ASADES

Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente
Vol. 19, pp.06.21-06.29, 2015. Impreso en la Argentina
ISSN 2314-1433 - Trabajo selecionado de Actas ASADES2015

VIABILIDAD ENERGÉTICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE UN COMBUSTIBLE DERIVADO DE RESIDUOS INDUSTRIALES Y SÓLIDOS URBANOS

G. Castagnino, R. Baldi, G. Blanco, G. Silveratti, E. Santalla
Centro de Tecnologías Ambientales y Energía - INTELYMEC - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Bs. As. (UNCPBA)
Av. Del Valle 5737, B7400JWI Olavarría, Buenos Aires. TE 02284 451055 int. 282
e-mail: gina.castagnino@fio.unicen.edu.ar

Recibido 09/09/15, aceptado 16/10/15

RESUMEN: Se desarrolló un análisis de aspectos técnicos, económicos y ambientales para la producción de un combustible derivado de residuos industriales y sólidos urbanos en la ciudad de Olavarría ubicada en el centro de la provincia de Buenos Aires. Se identificaron las corrientes de residuos industriales no especiales y las fracciones combustibles de residuos sólidos urbanos y se evaluó una tecnología convencional de producción basada en procesos de trituración y clasificación. Los resultados del relevamiento indicaron una producción de residuos de 1.140 t/mes con un poder calorífico ponderado de 5.544 kcal/kg. La evaluación económica determinó un costo nivelado de la energía (eléctrica) de 0.86 $/kWh mientras que en términos de contenido energético del nuevo combustible el costo resultó 8 U$S/MBTU. Las emisiones estimadas a partir de un modelo basado en el ciclo de vida de un proceso de combustión controlada resultaron inferiores a los niveles máximos permitidos por la legislación vigente y el potencial de mitigación de gases de efecto invernadero por sustitución de electricidad alcanzó 12.808 tCO_2/año.

Palabras clave: residuos industriales, valorización energética**,** combustible derivado de residuos, costo nivelado de energía.

INTRODUCCION

Los residuos constituyen actualmente uno de los principales problemas ambientales derivado de las actividades productivas y de consumo. La tendencia creciente de la población mundial y de los niveles de consumo acentuaron significativamente la generación de residuos sólidos urbanos alcanzando 1.5 Gt anual (Themelis, 2007). Por su parte, las emisiones globales generadas por la disposición de residuos sólidos (fundamentalmente metano y óxido nitroso) se duplicaron entre 1970 y 2010 alcanzando aproximadamente 1400 Mt CO_2 por año (Fischedick et al., 2014).

La disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios ha prevalecido en numerosos países con diferente grado de tecnología y protección ambiental, aunque esta práctica está limitada a futuro por los impactos ambientales y del uso de la tierra. La legislación de la Unión Europea ha estipulado que la cantidad de materiales biodegradables que se disponen en rellenos sanitarios debe disminuir desde 75% (en el año 2010) hasta 35% (en el año 2020) comparado con los niveles de 1995 (Consejo Directivo 1999/31). En Argentina y también en Latinoamérica se tiene un estado inferior de avance ya que en muchas regiones prevalece la disposición de residuos sólidos con relativo grado de control (vertederos semi-controlados, basurales a cielo abierto) y el avance estaría dado hacia una gestión controlada en sitios de disposición final (rellenos sanitarios) pero sin otro requisito que controlar la polución ambiental y el riesgo a la salud humana (ENGIRSU, 2005) sin establecer condiciones para el aprovechamiento energético del biogás (Res. SPA 1142 y 1143, 2002).

La jerarquía de gestión de residuos coloca a la reducción de los residuos en el tope, seguida por el reúso, reciclado, recuperación de energía y luego tratamientos sin recuperación de energía como

combustión, compostaje, y posteriormente cuatro tipos de disposición final (Fischedick et al., 2014). Por lo tanto, la utilización de residuos recuperados para la producción de energía se ubica entre las opciones de gestión de residuos más sustentables siempre que se gestionen adecuadamente las emisiones generadas por la destrucción térmica de sus componentes.

Dentro de los residuos industriales, todas las actividades manufactureras generan residuos que se clasifican en asimilables a urbanos, industriales no especiales y peligrosos. Existen diversas tecnologías de tratamiento de residuos y efluentes como la combustión, gasificación, pirolisis y digestión anaeróbica que han sido evaluadas como alternativas para el aprovechamiento energético de los residuos y que constituyen opciones para resolver el problema del incremento de la demanda de energía, la gestión de los residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero (Pan et al., 2015).

En los países industrializados, la combustión de los residuos ha presentado numerosos avances en relación a la protección ambiental, los cuales han sido promovidos fundamentalmente por la sociedad civil y los tomadores de decisión que se han enfocado en identificar e implementar soluciones a largo plazo para la gestión de los residuos sólidos, que sean ambientalmente seguras, socialmente aceptables y costo efectivas. La aceptación pública de la incineración de residuos está estrechamente ligada al grado de cumplimiento de las estrictas regulaciones establecidas por la autoridad de aplicación, vinculadas al tratamiento de los gases de combustión y a la inertización de las cenizas (Stehlík, 2009).

Las instalaciones de recuperación de energía de residuos (Waste to Energy) se clasifican en general en dos categorías: la combustión en masa de residuos y la preparación de un combustible derivado de residuos CDR (RDF por sus siglas en inglés). La primera de las opciones ha sido ampliamente utilizada por diversos países desarrollados para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU) con la finalidad de disminuir el volumen de los mismos y por lo general no requiere ningún procesamiento previo. La formulación de un CDR por su parte requiere de procesos para convertir el tipo de residuo sólido (urbano o industrial) en un combustible que sea apto de acuerdo a la tecnología y al proceso en el cual se lo utilice. Por ejemplo, cuando el CDR es utilizado en hornos de cemento, se requiere la remoción de algunos componentes de bajo poder calorífico como metales y materia orgánica, y de otros componentes que afecten la calidad del producto final como vidrio y cloruros (Blanco y Santalla, 2002). Otra tecnología para la combustión de residuos sólidos que ha sido ampliamente utilizada en EEUU son los hornos rotativos donde el material se mueve sobre una parrilla inclinada donde se produce la combustión (SRI Internacional, 1992). En Europa, por su parte, son más comunes las calderas de lecho fluidizado (Rhyner *et al.*, 1995), proceso que requiere un combustible homogéneo para asegurar la combustión completa minimizando la formación de NO_x (Miranda y Hale, 1997). La combustión de residuos sólidos es particularmente favorable en áreas de alta densidad de población, altos niveles de las napas de agua y baja disponibilidad de tierras como ocurre en Japón y Europa.

En el caso de Argentina, la ley de Basura Cero prohíbe expresamente en algunas jurisdicciones la combustión de residuos y en otras regiones ha tenido una fuerte resistencia la opción a la incineración de residuos urbanos. Respecto a los residuos industriales no peligrosos y los residuos urbanos “secos” como papel, cartón, plásticos y pallets constituyen actualmente una corriente de residuos que más allá de los circuitos de reciclado existentes, están siendo objeto de estudio por parte de algunos sectores, como la industria del cemento, que supone a esta corriente como una de las fuentes alternativas para sustituir aunque sea en pequeña medida la cantidad de combustible fósil actualmente utilizado por el proceso de producción de clinker. De igual manera, la industria cementera se encuentra en una búsqueda continua de fuentes alternativas como lo ha hecho con la cáscara de maní, de girasol, de arroz, aserrín, entre otros residuos, en la medida que las fuentes proveedoras sean asequibles en cuanto a logística, transporte, volúmenes, etc. Kara et al. (2008) reportaron que la producción de CDR tiene el potencial de proveer hasta un 3% de la demanda energética anual de Turquía (además de 1% de reducción por la recuperación de metales y vidrio) y que su utilización en la producción de cemento resulta económicamente viable aunque depende de los costos de inversión, de la energía y de la disposición final de residuos. Un estudio desarrollado por Choi et al. (2012) sobre las propiedades físicas y térmicas de cuatro tipos de CDR que han sido desarrollados en Korea para su uso calderas industriales, ha contribuido a mejorar la producción de CDR de adecuada calidad.

Por otra parte, con la finalidad de superar el déficit de gas natural, en Argentina se importa gas licuado de petróleo proveniente de diversos países (Venezuela, Bolivia, Trinidad y Tobago) lo que implica elevados costos no sólo por el valor del combustible sino por los costos adicionales de logística (fletes, seguros) sin considerar el impacto adicional de las emisiones vinculadas al transporte. Esta realidad ha provocado un escenario de costos que incluye un cargo tarifario que integra el Fondo Fiduciario creado por el Decreto N° 2067/08 para atender las importaciones de gas natural y garantizar el abastecimiento interno. Por otro lado, existe un amplio rango de tarifas que varían desde 4,7 hasta 16 U$S/MBTU según se trate del costo del gas natural en boca de pozo por tipo de usuario o el gas importado (Calsiano, 2014).

El objetivo del presente estudio es evaluar la factibilidad técnico-económica, social y ambiental de la formulación de un CDR en base a residuos industriales no especiales y urbanos seleccionados, con la finalidad de identificar a partir de una tecnología convencional, el costo nivelado de la energía producida (COE) por el combustible diseñado y los impactos ambientales y sociales vinculados a su producción y utilización.

METODOLOGIA

El estudio incluyó las siguientes etapas:

1) Identificación de las corrientes de residuos (flujos, tipos) que pueden constituirse en un CDR en base a un relevamiento de las industrias radicadas en la ciudad de Olavarria con la finalidad de determinar la cantidad de residuos industriales que se generan en las mismas y las fracciones combustibles (papel, cartón, plásticos, maderas, etc)
2) Identificación de proveedores de residuos industriales y urbanos seleccionados
3) Selección de una tecnología convencional para el acondicionamiento de los residuos: incluye la identificación de las operaciones unitarias y los equipos necesarios
4) Determinación del poder calorífico del CDR
5) Elaboración del flujo de fondos del proyecto
6) Estimación del costo nivelado de la energía producida por el CDR (COE, $/kJ)

En el caso del relevamiento se consideraron todas las corrientes de residuos industriales que actualmente existen, incluso aquellas que se destinan al circuito de reciclado ya que según el costo final del producto CDR y de su contenido calorífico puede cambiar el escenario actual y redireccionarse estos materiales al mercado que mejor cotice.

Para realizar el relevamiento se recolectó información oficial de la Agencia de Desarrollo Local de Olavarria (ADELO www.olavarria.gov.ar/adelo) y se complementó con información obtenida de visitas de campo realizadas en forma personal a las distintas empresas. De esta manera se identificaron diferentes rubros de corrientes de residuos valorizables energéticamente.

Una vez identificadas las corrientes de residuos industriales y urbanos seleccionados, se desarrolló un diseño preliminar del proceso a partir de las operaciones unitarias básicas identificadas para el acondicionamiento de los residuos, según lo sugerido en Tchobanoglous et al. (1994).

Para calcular el COE se estimó en primer lugar la energía que proveerá el CDR en base a la producción considerada (escala del proyecto en toneladas anuales) y al poder calorífico obtenido a partir de la composición del CDR. El cálculo del poder calorífico (PC) del CDR se estimó a partir del poder calorífico de las fracciones de sus componentes (papel, cartón, plásticos, madera) calculado a partir de la fórmula de Dulong basada en la composición elemental (Blanco y Santalla, 2002).

Para el cálculo del flujo de fondos del proyecto se estimaron la inversión de capital (I_o), los costos fijos y variables y se calculó el valor actual neto (VAN) a partir del beneficio neto del flujo de fondos en el período (BN) considerando la tasa de interés (i) según la siguiente ecuación (Sapag Chain, 2003):

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (1)$$

Dado que el objetivo es obtener el costo nivelado de la energía (COE) provista por el CDR no se consideraron ingresos al proyecto sino que se procedió a calcular la anualidad A según la Ec. 2:

$$A = \frac{VAN}{\sum_{t=0}^{n-1} (1+i)^t} \quad (2)$$

El costo nivelado de energía COE se calculó a partir de la anualidad y de la cantidad de energía anual producida porel CDR :

$$COE[\frac{\$}{kWh}] = \frac{A(\$)}{Energía(kWh)} \quad (3)$$

Para evaluar el impacto ambiental de la utilización del CDR se utilizó un modelo propuesto por Harrison et al. (2000) basado en el análisis del ciclo de vida de la combustión de RSU. La metodología considera las emisiones resultantes de la combustión en base a la utilización de factores de emisión de los siguientes polutantes: CO_2 orgánico y fósil, SO_x, HCl, NO_x, dioxinas/furanos (PCDD/PCDF), CO y material particulado (MP). El flujo de emisiones totales se calculó asumiendo combustión completa del CDR con 7% de exceso de oxígeno y los factores de emisión de cada uno de los polutantes detallados en la Tabla 1.

CDR componente	Emisiones (kg/t comp.)							
	CO_2 org.	CO_2 fósil	SOx	HCl	NOx	PCDD/PCDF	CO	MP
Cartón	1500,00	0,00	0,48	0,23	1,10	0,00000007	0,70	0,14
Papel	1200,00	0,00	0,42	0,20	0,98	0,00000006	0,61	0,12
Plásticos	0,00	2100,00	0,67	0,32	1,60	0,00000010	0,97	0,19
Madera	1300,00	0,00	0,47	0,22	1,10	0,00000007	0,68	0,13

Tabla 1: Factores de emisión de cada contaminante producto de la combustión de CDR. Fuente (Harrison et al., 2000).

RESULTADOS

Diseño del proceso

A partir del relevamiento realizado se identificaron diferentes proveedores de residuos industriales no especiales y también organizaciones que actualmente trabajan en recolectar algunos residuos separados en origen. La Tabla 2 resume la información relevada sobre los potenciales proveedores de residuos industriales y domiciliarios, los componentes que se incluirían en la formulación del CDR y la tasa de generación mensual.

Empresa	Descripción	Componentes del CDR				Generación t/mes
		Papel	Cartón	Madera	Plástico	
Establecimiento 1	Acería, compra y venta papel, carton y chatarras.	10	20	0	0	30
Establecimiento 2	Fabricación de palets	0	0	5	0	5
Establecimiento 3	Compra y venta de papel- carton	100	100	0	0	200
Establecimiento 4	Recoleccion y venta de botellas plásticas	0	0	0	2	2
Establecimiento 5	Molino harinero	10	10	10	13	43
Establecimiento 6	Fabricación de bolsas de papel miltipliego	10	10	0	0	20
Establecimiento 7	Rebobinado de grandes motores	0,012	0,01	0	0	0,022
Establecimiento 8	Montajes industriales	0	0	0,04	0	0,04
Establecimiento 9	Fábrica y montajes electromeánicos	0	0,01	0	0	0,01
Establecimiento 10	Manufacturas textiles de destino industrial	0,003	0	0	0	0,003
Establecimiento 11	Fabricación de pallets	0	0	0,02	0	0,02
Establecimiento 12	Distribuidora y procesadora de vidrios	0,3	0,3	0	0	0,6
Establecimiento 13	Elaboracion y comercializacion de aceites vegetales	0,01	0	0	0	0,01
Sistema de recolección diferenciada	14 t/dia (Grandes generadores) + 14 t/d (RSU separados)	210	210	0	420	840
TOTAL		**340,3**	**350,3**	**15,1**	**435,0**	**1140,0**

Tabla 2: Fuentes de residuos industriales y urbanos identificados para la generación de CDR y tasa de generación mensual.

Una vez identificadas las corrientes de residuos y determinada una tasa de generación mensual, se procedió a desarrollar un diseño que represente las operaciones unitarias necesarias para la fabricación del CDR. La Fig. 1 representa el proceso y los equipos identificados. Los residuos que conformarán el CDR están parcialmente clasificados ya que provienen de un circuito informal de recuperadores de papel/cartón, plásticos y pallets por lo que se considera que no están contaminados con materia orgánica húmeda y por lo tanto se excluye en el diseño la incorporación de un secadero. El diseño del proceso incluye una primera etapa de trituración para la reducción inicial de tamaño, posterior separación de las fracciones metálicas, una criba para homogeneizar tamaño con el objeto de generar un material más homogéneo para una segunda etapa de trituración (granulador) que tiene la finalidad de ajustar el tamaño final a los requerimientos del proceso de combustión en el cual sea utilizado. Si el CDR se utiliza en hornos de cemento deberá ajustarse la granulometría al diseño de la alimentación del combustible dentro del horno. De igual manera esta segunda etapa de trituración permitirá adaptar el tamaño de partícula en caso de utilizar transporte neumático. Finalmente se considera un depósito para el almacenamiento temporario del combustible el cual deberá cumplir con las condiciones adecuadas para preservar el material de la humedad y evitar riesgos de inflamabilidad. La capacidad de los equipos se determinó para una producción de 13.688 toneladas anuales de CDR (Tabla 2).

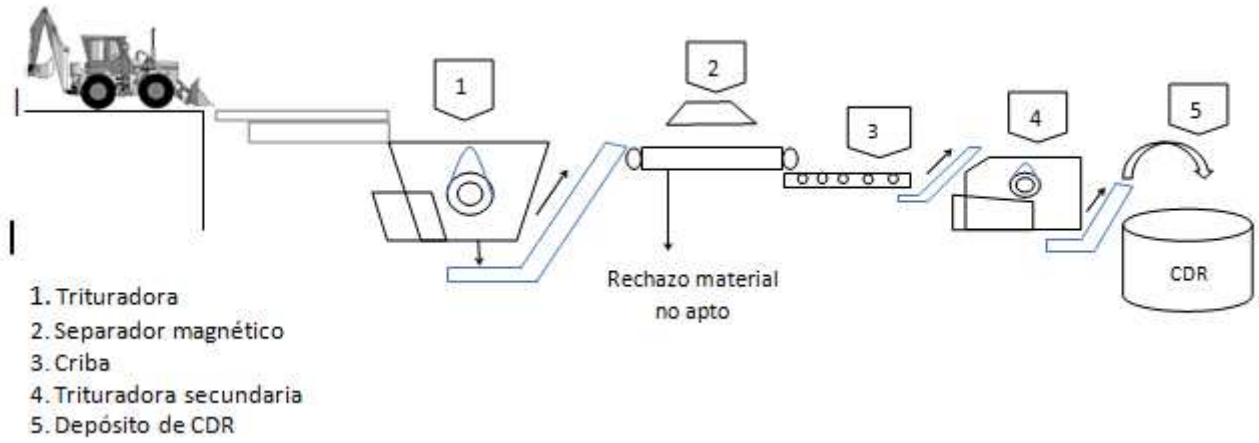

Fig. 1: Diseño del proceso y equipamiento necesario para la fabricación de CDR.

El poder calorífico del CDR se estimó a partir del poder calorífico de cada una de las fracciones de los componentes (Blanco y Santalla,2002) obteniendo un valor de 5544,5 kcal/kg (Tabla 3).

Material	PC[a]	Disponibilidad t/mes	Fracción en el CDR, %	PC_{CDR} Kcal/kg
Papel	4041,7	340,3	29,8	1205,8
Cartón	3858,2	350,3	30,7	1184,9
Plástico	8100,2	435,0	38,1	3089,0
Madera	4911,5	15,	1,3	64,8
Total		**1140**		**5544,5**

Tabla 3: Composición, poder calorifico y tasa de generación mensual del CDR propuesto
[a]Fuente: Blanco y Santalla (2002)

A partir de la escala de producción considerada (13.688 toneladas anuales) y del poder calorífico obtenido, considerando la combustión del CDR para obtener energía eléctrica, para lo cual se asume una eficiencia del proceso de conversión de 30%, se obtendría una producción de electricidad de aproximadamente 26.460 MWh al año.

Indicadores económicos
El flujo de fondos para obtener los indicadores económico-financieros del proyecto y el COE del CDR propuesto se elaboró en base a las siguientes consideraciones:

1) Se consideró como inversión la construcción de la instalación principal en base a una superficie de 1900 m^2 (García, 2015) y el equipamiento para el proceso constituido por una cinta transportadora, dos trituradoras, un separador magnético, una criba tromel, un filtro de mangas y una compactadora para disminuir el volumen de CDR a transportar hasta su uso. En relación al costo del terreno se consideró una inversión nula, ya que se considera como sitio de emplazamiento para la planta de producción de CDR un predio ubicado dentro del Polo Ambiental de Olavarría. Dicho Polo fue creado por Ordenanza 3149/08 para el tratamiento y disposición final de residuos sólidos y servicios anexos. Actualmente incluye tres celdas de disposición final de residuos, una planta de tratamiento de lixiviados, la planta de recuperación y combustión de biogás y las instalaciones para el tratamiento de residuos patogénicos. Para la generación de electricidad a partir del CDR se consideró el costo sugerido para un equipo de caldera de biomasa (Irena, 2015).

2) En relación a los Costos variables se consideraron los asociados al almacenamiento temporal y al transporte de residuos hasta la planta de procesamiento, como así también el consumo de servicios (agua, electricidad), de operación y mantenimiento, y seguros requeridos por la legislación vigente. En relación al transporte se consideró como opción más favorable, en primera instancia, el uso de contenedores 2 y 5 m^3, los cuales serían ubicados en los puntos de generación de residuos industriales y urbanos. Se consideró como costo de este sistema al valor actual establecido en el mercado local para empresas inscriptas en el "Registro Municipal de Empresas de Servicios de Contenedores" (creado por Decreto 239/14) y habilitadas por el Organismo Provincial para un Desarrollo Sostenible OPDS (Res. OPDS 188/12), equivalente a $ 100/m^3 residuo, el cual incluye el almacenamiento temporal, retiro y transporte del material. Los costos de operación y mantenimiento y de seguros se consideraron como 2 y 5% del costo de inversión respectivamente. Se asumió una tasa de inflación anual para estos costos de 15%.

3) Se consideraron como costos fijos los correspondientes al personal. Se estimaron dos empleados administrativos (salario básico + 40%), uno para limpieza (salario básico) y seis empleados de planta (salario básico + 20%). Se consideró el salario según lo establecido en la Ley de Contrato de Trabajo N° 20.744, Resolución 3/201 ($ 4.716). Se consideró 44% adicional por cargas sociales y sueldo anual complementario.

Se aplicó una tasa de descuento de 14% y se asumió un ciclo de proyecto de 10 años.
El costo de la inversión resultó aproximadamente $ 45.000.000 mientras que los costos fijos y los variables alcanzaron $340.000 y $6.100.000 respectivamente. La anualidad del proyecto alcanzó 22.790.000 $/ año.

El COE del CDR obtenido a partir de la anualidad del proyecto y de la energía provista por el nuevo combustible resultó 0.86 $/kWh. Este valor fue comparado con los correspondientes costos nivelados de energía para otras fuentes de energía renovables (se consideró el valor del dólar oficial a la fecha de 9,5 $/U$S). La Tabla 4 muestra las diferencias entre el valor obtenido en el presente estudio y los rangos reportados en IPCC (2011) para los costos de provisión de energía eléctrica a partir de biocombustibles, de energía eólica, energía hidroeléctrica y energía solar fotovoltaica.

Energía renovable	COE, U$S/kWh
Biocombustibles[a]	0.03-0.13
Energía eólica[a]	0.044-0.14
Energía hidroeléctrica[a]	0.0180-0.11
Energía solar fotovoltaica[a]	0.11-0.52
CDR[b]	0.091

Tabla 4: Costos nivelados de energía provista por diferentes fuentes de renovables.
[a] Fuente: IPCC (2011). Tabla A.III-1. Pág. 210.
[b]Presente estudio

Si se considera el escenario actual de Argentina en relación al costo del gas se tiene un espectro muy variable de tarifas. Según datos de la Secretaría de Energía, el costo del gas natural es de 4,5 U$S/MBTU[1] mientras que el gas importado puede considerarse en un promedio de 7,5 U$S/MBTU. Otras fuentes indican valores algo diferentes como por ejemplo De Leo (2012) indica un valor del gas importado de 13 U$S/MBTU. El costo del CDR en términos de energía térmica resultó 8 U$S/MBTU.

Análisis ambiental
El análisis del impacto ambiental de la producción de CDR consistió en determinar la capacidad de mitigación de emisiones por la sustitución de combustibles fósiles y además analizar el potencial de emisiones que se producen como resultado de la combustión controlada del CDR.
Para estimar el potencial de mitigación de emisiones de CO_2 del CDR se consideró la utilización del mismo para la producción de energía eléctrica asumiendo una eficiencia de conversión del 30%. Utilizando el valor actual del potencial de calentamiento global reportado en IPCC (2007) para el CO_2 para un horizonte de 100 años correspondiente al valor 1 y el factor de emisión de la red eléctrica correspondiente al año 2013 de 0,484 tCO_2e/MWh[2] la utilización de 13.688 t/año de CDR equivale a la reducción de 12.808 tCO_2 por año.

Por otro lado, se evaluó el impacto de la combustión del CDR a partir de la identificación de los contaminantes que se generan en el flujo de gases y su caudal másico. Utilizando el modelo descripto por Harrison et al. (2000) y en base a una combustión completa con 7% de exceso de oxígeno se obtuvo un flujo de 6156,6 m^3/t CDR con el perfil de emisiones mostrado en la Tabla 5.

CDR componentes	Flujo emisiones m^3/t, 7% O_2	Emisiones (kg/dia)							
		CO_2 org.	CO_2 fósil	SO_2	HCl	NOx	PCDD/F	CO	MP
Cartón	1731,17	17516,00	0,00	5,61	2,69	12,85	0,00	8,17	1,63
Papel	1461,90	13613,00	0,00	4,76	2,27	11,12	0,00	6,92	1,36
Plásticos	2963,42	0,00	30450,00	9,72	4,64	23,20	0,00	14,07	2,76
Madera	0,07	652,60	0,00	0,24	0,11	0,55	0,00	0,34	0,07
Total	**6156,56**	**31781,60**	**30450,00**	**20,32**	**9,71**	**47,71**	**0,00**	**29,50**	**5,82**

Tabla 5: Perfil de emisiones generado en la combustión completa del CDR propuesto

Las emisiones reguladas por la legislación vigente en la provincia de Buenos Aires corresponden a CO, CO_2, SO_2, NO_x y material particulado. Los valores obtenidos se deben comparar con los límites permitidos según el Anexo III del Decreto reglamentario 3395/96 de la Ley 5965/58 después de correr el modelo matemático de dispersión de contaminantes. Una simulación preliminar considerando un sistema convencional de flujo de gases de combustión en determinadas condiciones de operación

[1] MBTU Millones de BTU, unidad usada habitualmente para indicar el costo del gas
[2] Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación,
http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311

(T_{sal}= 749 °K, T_{amb}= 287 °K, altura chimenea 14,5 m, diámetro interno del ducto 1,72 m y velocidad de salida de los gases 5,3 m/s), indicó que las concentraciones de los contaminantes evaluados se encuentran por debajo del límite establecido por el mencionado anexo.

CONCLUSIONES

La utilización de residuos industriales y de las fracciones combustibles de los residuos urbanos puede convertirse en una opción viable para la producción de un combustible alternativo que pueda adaptarse a calderas para la provisión de energía térmica, para su utilización directa en hornos de cemento o para la generación de electricidad cuando la opción de reciclado no está disponible.

Los resultados de la evaluación técnica-económica reflejaron valores del costo nivelado de la energía provista por el CDR dentro de los rangos sugeridos para diferentes energías renovables por diversos organismos como el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas IPCC (2007) e IRENA (2015) y por debajo del costo actual del gas natural importado.

La evaluación del impacto ambiental mostró que la utilización de CDR contribuye a mitigar emisiones de CO_2 por la sustitución de combustibles fósiles y además genera un perfil de emisiones de contaminantes que se encuentran por debajo de los límites establecidos por la normativa vigente.

REFERENCIAS

Blanco G., Santalla E. (2002). Alternativas para una gestión integral de los residuos sólidos urbanos de Olavarría. Biblioteca de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Olavarría. Facultad de Ingeniería. 628.445, B638. http://www.biblio.unicen.edu.ar.

Calsiano A. H. (2014). ¿Como incrementar la oferta desde la demanda? Proyecto Eficiencia Energética: + Beneficios para PYMEs. UIA.

Choi Y-S., Han S., Choi H., Kim S-J. (2012). Characterization of Korean solid Waste Management & Research 0(0) 1 –8.2.

Council Directive 1999/31/EC of the European parliament and of the council of 26 April 1999 on the landfilling of waste. Official Journal of the European Communities 1999;L182:1–19.

De Leo O. (2012). Gas Natural: Auto-abastecimiento con auto-financiamiento. VI Seminario Estratégico *La recuperación del autoabastecimiento energético*. 6-7 Nov. 2012. SPE Argentina, Panamericano Hotels. CABA.

Fischedick M., J. Roy, A. Abdel-Aziz, A. Acquaye, J. M. Allwood, J.-P. Ceron, Y. Geng, H. Kheshgi, A. Lanza, D. Perczyk, L. Price, E. Santalla, C. Sheinbaum, and K. Tanaka. (2014). Industry. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O.,R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

García M. (2015). Planteo de modificaciones en la gestión integral de RSU en la ciudad de Olavarría. Proyecto Final de Carrera Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería UNCPBA.

Harrison K.W., Dumas R. D., Barlaz M. A., S. R. Nishtala. (2000). A Life-Cycle Inventory Model of Municipal Solid Waste Combustion. J. of Air and Waste Management Assoc. 50: 993-1000.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Fourth Assessment Report. Climate Change 2007. 2.10.2. Direct Global Warming Potentials http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html

IPCC Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (2011). Fuente de Energías Renovables y Mitigación del Cambio Climático. Resumen para Responsables de Políticas y Resumen Técnico. ISBN 978-92-9169-331-3.

IRENA (2015). Renewable Power Generation Costs in 2014. www.irena.org/publications

Miranda M., Hale B. (1997). Waste not, want not: the private and social costs of waste-to-energy production. Energy Policy, Vol. 25, No. 6, pp. 587-600.

Pan, S.Y., Du M., Huang I., Hung Liu I., Chang E., Chiang P. (2015). Strategies on implementation of waste-to-energy (WTE) supply chain for circular economy system: a review, Journal of Cleaner Production. 1-13, http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.124.

Rhyner, C, Schwartz, L, Wenger, R and Kohrell, M (1995) Waste Management and Resource Recovery Boca Raton, Florida. CRC Press.

SRI International (1992). Data summary of MSW management alternatives. Vol I. Report Text. NREL/TP-431-4988A. Oct.

Stehlik, P. (2009). Contribution to advances in waste-to-energy technologies. Journal of Cleaner Production 17, 919–931.

Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S. (1994). Gestión Integral de Residuos Sólidos. 1° edición. Mc Graw Hill/Interamericana de España S.A. Madrid.

Themelis N. J. (2007). Introduction to waste-to-energy. Encyclopedia of Sustainability of Science and Technology 17, 11828 – 11838.

ABSTRACT

Technical, economic and environmental aspects in the production of a refuse derived fuel from industrial and municipal solid waste generated at Olavarría city and surroundings (Buenos Aires province) were analyzed. Non-special industrial waste and the fuel fractions from municipal solid waste were identified and evaluated jointly with a conventional technology for a refuse derived fuel production based on classification and shredding of those materials. Results from the identification and surveys to the main providers of waste materials indicated a montly availability of 1.140 t with a weighted calorific value of 5.544 kcal/kg. The economic assessment indicated a levelized cost of the energy (electricity) of 0,86 $/kWh while the cost in terms of the energy content resulted 8 U$S/MBTU. Emissions generated from the combustion of the refuse derived fuel, calculated through a model based on a life cycle assessment, resulted under the allowable limits from the current legislation. The greenhouse gases mitigation potential by substitution of electricity reached 12.808 tCO_2/year.

Keywords: industrial waste, energy recovery, refuse derived fuel, levelized energy cost.