.350 millones de toneladas a profundidades del orden de 500 m, según datos de SEGEMAR. Si bien el poder calorífico del lignito y la profundidad a la que se halla no hacía rentable su explotación con los anteriores precios del gas natural y del petróleo, la situación actual de reservas de estos hidrocarburos en el país y los precios de importación hacen actualmente muy recomendable estudiar ya las posibilidades de su explotación. Hay que tener en cuenta al respecto, que el lignito es utilizado para generación de electricidad en numerosos países, mencionando USA, donde una sola planta de gasificación para generar energía eléctrica utiliza más de 6 millones de toneladas/año, o Turquía con 60% de su generación eléctrica a partir de lignito y otros países con una importante participación del lignito en su balance de energía. De modo entonces que la posible utilización del lignito de la provincia de Santa Cruz no es fantástico frente a lo que ocurre en el mundo y a la posibilidad de llegar a tener una muy apreciable participación en la matriz energética de Argentina por centenares de años.

En cuanto a la biomasa en Argentina, conviene referirse especialmente a la utilización de los residuos no utilizados de biomasa forestales y de cosecha, tanto por su apreciable volumen disponible como por el hecho que, tratándose de residuos no utilizados, no afectan directamente los costos de los alimentos, del uso de la tierra u otros usos. Precisamente, en lugar de la utilización de granos u otros productos alimenticios, los residuos celulósicos y leñosos, a menudo desechados, son de aplicación para la generación de energía eléctrica mediante combustión directa o mediante la conversión a gas o líquidos combustibles, de manera similar a la utilizada para el carbón. Aunque se están desarrollando procesos químicos para la conversión de celulosa en combustibles líquidos, de manera equivalente a los biodiesel y bioetanol, la combustión directa de los

residuos y la gasificación previa tienen ya amplia experiencia de operación comercial.

Con una producción de granos y oleaginosas del orden de 100 millones de toneladas por año en Argentina, la producción de residuos de cosecha debería ser del orden del doble, lo cual es comparable, en poder energético, al petróleo producido anualmente en nuestro país. Naturalmente, por múltiples razones, principalmente de costos de recolección y disposición, y la necesidad de conservación de suelos, sólo una pequeña parte de los residuos de cosecha podría ser utilizada; pero, es de hacer notar que la utilización de tan solo del 10% de los residuos podría generar aproximadamente el 20 a 25% del consumo anual actual, tomando como base de referencia para esa estimación una planta que opera en Sangüesa (España), la cual utilizando paja de trigo produce 25 MW y 118,94 GWh/año. Cabe señalar que en España se prevé construir una segunda planta similar y que también opera una planta similar en Inglaterra y otras operando con residuos de biomasa en varios países europeos. Estos casos y otros similares o de naturaleza similar en cuanto a utilizar diferentes residuos vegetales, por ejemplo carozos de aceitunas y ramaje de podas en países de Europa, como así también los planes de desarrollo de utilización de las biomásas de U.S.A., Europa y otros países, como se verá más adelante, muestran la posibilidad y confirman la conveniencia de considerar también aquí la utilización de residuos agrícolas para generación de energía.

3. Las tecnologías, fortalezas y debilidades

Las tecnologías para la utilización del carbón y las biomásas para generación de energía pueden resumirse en el desarrollo moderno de dos grandes vías de acción: a) la combustión directa, empleada desde la antigüedad y actualmente en modernas calderas de combustión con o sin captura de las emisiones contaminantes; y b) la conversión a gas o líquidos combustibles para mejorar la calidad en el manejo y en la utilización, mediante procesos termo-químicos y catalíticos. La gasificación del carbón, como ya se ha mencionado, es también conocida desde hace largo tiempo, por ejemplo la red de gas de Buenos Aires estuvo alimentada por gas de carbón hasta entrados los años 50 del siglo pasado, y también fue muy conocida la gasificación de leña, produciendo el denominado gas pobre en gasógenos muy simples, operantes a presión atmosférica y con restricción de aire para no alcanzar la combustión, la cual fue utilizada en Argentina en motores de combustión interna en sustitución de la nafta durante la guerra mundial de 1939/1945 y actualmente en motores de

algunos aserraderos. Pero la gasificación moderna del carbón y la biomasa se realiza en gasificadores más avanzados a temperaturas y presiones elevadas, con flujo de aire u oxígeno totalmente controlados, produciendo un gas sintético de carbón o de biomasa, constituido principalmente por monóxido de carbono combustible, hidrógeno, algunos volátiles propios de la materia prima y algo de metano. A su vez la liquefacción puede producirse directamente del carbón por procesos termo-químicos catalíticos (Fischer Tropsch) o indirectamente partiendo del gas sintético previamente producido e igualmente mediante un proceso catalítico similar.

El proceso moderno de gasificación de carbón o biomasa a alta temperatura y presión (hasta 1.500 grados centígrados y del orden de 20 atmósferas) se realiza en un gasificador que requiere una previa unidad de separación y control de oxígeno o aire para un proceso de oxidación y reducción, seguido de una unidad de limpieza del gas combustible producido, el que resulta constituido principalmente por monóxido de carbono, hidrógeno, algo de metano y otros volátiles combustibles. Son numerosas las patentes de procesos de gasificación, con diversas modalidades de alimentación y de flujo interno del carbón en el gasificador, y según se haga la gasificación en seco o húmedo, consistente básicamente en una pirólisis más completa que en los antiguos gasógenos, siempre sin implicar combustión. No obstante la variedad de patentes de procesos, el predominio en el mercado de fabricantes para grandes centrales de generación de electricidad se ha concentrado en pocas muy reconocidas grandes empresas industriales de primer nivel en el mundo, sin contar a otras numerosas para diversas producciones químicas.

El poder calorífico del gas sintético obtenido varía según las características del carbón y del proceso, principalmente si éste es proceso seco o húmedo, incorporando o no al gas sintético mayor o menor cantidad de hidrógeno proveniente de la descomposición de la humedad o de agua incorporada, pudiendo tomarse como nivel un orden de 3.000 kcalorías por metro cúbico. Es de tener en cuenta que la gasificación del carbón se realiza con una eficiencia energética del orden de 82%, es decir, del 100% de energía calórica del carbón, el 82% pasa directamente al gas sintético producido, recuperándose además aproximadamente otro 15% mediante producción de vapor; o sea se logra una eficiencia de conversión del orden de 97%, contra aproximadamente el 80% cuando se produce vapor por combustión directa.

Si bien para la generación de electricidad, aparte de las tradicionales centrales de carbón con calderas modernas de lecho fluidizado, se ha evolucionado a centrales mucho más eficientes críticas, súper y ultrasúper-críticas (es decir de temperaturas y presiones superiores al punto crítico), van tomando mayor

ventaja las centrales con gasificación previa del carbón y de ciclo combinado a gas sintético de carbón (IGCC), con las cuales se logran eficiencias muy cercanas a los ciclos combinados a gas natural y superiores a las mejores centrales ultra supercríticas, sobre todo muy netamente cuando se incluye la captura de los contaminantes. En efecto, los contaminantes azufre y mercurio son más fácilmente extraíbles del gas sintético de carbón antes de su combustión y a costos sensiblemente menores que capturarlos de los gases de post-combustión cuando se quema directamente el carbón. Por otra parte, el anhídrido carbónico producido por la combustión del gas sintético es también más fácil y económicamente capturable en centrales de generación eléctrica de ciclo combinado por gasificación del carbón, debido al menor volumen del aire en juego, que la captura en los gases de post-combustión en centrales de combustión directa de carbón. Además las centrales de ciclo combinado con gasificación tienen menor consumo de agua que las centrales de carbón clásicas y modernas, críticas, super y ultra-supercríticas. Todo ello determina que, a pesar de un mayor costo de inversión inicial en las centrales IGCC que en las convencionales de carbón y también algo mayor que en las críticas y súpercríticas, el costo de generación de electricidad con gasificación de carbón resulte competitivo frente a las centrales de generación de combustión directa del carbón y netamente competitivo cuando se exige la captura de los contaminantes azufre, mercurio y anhídrido carbónico. Sin embargo, todavía las centrales de ciclo combinado a gas natural tienen rendimiento algo superior al ciclo combinado con gasificación de carbón y menor emisión de CO₂, por quemar básicamente metano (carbono más hidrógeno en el metano, en lugar de sólo el carbono del carbón) y con ciclos de mayor eficiencia, a la vez con costo de energía eléctrica menor por su sensible menor costo de inversión; pero esas sensibles ventajas del ciclo combinado a gas natural se atenúan y hasta desaparecen cuando se exige capturar todos los contaminantes (particularmente S y N, además de CO₂) y sobre todo desaparecen completamente cuando el costo del gas natural supera ampliamente el costo calórico del carbón, como ha estado ocurriendo en los últimos tiempos.

La anteriormente sensible desventaja de un mayor costo de inversión de las centrales de ciclo combinado a carbón gasificado (IGCC), frente a las centrales de carbón pulverizado (CP), ha ido disminuyendo a medida que progresa la tecnología respectiva con aumento de la demanda de nuevas plantas IGCC e instalación de las mismas y se mejoran las tecnologías. Al respecto, es de hacer notar que actualmente algunos fabricantes están indicando costos de inversión y eficiencias que ya hacen netamente competitivas las centrales IGCC (ciclo combinado de gas de carbón), con igual o menor costo de la energía sin capturar el CO₂ y muy competitivas con captura del CO₂; sin embargo, por razones de

prudencia, debemos todavía considerar los últimos datos de NETL (National Energy Technology Laboratory) de U.S.A., expuestos en la Conferencia Anual del "Gasification Technologies Council" en 2007 en U.S.A., donde tomando para el carbón un costo de 1,80 u\$/MMBTU y para el gas 6,75 u\$/MMBTU (relación de 3,75 entre el costo de la energía calórica primaria del gas respecto del carbón), se muestran los datos de costos de inversión, eficiencias y costos de la energía sin capturar el CO₂ (SC) y con captura (CC) del CO₂ en los diversos tipos de centrales eléctricas, que comparamos a los fines de este trabajo, sin perjuicio que pudieran obtenerse valores más favorables para las centrales con gasificación de carbón con reales costos menores de inversión y más favorable relación de costos de gas respecto del carbón o cuando se contabilizan otros ingresos, por ejemplo por menor contaminación o por venta de cenizas (usos cementicios y otras aplicaciones):

Centrales:	IGCC	Carbón Pulverizado	Súper Crítica	Gas Natural
Inversión:				
a) SC:	1841 u\$/kW	1548	1674	554
b) CC	2496	2888	2868	1169
Eficiencia:				
a) SC	39,5%	36,8	39,1	50,8
b) CC	32,1	24,9	27,2	43,7
Costo energía:				
a) SC	77,3 u\$/MWh	63,9	63,2	68,0
b) CC	106,3	118,6	114,7	97,4

En lo que respecta a la clara ventaja tradicional de las centrales turbogas de gas natural, por su muy sensible menor costo de inversión y su mayor eficiencia, particularmente si se mejora con ciclo combinado de vapor, y su mucho menor emisión de CO₂, a parte de su ya pérdida de competitividad en muchos casos por los nuevos precios del gas, debe tenerse en cuenta que producen óxidos nitrosos cuyo efecto es 310 veces más contaminante para la atmósfera que el CO₂, por lo cual si se considera ese efecto contaminante, las centrales de turbogás con combustible gas natural resultan sólo muy ligeramente menos contaminantes que las IGCC, cuando no se les corrige ese efecto.

Una desventaja frecuentemente esgrimida ha sido la disponibilidad de las IGCC, que en las primeras centrales no llegaba al 80%, debido a las exigencias de mantenimiento por alta temperatura en los gasificadores; pero actualmente, las dificultades han sido superadas y se llega a las mismas disponibilidades de las centrales térmicas de carbón pulverizado. Otra desventaja que ha sido

esgrimida ha sido el elevado consumo de auxiliares, debido a la apreciable energía que requiere el compresor de la unidad separadora de oxígeno para la gasificación, lo cual carece de significado real por cuanto la eficiencia total es superior a la de las centrales convencionales y por otra parte, se está avanzando cada vez más a procesos menos incidentes de esa unidad.

También se menciona como una desventaja el tamaño de las unidades y su operación en base, debido precisamente a su tamaño y al mayor tiempo para la puesta en marcha, lo cual no significa una desventaja sino una cualidad propia también de las centrales super-críticas y nucleares, y natural de la tendencia a grandes unidades en los sistemas interconectados, por razones de economía y eficiencia.

Fuera del campo específico de la generación de electricidad, es de destacar la gran ventaja de la gasificación en cuanto a la versatilidad en el uso de diversos combustibles orgánicos (carbones, biomasa y residuos municipales), y en la poli-generación o multi-producción obtenible, que, además de energía, incluye producción de combustibles líquidos y gaseos, y diversos productos carbo o bioquímicos. También cabe señalar la ventaja en las IGCC de la mayor facilidad de extracción de las cenizas y su mayor calidad para diversas aplicaciones, en particular para la industria cementicia. .

Un aspecto más a considerar para el caso particular de gasificación de biomasas es el hecho de utilización de residuos agrícolas o forestales, sin otros usos competitivos, a diferencia de los biocombustibles extraídos en general de biomasas en competencia con otros usos.

En cuanto al empleo de los residuos municipales para generación de energía eléctrica en centrales termoeléctricas, a parte del elevado costo de inversión que generalmente las descoloca frente a rellenos sanitarios, cabe observar que el antiguo proceso de incineración resultaba altamente contaminante, no solo por el anhídrido carbónico y otros gases perniciosos para la atmósfera, sino también por la intensificación de olores y dificultades en el almacenamiento y manejo. La gasificación ha comenzado a resolver problemas con la mejor captura de contaminantes y un menor efecto odorífico, tanto que ya se está considerando cada vez más gasificar residuos municipales en algunas ciudades de U.S.A. para generación de energía.

En síntesis, aparecen ventajas concretas de versatilidad de combustibles, de poli-generación, de eficiencia y de mejor control de contaminaciones, sin desventajas que penalicen realmente la gasificación, salvo el mayor costo de generación por el costo de inversión que en las centrales con turbinas de gas natural, lo cual, por otra, parte ocurre también para todas las centrales convencionales. Sin embargo, es de señalar que se mantiene una cierta inercia o

reluctancia de los especialistas en centrales térmicas y de las empresas generadoras de electricidad a volcarse a la gasificación del carbón, quizás por la naturaleza, un tanto de “industria petroquímica” de las IGCC, diferente a las clásicas centrales térmicas.

Además de las tecnologías ya muy desarrolladas de gasificación a que se han referido los párrafos anteriores, y en los cuales se concentra la casi totalidad de las plantas construidas y en operación, se hallan en fase adelantada los procesos especiales de gasificación de carbones y biomásas vía plasmática y vía catalítica.

El proceso plasmático consiste en gasificar los carbones, biomásas o residuos orgánicos a temperaturas ultra-elevadas (de nivel de la temperatura solar), del orden de 5.000 grados centígrados y más. En esas condiciones, típicas del proceso plasmático de ionización del aire que ocurre con los rayos y descargas atmosféricas durante las tormentas, la totalidad orgánica del carbón, biomásas o residuos orgánicos se convierte en gas con mínima participación de aire y la parte inorgánica se reduce a sus componentes elementales o composiciones químicas básicas, dando lugar a un gas calóricamente más rico y menos contaminante, y a residuos totalmente inorgánicos, en las cuales son más fácilmente separables sus componentes químicos elementales, en estado generalmente líquido o pastoso que facilita su manejo para su posterior utilización.

Como ejemplo ya desarrollado de gasificación plasmática, mencionamos la planta de Utashinai para 200 ton/día de residuos, en Japón, que opera desde abril del 2003. De los datos de esa planta, que entrega a la red de electricidad 4,3 MW, en una ciudad de 40.000 viviendas, resulta que en promedio una ciudad podría generar aproximadamente del orden de 15% a más de su demanda domiciliar de electricidad mediante la basura que produce. Además de la planta japonesa citada, cabe mencionar el desarrollo de una nueva planta de gasificación plasmática en Florida, U.S.A., St. Lucie County, para llegar a procesar 3.000 ton/día de basura, prevista con una primer etapa de 1.000 ton/día, prevista para empezar a operar en el 2010 con un costo de inversión de 125 millones de dólares y el plan de desarrollo de varias plantas similares en la frontera de U.S.A. con Canadá para producir energía mediante los residuos municipales regionales que hasta ahora se utilizaban para rellenos sanitarios, vistas las dificultades para nuevos emplazamientos para tales rellenos.

Naturalmente, los costos de inversión de la gasificación plasmática de los residuos municipales podrían significar todavía un real impedimento para su desarrollo en nuestro país, pero se observa la conveniencia de estar atentos a estos desarrollos y de profundizar su conocimiento.

En lo relativo a la gasificación catalítica, apreciamos que se halla en el desarrollo de una primer planta experimental en USA, pero parece una tecnología altamente promisoría al producir directamente metano, con casi tres veces mayor poder calórico que el gas sintético obtenido por los procesos de gasificación ya desarrollados. Si bien no son conocidos públicamente los detalles del proceso, sería un equivalente al cracking catalítico de las refinerías de petróleo; es decir, mediante un proceso con catalizadores especiales, con temperatura intermedia del orden de 600 grados centígrados, sin la costosa planta de producir oxígeno que requieren varios de los procesos de gasificación, y posiblemente con nanotecnologías en los catalizadores, se lograría el cracking finalmente productivo de metano, por el cual el carbono, a través de gasificación con agua y catalizadores, se convierte en metano (CH₄) y CO₂. Ya se está indicando que este proceso será el menos contaminante para la generación de electricidad (por su equivalencia a la utilización de gas natural o metano) y el de menor costo. Se espera que la primer planta comercial comience a operar en el 2011. No cabe duda que aunque sea actualmente impredecible su aplicación en nuestro medio, debemos seguir su desarrollo y ya interesarnos al respecto.

4. Desarrollo comercial actual de la gasificación

En el 2007 ya existían 138 plantas en el mundo de gasificación, con una capacidad de producción de 56.000 MWh, pronosticándose un incremento de más de 72% (96.000 MWh) para el año 2015.

Los grandes desarrollos, iniciados principalmente en Sud África, están ocurriendo en USA, China y países europeos.

En USA existen en el orden de 8 plantas en operación y están planeadas más de 25, destacando una central en operación que utiliza del orden de 6 millones de toneladas anuales de lignito (lo cual se ha señalado más arriba como antecedente para el caso de las reservas de lignito de Argentina), y además numerosas plantas para distintas producciones químicas. Incluso se está convirtiendo una planta de producción de urea en Alaska para utilizar carbón en sustitución de metano.

En China, General Electric de USA ha instalado 28 gasificadores de carbón y tiene otros 34 en instalación. Igualmente Lurgi y Shell tienen instaladas y en instalación numerosas plantas en esa nación, donde el carbón es netamente mayoritario en su balance energético y donde en consecuencia la contaminación atmosférica, claramente apreciable por cualquier visitante, es uno de sus grandes problemas, por lo cual se están volcado ampliamente a la gasificación

del carbón. Al respecto, poseen dos grandes centros para la investigación, desarrollo, enseñanza y aplicación limpia del carbón, los Clean Coal Centers de Shanghai y de Pekin, donde se realizan cursos de postgrado profesionales en la especialidad de gasificación y liquefacción del carbón. Es de hacer notar también que siendo el transporte, con sus motores de combustión, muy incidente en la contaminación, en China se gasifica carbón para sustituir GNC en camiones, autobuses y automotores en general, y se están electrificando sus ferrocarriles para disminuir la contaminación, teniendo ya más de 20.000 km de ferrocarriles electrificados.

En cuanto a la gasificación de biomasa es de hacer notar los avances de investigación y desarrollo que se realizan en USA y países europeos, India, China y Australia.

En USA se ha desarrollado el Multi Year Program Plan 2007/2012 del DOE/EERE, por el cual ya se ha evaluado la capacidad de generación de electricidad de los diferentes residuos agrícolas y forestales en los diferentes Estados, y se han planteado programas de investigación y desarrollo con metas de sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles. Prevén que para el 2020 los biocombustibles tendrán una participación del 10% en el transporte, de 7% en la generación eléctrica y muy amplio en la producción bioquímica en reemplazo de petroquímicas. Para llevar adelante la investigación, desarrollo y aplicación de biomasa en reemplazo de combustibles fósiles, los distintos gobiernos de USA han llevado a cabo y mantenido desde hace muchos años planes de incentivación con subsidios, rebajas impositivas, préstamos preferenciales e inversiones, cuyo resultado positivo es indudable; incluso la nueva ley de energía sancionada en el 2007 contiene específicamente incentivos para aplicación de la gasificación.

El plan de la Unión Europea contempla pasar en el uso de la biomasa de 69 millones de toneladas de petróleo equivalentes en el 2003 (con ya entonces 20 TOEs para generación eléctrica) a 149 millones de TOEs en el 2010, de las cuales 55 TOEs para centrales eléctricas. Es de destacar el caso de España, con numerosas plantas de biocombustibles y con importante participación al respecto en la industria específica dentro de U.S.A.; además cuenta con varias plantas medianas de generación de electricidad con residuos vegetales, una de 25 MW con paja de trigo y otra en construcción similar, como ya se ha mencionado, más numerosas menores de diferentes residuos vegetales, por ejemplo de carozos de aceitunas y podas de viñedos e incluyendo cultivos especiales para producir biomasa, con un plan de contar con 3.000 MW de generación por biomasa para el 2010. Similar desarrollo ocurre en los restantes países europeos, e igualmente en China, India, etc.

En Latinoamérica es de destacar el caso de Brasil, líder mundial en el desarrollo y aplicación de etanol y otros biocombustibles, contando ya con más del 18% de participación de la biomasa en la generación termoeléctrica, correspondiente a más de 3.000 MW.

Chile dispone de más de 500 MW de generación eléctrica mediante residuos forestales, merced a apropiados incentivos al respecto.

En el caso de Argentina, está poco divulgado pero existen más de 60 plantas de generación eléctrica con biomasa por más de 300 MW. Se trata de plantas menores en diversas industrias forestales, de azúcar y tabacales. Cabe mencionar la patente argentina Agrest de pregasificación torsional de biomasa, a efectos de mejorar la combustión de biomasa difíciles para quemar en calderas, con numerosas plantas instaladas en el país y en el exterior, incluso en Europa. También es destacable el reciente trabajo elaborado entre el INTA y la Secretaría de Energía, con asistencia de la FAO, para establecer lo que podría llamarse el primer mapeo de la biomasa disponible en Argentina, trabajo concluido en su primer etapa en la segunda mitad del presente año. Igualmente se pueden señalar varias iniciativas provinciales y privadas en curso.

5. Debilidades de generación con biomasa

A continuación se citan algunas observaciones con carácter de debilidades y críticas que afronta la generación de energía eléctrica mediante biomasa:

- mayor complejidad en el manejo de los sistemas con pequeñas centrales que con grandes generaciones, lo cual no es un impedimento sino una característica propia del tamaño de las plantas como ocurre con cualquier equipamiento;
- mayor complejidad unitaria (ídem punto anterior);
- discontinuidad en general de la disponibilidad de los recursos primarios versus la continuidad de la demanda de la energía eléctrica, lo cual es superable en algunos casos por la propia discontinuidad de la industria a la que sirven, por almacenamiento del recurso primario o simplemente por la interconexión al sistema eléctrico;
- mayor costo unitario de inversión y de operación por el menor tamaño de las plantas, lo que es cuestión propia de todas las dimensiones pequeñas frente a las grandes escalas y no una exclusividad de la generación con biomasa;
- alto costo en general de la recolección, transporte, almacenaje y manejo del recurso primario, lo que obliga a instalar las plantas en la vecindad de los recursos;
- necesidad de sustentabilidad del recurso primario utilizado, lo que es común a todos los recursos energéticos;

- eventual afectación de otras economías (competencia en la utilización del recurso), lo que es de menor probabilidad de ocurrencia, menos rápido de ocurrir y menos acentuado en el caso de utilización de residuos no utilizados o poco utilizados, que en los casos de utilizar granos comestibles u oleaginosos;
- afectación de suelos por retirar residuos, lo cual requiere que se le preste especial atención, pero sin ser un impedimento con adecuada proporción de utilización y adecuado manejo de los suelos y cultivos;
- dificultades tecnológicas para la combustión y gasificación, y efectos nocivos de alquitranes en los motores, problema que ya está siendo superado;
- necesidad de estudios cuidadosos caso por caso para verificar la factibilidad tecnológica y económica-financiera.

El largo listado de observaciones indicado no significa algo en desmedro de la utilización de la biomasa para generación de energía, ya que otras observaciones y críticas también válidas pueden hacerse en el caso de utilización de cualquier otro recurso. Simplemente significan aspectos a tener en cuenta en cada caso.

6. El desafío en Argentina

Nuestro país tiene un déficit actual probable de instalar del orden de 3.000 MW y requiere posteriormente ir a un ritmo del orden de 1.000 MW por año, manteniendo armonía en la utilización de los diferentes recursos primarios con su desarrollo y competitividad, además de armonía entre generación, transporte, distribución y uso racional. Todo un gran desafío que exige, como en los otros sectores de la infraestructura, un claro y predominante protagonismo de la Ingeniería para la investigación y el desarrollo, que satisfagan plenamente los requerimientos socioeconómicos y ambientales, para establecer las políticas correspondientes, efectuar los estudios, la planificación continua, los proyectos y las obras necesarias, su operación, mantenimiento y manejo.

Ello significa aquí:

- a) mantenerse al día en los avances e innovaciones tecnológicas, implicando:
 - formación y preparación de profesionales y técnicos para las innovaciones que están ocurriendo;
 - necesidad de investigación aplicada según las características locales de los diferentes recursos;
 - intercooperación dentro del país entre los diferentes centros y entidades de investigación, desarrollo y aplicación, y también con los centros y entidades de otros países;

b) diversificar la generación de electricidad con los diferentes recursos, manteniendo una matriz energética armónica con el escenario que se presenta y dando adecuada participación al carbón y a las biomásas, sugiriendo considerar al respecto en los estudios de planificación:

- al menos 1.000 MW de generación con carbón en Río Turbio o lugares de la región, empalmando con las centrales hidroeléctricas del río Santa Cruz, lo cual a la vez justificaría una nueva transmisión;
- un muy urgente estudio de la minería del lignito en la provincia de Santa Cruz, para ampliar la generación sucesivamente con ese carbón, si resulta competitivo con el gas como es de esperar actualmente, y de la minería de otros carbones probables, aparecidos en la búsqueda de petróleo y gas (hasta incluso en la provincia de Buenos Aires, en zonas que se suponen con geología similar a la de la Sud Africa carbonífera);
- un fuerte impulso a la generación distribuida con residuos de biomásas;
- la iniciación de plantas piloto de gasificación de residuos municipales.

El gran desafío de llevar adelante un esquema como el planteado requiere:

- el protagonismo predominante de la ingeniería;
- identificar las barreras existentes que impiden o dificultan su ejecución, mediante:
 - ✓ investigación, planificación y desarrollos... sin aislamientos entre los diferentes centros y entre acción privada y pública.
- promover e incentivar precisamente la acción privada y pública;
- la concreción gradual y continua de las innovaciones, desde su estudio a la investigación de su aplicación local, transitando por plantas pilotos, hasta llegar a las plantas comerciales;
- mucha dedicación y mucho esfuerzo serio para la formación, entrenamiento y finalmente concreciones efectivas.

El camino indicado no es una fantasía, está ampliamente probado en casos muy recientes de destacado y muy rápido desarrollo, como todos pueden verificar directamente en España, en China y otros países que han dado un gran salto en los últimos tiempos, o confirmar con publicaciones de los diversos países adelantados, todos siguiendo similares esfuerzos y procesos para lograr su posición actual. Por ello, el presente resumen, compilado de una amplia información de entidades reconocidas de U.S.A. y de otros países, de visiones y apreciaciones directas, que han sido compendiadas en la presentación completa de diapositivas que obra en la Academia Nacional de Ingeniería, busca avivar más el interés sobre los recursos energéticos y plantear una parte del desafío que la realidad nos presenta.