

GENERACION ELECTRICA POR GASIFICACION POR ARCO DE PLASMA DE RESIDUOS URBANOS

Sosa, María Isabel; Bussolini, Ignacio

Departamento de Mecánica, Facultad de Ingeniería, UNLP
48 y 116 (B1900TAG) LA PLATA- Pcia de Buenos Aires
misosa@ing.unlp.edu.ar

Palabras Claves: generación energética, residuos urbanos, arco de plasma

INTRODUCCIÓN

La presente temática surgió de la realización del trabajo final de I. Bussolini, presentado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata (1) para optar por el grado de Ingeniero Industrial. Interesado en la problemática de la generación energética en conjunción con protección del medio ambiente analizó la factibilidad de la instalación de una planta generadora de electricidad conectada al Mercado Eléctrico Mayorista MEM argentino, utilizando la tecnología de gasificación de residuos sólidos urbanos (RSU) por medio de arco de plasma.

LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA BASURA EN EL CONURBANO BONAERENSE

El problema de la basura es un tema actual al que el gobierno trata de hallar solución. La población del conurbano bonaerense asciende a aproximadamente 13 millones de habitantes, los cuales producen cerca de 5 millones de toneladas anuales de residuos. Solo parte de estos se reciclan, teniendo los restantes como destino final el relleno sanitario. Enterrar basura provoca efectos ecológicos en el medio ambiente circundante con costos que oscilan entre 10 y 50 U\$D por tonelada de residuo depositada. Por otro lado la basura generada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) tiene destino final los rellenos sanitarios en la provincia de Buenos Aires a través de acuerdos que firman los municipios con la ciudad, pagando actualmente 50 U\$S/tonelada, el doble que los municipios bonaerenses por el sistema de tratamiento de basura. A esto se suma la decisión de la CEAMSE, organismo a cargo de la disposición final de los residuos urbanos, de priorizar desde junio del presente año, la asignación de espacio para la basura originada en el conurbano bonaerense por sobre la de la CABA, disponiendo además un aumento del 35% de las tarifas abonadas por el Gobierno porteño. La medida se debe a la crítica disponibilidad de espacio para continuar con la recepción y disponibilidad de basura y a un notorio crecimiento de los tonelajes enviados. De acuerdo a datos oficiales, mientras que en 2010 la CABA envió un millón 1.419.000 toneladas de basura, en 2011 esa cifra trepó a un 1.432.000 toneladas.

Resulta pues imprescindible aplicar la *Ley de Basura Cero* que establece la reducción de residuos y define plazos claros para su disminución (30 por ciento en 2010, 50 por ciento en 2012 y 75 por ciento en 2017). También ingresó a la Legislatura bonaerense un proyecto de ley que prohíbe a partir de 2014 el ingreso a la provincia de cualquier tipo de residuos que provengan de otra jurisdicción, si no cuentan con el tratamiento adecuado.

La temática de generación de electricidad aparece actualmente como una solución a la reducción de residuos urbanos y existen varios proyectos en diferentes etapas de ejecución. Durante las épocas de crisis de la última década surgieron los denominados "cartoneros" en la ciudad de Buenos Aires, los cuales posteriormente se organizaron en cooperativas e iniciaron el reciclado de sus residuos. Esta actividad proliferó en el conurbano y

posteriormente en casi cada ciudad del país, si bien no en todos lados se dio la actividad posterior de reciclado.

En la Provincia de Buenos Aires existen plantas de reciclado en diversas localidades y avanzan a paso lento diferentes proyectos para crear plantas de tratamiento. A raíz de quejas de concejales y organizaciones ambientalistas de la localidad de Punta Lara, Partido de La Plata, se licitó la construcción de una planta, diseñada para un máximo de 1.000 toneladas diarias, provenientes de sólo cinco municipios: La Plata, Berisso, Ensenada, Brandsen y Punta Indio, los cuales actualmente suman unas 700 toneladas diarias. La inauguración de la planta debería coincidir con el cierre del relleno del CEAMSE en Punta Lara, si bien las obras no han comenzado.

En la región norte del conurbano, específicamente Tigre, Vicente López, San Fernando y San Isidro el tema de residuos urbanos es también un tema crucial. En dos de los cuatro distritos (Tigre y San Isidro) desde hace años se vienen desarrollando campañas de reciclado y reutilización de residuos entre la población.

La Matanza, siendo el más populoso del conurbano y generando aproximadamente 1.000 toneladas diarias de basura es otro municipio que está avanzando en el tema residuos. En 2010 se suscribió un acuerdo, para instalar un Centro Ambiental de Recomposición Energética (CARE). El proyecto contempla la inversión de 600 millones de pesos, y se realizará en dos etapas: la primera consiste en crear el espacio para discriminar los residuos inorgánicos de los orgánicos. Los primeros serán comercializados y los segundos seguirán siendo enterrados. En la segunda etapa, se instalará la maquinaria necesaria para tratar los residuos orgánicos y se espera generar energía eléctrica y Gas Oil, previendo el cierre progresivo del relleno sanitario del CEAMSE en González Catán.

El Plan Maestro de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos prevé la construcción del ECOPUNTO, planta de tratamientos de residuos que apunta a evitar la formación de basurales y reducir de manera progresiva la cantidad de residuos que se destinan a disposición final en rellenos sanitarios. Hasta el momento, los Ecopuntos aplicados se encuentran en Lomas de Zamora, Lanús, Cañuelas, Las Heras, Marcos Paz, San Vicente, General Perón, Morón y Avellaneda, y son espacios preparados para recibir tanto los residuos de la recolección formal como los que resultan de la recolección informal. El objetivo concreto de esta iniciativa es controlar el 100% de los residuos sólidos urbanos y realizar una gestión adecuada, además de realizar el saneamiento de los basurales existentes. Si bien los ECOPUNTOS resultan interesantes para la reducción de los RSU en rellenos sanitarios no atacan el problema de raíz ya que se estarían enterrando residuos aunque sea en menor proporción. La mayoría de estos proyectos apuntan a la reducción de basura, su reciclaje y tratamiento.

Por su otro lado, los intendentes de tres municipios del conurbano bonaerense: Lomas de Zamora, Lanús y Esteban Echeverría iniciaron un proyecto conjunto para la instalación de una planta de tratamiento de residuos y termo valorización, obra cuya construcción llevaría dos años, con una capacidad de tratamiento de 1.500 a 2 mil toneladas diarias de residuos sólidos urbanos RSU. El proyecto propuesto en el presente trabajo se alinea con esta propuesta, ya que valoriza energéticamente los residuos

EL PROYECTO PROPUESTO

El proyecto es interesante básicamente desde dos puntos de vista. En primer lugar contempla la problemática ambiental, propone una alternativa concreta al tratamiento de residuos de las grandes urbes, valoriza energéticamente sus residuos y obtiene como subproducto un material vítreo de aplicación directa en la construcción. En segundo lugar,

dado el déficit actual en la relación generación /demanda el proyecto ayuda a aumentar la oferta energética del sistema.

Se propone la instalación de una Planta de Gasificación y Vitrificación de Residuos Sólidos Urbanos por Arco de Plasma en el conurbano bonaerense, con una unidad de clasificación y pretratamiento de residuos, un proceso de valorización termoenergética de residuos mediante la gasificación y vitrificación por antorchas de plasma y un módulo de generación eléctrica.

La ley Nacional 26190, sancionada en el año 2006 y reglamentada en el 2009, fomenta el uso de las energías renovables y declara de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energías renovables, estableciendo que en un plazo de 10 años el 8 % de la energía consumida en Argentina deberá provenir de fuentes de energías renovables (5). Para el presente análisis se considera la licitación de ENARSA de carácter nacional e internacional, N° EE 001/2009 (4) que establece los pliegos para suplir una generación de 120 MW a través de la generación de energías partiendo de residuos urbanos

Es importante resaltar dos aspectos fundamentales en relación con la tecnología propuesta y que implican diferencias muy marcadas comparativamente con otras tecnologías más convencionales, relativas al tratamiento de la basura, ya que se evita el relleno sanitario. En una instalación de incineración, aproximadamente el 25% del residuo recibido (dependiendo de la clasificación previa y de la tecnología específica utilizada) se transforma en escorias y en cenizas catalogadas como residuos tóxicos, siendo por lo tanto necesaria su disposición final en rellenos sanitarios. En una instalación de gasificación y vitrificación por antorcha de plasma el desecho es un material de características vitrocerámicas, en una proporción del 5 - 10% del material inicial en peso. Este desecho es muy compacto, inerte y con unas cualidades que lo hacen apto para su utilización como material de construcción.

TECNOLOGÍAS DE GASIFICACIÓN Y DE VITRIFICACIÓN POR ARCO DE PLASMA

El tratamiento térmico de los residuos utiliza la tecnología de "antorcha de plasma", que consiste básicamente en someter a una corriente de gas a un potente arco eléctrico que descarga entre los dos electrodos del dispositivo generador del plasma (antorcha), pudiendo alcanzarse temperaturas de 5000° C en el corazón del arco.

En estas condiciones, el gas se encuentra en el estado que se denomina "plasma", cuarto estado de agregación de la materia, en el que habiéndose roto los enlaces que configuraban la estructura atómica y molecular primitiva del gas, los núcleos atómicos coexisten envueltos en una nube de electrones. Dentro de la cámara de reacción que alberga las antorchas, el plasma ascendente se encuentra con los residuos que descienden a contracorriente, desarrollándose un proceso que produce los siguientes efectos:

- Disociación térmica completa de las moléculas orgánicas contenidas en la corriente de residuos, oxidación parcial (en una atmósfera reductora y controlada) de los elementos simples resultantes de la disociación, recomposición y formación de compuestos parciales resultantes del proceso. Estos constituyen el llamado gas de síntesis (Syngas), formado principalmente por monóxido de carbono (CO), hidrógeno (H₂), etileno (C₂H₄), anhídrido carbónico (CO₂), nitrógeno (N₂) y trazas de ácidos inorgánicos (clorhídrico y sulfhídrico), así como vapor de agua. Dado que la cantidad de aire aportada es inferior a la estequiométricamente necesaria para la oxidación total no existe oxígeno libre. Los tres primeros componentes (CO, H₂, y C₂H₄) tienen un alto potencial energético que permite su aprovechamiento. Por procesos de lavado y depuración del gas los contaminantes ácidos son neutralizados, precipitados y separados de la corriente de gas de síntesis.

- Disociación y fusión de los compuestos inorgánicos no gasificables (vidrio, cascotes, polvos y arenas, etc.) A la temperatura operativa (superior a 3000° C) se transforman en una lava de tipo volcánico que solidifica en el exterior en una estructura cristalina similar al basalto, completamente inerte y no lixiviable, que permite ser empleada como en la construcción.

El reactor gasificador de plasma consiste de una vasija vertical con diferentes secciones cilíndricas y cónicas, a través de las cuales caen los residuos que van a ser gasificados (RSU) y aditivos (coque y cal). Se indica también la salida del Syngas y del material vítreo (Slag), así como las antorchas de plasma. El reactor está fabricado en acero al carbono y recubierto interiormente de material cerámico refractario. El espesor de este material refractario se calculará para optimizar las características del reactor en cuanto a mantenimiento de los mismos, pérdidas de calor y fundamentalmente para mantener el gradiente de temperaturas necesario en el interior.

Los residuos RSU ingresan al reactor por la parte central, mientras que por otra boca independiente ingresan los aditivos, coque y cal, para ajustar el porcentaje de carbono en el interior y la catálisis de la gasificación. Tres antorchas de plasma están insertas en la parte inferior del reactor, situadas equidistantes alrededor de una circunferencia. El aire para generación del plasma se comprime y se introduce a través del interior de cada antorcha. El cuerpo de las antorchas, así como también el reactor, se refrigera por agua para protegerse de las altas temperaturas. Las antorchas utilizan la electricidad para excitar las moléculas del aire mediante un arco eléctrico continuo generando el estado de plasma. El aire caliente en estado de plasma alcanza aproximadamente los 5000° C, aportando un intenso calor en el interior del reactor, calentando los residuos hasta altas temperaturas: con un breve tiempo de residencia en el reactor, los residuos alcanzan temperaturas que rondan los 3000° C. Esta elevada temperatura impide la formación de dioxinas y furanos, elementos altamente tóxicos que si se producen en la combustión tradicional de residuos.

Aire secundario precalentado se introduce directamente a través de la sección superior de la cúpula por encima del punto de alimentación de los residuos. La cantidad total de aire introducido en el reactor es muy inferior al requerido para la completa oxidación del flujo de residuos. Consecuentemente las reacciones de gasificación se producen bajo condiciones reductoras, favoreciendo las reacciones de disociación y recomposición que forman la base del proceso de gasificación. Las altas temperaturas obtenidas en el reactor permiten la disociación del residuo a nivel molecular, y permiten que el gas de síntesis resultante sea una mezcla muy estable de monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂).

Un elemento clave en el proceso de gasificación por plasma, es el uso del lecho fijo y consumible de coque. El catalizador de coque se gasifica a un ritmo más lento que el residuo a tratar, lo que permite la formación y estabilidad del lecho. Este lecho permite la distribución homogénea del calor y gas de las antorchas, evitando la formación de "camino preferenciales" dentro del reactor.

La mejora de la transferencia de calor aportada por el lecho consumible es lo que permite que la energía consumida por las antorchas de arco de plasma se haya reducido considerablemente más de la mitad desde los inicios de esta tecnología, haciendo que el proceso de gasificación sea económicamente viable. En cuanto a la porción inorgánica, material vítreo en forma de lava fundida (o slag) vierte por gravedad a la parte inferior del reactor. Un recipiente (o slag pot), recubierto de un anillo refractario está unido a la sección inferior del reactor y es por donde la lava fluye al exterior. La masa fundida solidifica en forma vítrea afuera del reactor y es transportada y almacenada para su posterior uso. El gas de síntesis (Syngas) caliente sale por la parte superior del reactor para su posterior uso en el ciclo combinado (previa depuración y tratamiento del mismo).

CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO DE RESIDUOS

El proyecto propone una planta con una capacidad para tratar del orden de 2 mil toneladas diarias de residuos brutos (1). Una parte de estos residuos se reciclan y la otra parte, aproximadamente el 14%, se gasifica. La planta contaría con tres reactores plasma, trabajando en paralelo con una capacidad de procesar en forma conjunta 65,25 ton/h de RSU

La planta funcionaría en forma continua. Aplicando un factor de utilización conservador que no supere el 85 % aproximadamente y que contemple paradas programadas, arranques, acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, imponderables, etc.; se calcula que la planta operando unas 7.500 hs por año gasificaría 650.000 toneladas de residuos anuales. La planta tendría un sector de preclasificación y tratamiento de RSU, separando los residuos reciclables: papel, cartón, plásticos y férricos. La producción de RSU en el conurbano bonaerense La elección de la potencia total generada se basa por un lado en el límite máximo de 120 MW establecido por ENARSA N° EE 001/2009, (4) licitación de carácter nacional e internacional.

El proyecto de instalación de la planta de gasificación de residuos por arco de plasma, se plantea a 12 años, requiere una inversión de U\$D 147.051.108, donde el 62% corresponde al costo de adquisición y compra del sistema térmico de ciclo combinado (1;3).. El proyecto contempla dos fases, la primera de construcción y montaje de dos años y una segunda fase de operación y comercialización de 10 años. Desde el punto de vista económico y financiero, los indicadores macro-económicos son buenos a nivel local y regional planteando un escenario alentador a la inversión. La empresa que realice la oferta licitatoria, no debería presentarse con un precio inferior al propuesto por unidad de energía generada. En este sentido, se destaca una marcada volatilidad y dependencia del resultado económico a esta variable. El precio de venta de la energía propuesto es de 120 U\$D/MWh. El marco legal y normativo del proyecto es muy favorable, tanto desde el sector energético como desde el sector de la gestión de los residuos. Se considera clave para el desarrollo exitoso del proyecto el convenio que se establezca con el CEAMSE.

Finalmente, en lo que respecta a las consideraciones medio ambientales, la planta de gasificación de residuos por arco de plasma es una muy buena alternativa de generación eléctrica. Si bien hay emisiones de CO₂, estas son moderadas comparadas a otras centrales térmicas tradicionales. Los aspectos fundamentales del proyecto son el reciclado de gran parte de los residuos sólidos urbanos, la eliminación de rellenos sanitarios y la generación eléctrica a partir de un recurso renovable, trayendo consigo el cuidado y la preservación de las reservas argentinas de gas natural (1;2).

CONCLUSIÓN

La presente temática surgió de la realización del trabajo final de Ignacio Bussolini, presentado en esta Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata para optar por el grado de Ingeniero industrial. Interesado en la problemática de la generación energética en conjunción con protección del medio ambiente analizó la factibilidad de la instalación de una planta generadora de electricidad conectada al Mercado Eléctrico Mayorista MEM argentino, utilizando la tecnología de gasificación de residuos sólidos urbanos (RSU) por medio de arco de plasma. Se proponía radicar la planta en el conurbano bonaerense con una capacidad nominal para tratar 2.000 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos, lo cual permitiría generar y exportar a la red una potencia neta de 120 MW. El denominado tratamiento térmico de residuos utiliza la tecnología de "antorcha de plasma", que consiste básicamente en someter a una corriente de gas a un potente arco eléctrico que descarga entre los dos electrodos del dispositivo generador del plasma (antorcha), pudiendo alcanzarse temperaturas de 5000° C en el corazón del arco. En ese

entonces la idea de generar electricidad instalando una planta térmica que utilizara como combustible residuos sólidos urbanos (RSU) constituía una idea demasiado innovadora y lejos de ser concretada en nuestra sociedad. No obstante en la actualidad la situación es otra. En nuestros días este tipo de generación de electricidad se vislumbra como una solución a la reducción de residuos urbanos y existen proyectos en diferentes etapas de ejecución. Por ejemplo, tres municipios del conurbano bonaerense: Lomas de Zamora, Lanús y Esteban Echeverría iniciaron un proyecto conjunto para la instalación de una planta de tratamiento de residuos y termo valorización, obra cuya construcción llevaría dos años, con una capacidad de tratamiento de 1.500 a 2 mil toneladas diarias de residuos sólidos urbanos RSU. La ley Nacional 26190, sancionada en el año 2006 y reglamentada en el 2009, fomenta el uso de las energías renovables. Esta ley declara de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energías renovables y establece que en un plazo de 10 años el 8 % de la energía consumida en Argentina deberá provenir de fuentes de energías renovables. En este contexto, se vislumbra una oportunidad de inversión que considere dos situaciones: por un lado contribuir a resolver la problemática de la basura y por el otro lado suministrar energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables.

REFERENCIAS

- [1] Bussolini I (2011) Trabajo final de la carrera de Ingeniería Industrial, *Estudio de factibilidad de la instalación de una planta generadora de electricidad utilizando residuos sólidos urbanos*, Facultad de Ingeniería, UNLP.
- [2] Bussolini I., Sosa M. I., (2011), *Generación de electricidad utilizando residuos urbanos usando la tecnología de gasificación y vitrificación por arco de plasma*, CLAGTEE 2011, IX Congreso Latinoamericano de Generación y Transporte de Energía Eléctrica, *Book of Abstracts and Proceedings of the 9th Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission*, Mar del Plata, ISSN/ISBN: 978-85-64689-00-8, Código: 02-043
- [3] Bussolini I., Sosa M. I., (2012) *Forma alternativa de generación por gasificación por arco de plasma de residuos urbanos*, Anales del 3º CAIM, Tercer Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica, UTN-FRBA, ISSN: 978-987-1063-94-8, vol 1, D016 N° 11, Pág. 1-12.
- [4] ENARSA N° EE 001/2009, (2009), Licitación nacional e internacional.
- [5] Sosa M. I. y A. Fushimi, (2007) *La Utilización Racional de los Combustibles, una Responsabilidad no valorada debidamente en nuestro País*, CLAGTEE 2007, VIII Congreso Latinoamericano de Generación y Transporte de la Energía Eléctrica, Mar del Plata, ISSN/ISBN: 978-85-64689-00-8, Artículo A-102.