

# TECNOLOGÍA DE PLASMA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

## *Plasma Technology for Solid Waste Treatment*

MARIO OLMER ARBOLEDA RAVE\*

*Recibido: 18 de Febrero de 2015. Aceptado: 16 de Abril de 2015*

### RESUMEN

El tratamiento de los residuos sólidos en Colombia se ha dado mediante diversos métodos y en estos últimos años la disposición final de dichos residuos, la realizan las ciudades y municipios con la apertura de rellenos sanitarios de carácter regional.

Los sistemas tradicionales y los rellenos sanitarios presentan una serie de falencias en sus procedimientos y en el cumplimiento de la normatividad establecida, en detrimento de la comunidad y del medio ambiente.

Se plantea como solución a la problemática, la implementación de la metodología del plasma para el tratamiento de los residuos sólidos, metodología que ha sido y está siendo usada en varios lugares del mundo.

**Palabras clave:** residuos sólidos, disposición final, relleno sanitario, medio ambiente, metodología del plasma.

### ABSTRACT

The treatment of solid waste in Colombia has been given by various methods and in recent years the disposal of such wastes is carried out by cities and municipalities with the opening of regional landfills.

Traditional systems and landfills have a number of shortcomings in its procedures and in compliance with the established legislation, to the detriment of the community and the environment.

It is proposed as a solution to the problem, implementing Plasma methodology for the treatment of solid waste, methodology has been and is being used in several places in the world.

**Keywords:** solid waste, disposal, landfill, environment, plasma methodology.

## I. INTRODUCCIÓN

El aumento de la población en Colombia según estudio del año 2010 del Departamento Administrativo Nacional de Estadística [1], presenta unas cifras que visionan un crecimiento considerable con una proyección al año 2015 estimada en 48'202.617 y para el año 2020 en 50'912.429 habitantes.

Aumentará la demanda de recursos naturales como el agua y la energía entre otros. Los rellenos

sanitarios recibirán cargas mayores, tras el incremento en la generación de residuos sólidos producto de los hábitos de consumo y el crecimiento de la población.

Se dará la apertura de nuevos rellenos sanitarios con mayor capacidad para el vertimiento de residuos sólidos, toda vez el concepto de rellenos con características de cubrimiento regional ya está concebido y en marcha.

\* Estudiante de segundo semestre Maestría de Ingeniería Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Las tecnologías tradicionalmente usadas para el tratamiento de residuos sólidos, y en particular la de los rellenos sanitarios, presentan grandes deficiencias en sus procesos y en cumplimiento de la normatividad y la ley, causando problemas a las comunidades cercanas a dichos rellenos y al medio ambiente.

La tecnología del plasma se presenta como una solución viable a la problemática de los residuos sólidos en el mundo, convirtiendo dichos en una fuente permanente de recursos para la generación de energía, la producción de energía cobrará cada vez más importancia.

## II. METODOLOGÍA

El desarrollo del presente artículo parte de la búsqueda de respuesta a una pregunta materializada en la posibilidad de encontrar una metodología más conveniente para el ser humano y el medio ambiente en el tratamiento de los residuos sólidos.

Dicha búsqueda se orienta a la contextualización de un resultado teórico producto del análisis de la combinación de una serie de consultas sobre material escrito por varios autores (personas e instituciones) expertos en el tema.

Se trabajó el método científico utilizando el razonamiento y aplicándolo a la información obtenida de las evidencias teniendo en cuenta los elementos de continuidad, de superación y ruptura (Secuencia metodológica en la elaboración de artículos científicos).

## III. RESULTADOS

Según la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en el año 2007 la generación nacional de residuos sólidos fue de 20.775 ton/día. En el año 2010 y 2011 la generación de estos residuos estuvo en 24.603 y 26.537 ton/día respectivamente [2] (p.7) y para el año 2013 fue de 26.726 ton/día<sup>2</sup> (p. 14).

Si bien es cierto el comportamiento en la generación de los residuos sólidos muestra entre 2007 y 2013 como las diferencias se van acortando, no

se puede desestimar el aumento en la generación de los mismos.

Afirma el Departamento de Planeación Municipal de Cali «Antes de la Resolución 1390 de 2005, el 27.13% de las toneladas de residuos sólidos producidos en el país, era dispuesto por 737 municipios en 604 sitios inadecuados (botaderos a cielo abierto, enterramientos, quemas y cuerpos de agua). Solamente 348 municipios realizaban la disposición final en 143 rellenos sanitarios y 32 plantas de aprovechamiento, donde se disponía el 72.87% de las toneladas generadas diariamente» [3].

Así mismo «El comportamiento de la actividad de disposición final de residuos sólidos en Colombia durante el periodo 2007-2010, ha mejorado de manera significativa resultado que se ve reflejado en las cifras, donde se muestra que en el año 2007 el 43% de los municipios disponían en sistemas inadecuados; mientras que, en el año 2010 el 77% de los municipios adoptaron sistemas adecuados como alternativa de manejo de sus residuos [2] (p. 9).

El relleno sanitario es el sistema más usado en Colombia como disposición final de los residuos sólidos, así mismo, y según la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [4] (p.11) el 93,8% de estos residuos generados y recolectados en Colombia van a parar a un relleno sanitario.

Así las cosas, el crecimiento de la población, los hábitos y cultura de los ciudadanos, y la proliferación de rellenos sanitarios regionales como destino final de los residuos sólidos determinan en este momento la tendencia de tratamiento que se está haciendo de los mismos.

Los métodos más utilizados en la actualidad para el tratamiento de residuos sólidos se puede decir que son los rellenos sanitarios, el compostaje, la digestión anaerobia, incineración y gasificación [5]. Existen otras técnicas que se hace necesario traer a mención, toda vez tienen gran peso dentro de las posibles soluciones que se han presentado a la problemática, del tratamiento de los residuos sólidos, y estas son la cultura de reducción, recuperación y reciclaje, así mismo la logística inversa.

*La logística inversa* una posibilidad de conservación al medio ambiente ya que busca la recuperación al final de su vida útil asignándole en forma

adicional más funcionalidad o vida útil a los productos o materiales [6] ejemplifica el tema de los ordenadores a los que les recuperan metales preciosos contenidos entre sus partes y que se encuentran intactos y van a quedar obsoletos ante el vertimiento del ordenador a un relleno sanitario, así mismo los catalizadores de vehículos que contiene «metales nobles: paladio, platino, rodio, etc.»

Las exigencias medioambientales, la normatividad y la Ley tienden a fortalecer este tipo de propuestas, mas sin embargo los intereses económicos fundamentados en la calidad de los productos y los requerimientos ó requisitos que el cliente espera le sean cumplidos dan al traste con el pensamiento de no lanzar estos aparatos a los rellenos [6].

Es así como Six Sigma fundamentado en el tema de calidad y requerimientos a cumplir ante el cliente expresa su rechazo a la logística inversa y la considera una amenaza para su negocio como lo citó Logistec [7].

Según el Banco Interamericano de Desarrollo [8] (p.5) solo se recupera (mediante reciclaje) el 16,54% de los residuos sólidos que se producen en el país. La falta de un sistema nacional de reciclaje bien estructurado da al traste con la loable intención de aumentar considerablemente la recuperación de materiales a través del reciclaje (20 a un 25%) en el mediano plazo.

En Colombia, no existe aún legislación sobre la Reutilización de materiales, menos aún en la reducción, así mismo la logística inversa está en sus inicios para el país. Como cultura para un mejoramiento del medio ambiente, se plantea inicialmente la práctica de realizar una reducción en las compras de productos e insumos innecesarios o que representen una amenaza para el medio ambiente, por su composición química, por su empaque, por accesorios que acompañan el producto, por no ser un producto indispensable y es solo su adquisición resultado del mercantilismo, otros como la reducción en consumos de energía, gas, agua, papel etc.

En una segunda instancia, la reutilización de productos que una vez cumplieron la función para la cual fueron diseñados puedan cumplir una función adicional que permitirá alargar su vida útil,

por ejemplo los envases de PET, las bolsas plásticas, cajas de cartón corrugado entre otros.

En tercera instancia el reciclaje que es la recuperación de materiales y productos tales como papel, cartón, latas y metales, diferentes plásticos entre otros.

La anaerobia y el compostaje ambos fundamentados en el principio de la descomposición de material orgánico, haciendo referencia a la descomposición anaerobia y según IEA/ETSAP como lo citó el Centro de Energías Renovables [9] «la implementación de esta tecnología permite la obtención de energía eléctrica y/o térmica, con un rango de potencia eléctrica de alrededor de 0,3-10 MW».

La producción de gas combustible a partir del proceso de anaerobia, es el resultado de la captación de los dos grandes GEI, el metano y el dióxido de carbono y otros gases no menos dañinos.

Como lo menciona Varnero, según Reinol [10] plantea que «desde el comienzo de la agricultura pudo conocerse que las plantas que crecían sobre las acumulaciones y desperdicios orgánicos, adquirirían un mayor desarrollo y productividad». El compostaje es una actividad que se ha realizado a pequeña escala toda vez, financieramente no ha sido demostrada su viabilidad y para el caso Colombiano los proyectos están soportados por el Decreto 1713 de 2002, que permite y obliga a los municipios con población superior a 8000 mil habitantes ha realizar análisis de probabilidad para este tipo de proyectos [11] (p. 43).

Es una solución complementaria, presenta un costo muy fuerte que es el transporte de recolección y se encarga solo de los residuos orgánicos, por lo que se considera una solución complementaria.

En cuanto a la anaerobia, que cada vez se incrementa el uso de biodigestores en fincas. Estos dos procesos se dan a pequeña escala y no están incorporados a los rellenos sanitarios donde serían más viables, pero habría que corregir algunos problemas técnicos, logísticos y de otro tipo para que esto se pueda dar.

La gasificación y la incineración [12], «La incineración es una técnica de tratamiento de residuos que permite reducir su volumen, su peso y

modificar su composición debido al proceso de oxidación...». Debe considerarse que la incineración es una tecnología que puede formar parte de las tecnologías que configuran la gestión integral de residuos y no como una tecnología alternativa y excluyente o complementaria. Al cumplir con la jerarquía de procedimientos de actuación en la gestión de residuos que ha establecido la Unión Europea, la incineración puede aplicarse a todo o a parte de la fracción de rechazo procedente del reciclado y a aquellos residuos que necesitan reducir su peligrosidad antes de efectuar su vertido».

Williams y Belgiorno [13] «La gasificación se refiere a la conversión termoquímica de un material sólido a través de la oxidación parcial. Utilizando aire, oxígeno o calentamiento indirecto se producen gases combustibles». La diferencia entre incineración y gasificación es la inyección de oxígeno en el proceso de este último.

La incineración es una de las formas aplicadas al tratamiento de los residuos sólidos en el mundo y una de las variables que determina su rendimiento está representada en el poder calorífico de los residuos sólidos [12] (p. 177) Según el Banco Interamericano de Desarrollo [8] (p. 5) para los residuos sólidos en Colombia encontró los siguientes porcentajes de participación en su caracterización. Ver Tabla I.

Así mismo [12] (p. 177) presenta el valor calorífico en MJ/kg para la maleza 14, maderas 16, papel 17, poli cloruro de vinilo y cuero 19, lignito 20, hulla 29 y poli estireno y polietileno 46. La incine-

Tabla I. Caracterización RS

Descripción Residuo	Porcentaje
Residuos orgánicos de comida	59,58
Productos de papel	4,75
Cartón	3,65
Plástico	12,83
Vidrio	2,35
Productos metálicos	1,1
Inorgánicos e higiénicos (hueso, textiles, tierra, pilas, aparatos electrónicos, madera y residuos higiénicos no aprovechables	15,74

Elaboración propia, datos tomados de Resumen Ejecutivo Estudio Nacional de Reciclaje Proyecto BID-ARB.

ración surge como solución a la poca tierra existente en países pequeños, toda vez los rellenos sanitarios y vertederos ocupan extensiones considerables de terreno que debe ser destinado a esta actividad y una vez se agota la capacidad se deben destinar nuevos terrenos.

Según Sánchez como lo citó en Taboada [13] «la incineración (combustión) con la recuperación de la energía ha sido viable y una opción usada a menudo en naciones industrializadas como Suecia y Japón».

Según Green peace en un resumen de los impactos ambientales y sobre la salud de los rellenos sanitarios para la campaña contra la contaminación decía que «cuando se habla de relleno sanitario, se hace referencia a un sitio de disposición final de residuos. Los mecanismos de ingeniería de los rellenos sanitarios pretenden reducir los impactos negativos de los residuos en el medio ambiente» [14].

Es el sistema más usado en Colombia como disposición final de los residuos sólidos, así mismo, y según [2] el 93,8% de estos residuos generados y recolectados en Colombia van a parar a un relleno sanitario.

Factores determinantes en el Tratamiento de los Residuos Sólidos, la aplicación de estas técnicas se dan en mayor o menor escala, todas y cada una de ellas busca reducir la huella de carbono, representada por la masa de CO<sub>2</sub> suspendida en la atmosfera. Según [2] el 93,8% de la disposición final de los residuos sólidos en Colombia van a para a los rellenos sanitarios, lo que nos da una clara idea de lo ineficientes e insuficientes que han sido dichas técnicas en el Tratamiento de los Residuos Sólidos, se presentan a continuación factores que algunas de ellas:

Las Políticas Públicas. Según (nuevo siglo, 14 julio de 2014) «una nueva política para el manejo de residuos sólidos estaría alistando el Gobierno nacional, sostuvo la viceministra de Agua y Saneamiento, del Ministerio de Vivienda, Natalia Moreno».

Esto lo que quiere decir es que hasta el día de hoy se busca la implementación de una política pública con normas claras sobre el tema de los

residuos sólidos y la inclusión económica de las personas que desarrollan esta labor en la cadena productiva.

En el nuevo siglo, «un primer cálculo que tiene Acodal es que el país produce al día unas 31.000 toneladas de residuos sólidos, de los cuales un 85 por ciento que son aprovechables están teniendo como destino los ya bastante copados rellenos sanitarios» [15].

De 11.315.000 toneladas generadas en residuos sólidos 9.617.750 van a parar a los rellenos sanitarios. Son estas políticas, determinantes toda vez permiten el marco del desarrollo de dichas técnicas dentro de Sistemas Integrales para el tratamiento de los residuos.

Así las cosas «el Embajador del Reino de los Países Bajos en Colombia, Robert van Embden, cuyo país es el invitado de honor a Exporesiduos 2014, puso a disposición del país la fórmula que utilizan en Holanda, donde el manejo de los residuos se ha enfocado hacia las tres R: reducir, reciclar y reutilizar: Nuestro país es reconocido por su estrategia integrada y jerarquizada. Empezamos con la prevención de residuos, después continuamos con su reutilización, el reciclaje, la generación de energía con base en estos, la incineración y, si no queda alternativa, la disposición en rellenos sanitarios» [15].

### A. Conceptos técnicos

*Relleno sanitario.* Los rellenos sanitarios presentan deficiencias en su manejo, en el cumplimiento de las normas, sus procesos y el aseguramiento de los mismos. La producción de olores, sustancias tóxicas en el aire gases como metano y dióxido de carbono las dos masa más grandes GEI, así mismo otras sustancias gaseosas contaminantes y nocivas para la salud de los humanos. Apunta Green Peace [14], se presenta afectación de los suelos que adicionalmente por filtración pueden estar contaminando aguas subterráneas y napas freáticas con plomo, cadmio, níquel, arsénico entre otros. En el aire los dos grandes GEI, tolueno, benceno y cloruro de benceno entre otros.

Para el caso colombiano algunos de los municipios y ciudades que presentan problemas delicados en sus rellenos sanitarios en cuanto al

manejo de sus procedimientos y el cumplimiento de la Ley y la normatividad: Bogotá relleno sanitario Doña Juana, Medellín parque ambiental La Pradera, Cali relleno sanitario de Yotoco, Barranquilla relleno sanitario los Pocitos, Cartagena Parque Ambiental Loma de los Cocos, Neiva relleno sanitario Los Angeles, Bucaramanga relleno sanitario el Carrasco, Ibagué Parque industrial de residuos sólidos La Miel.

La gasificación y la incineración. Es una combustión de residuos sólidos para ambos procesos, son soluciones parciales toda vez su eficiencia está ligada a algunas variables según [12] (distribución apropiada de tiempos que deben ser mayores que cero e iguales al tiempo necesario, un exceso de tiempo produce los inquemados y reduce el rendimiento del proceso, una baja temperatura también produce ineficiencias; eliminación de cenizas y escorias; una distribución de temperaturas en el horno; el poder calorífico de cada componente de los residuos sólidos es diferente y variable; la facilidad de operación del sistema operativo; prevención y retención en el origen de contaminantes entre otros.

Afirma Romero que la incineración reduce en un 90-95% los residuos sólidos «la conversión en energía eléctrica con respecto al poder calorífico inferior varía entre 20 y 30%. Debido a las pérdidas en los gases de escape por radiación, en cenizas y escorias la energía térmica disponible es del 75% de la energía introducida. La transformación de esta energía térmica en energía eléctrica tiene un rendimiento del 30% debido principalmente al vapor de escape de turbina a condensador» [12].

Explica Romero que la legislación existente encarece el proceso, toda vez que es dicha legislación es la que permite el control de los GEI, las altas temperaturas permite la formación de algunos contaminantes [entre ellos las temidas dioxinas nova] para los que se requieren sistemas de depuración variados y combinaciones complejas de los mismos [12].

Para Sánchez como citó González [5] la incineración, esta tecnología usada extensamente en el pasado, se está disputando actualmente porque sin dispositivos de control ambiental causan muchos problemas tales como producción de dioxinas, desechos de metales pesados y pérdidas de calor.

El compostaje y digestión anaerobia Ambos procesos se realizan con material orgánico, como se puede ver en Tabla I, los residuos orgánicos representan el 59,58% de los residuos sólidos generados y recolectados en Colombia, así mismo ambas tecnologías en nuestro país no han pasado de proyectos a baja escala, lo que encarece el proceso y lo hace poco rentable toda vez presenta costos muy sensibles como los asociados al tema del transporte y otros que requerirían de un sistema verdaderamente integral a gran escala. Son estos procesos alternativos que pueden aplicarse a los residuos, dejando por fuera residuos como los tóxicos y a aquellos residuos que necesitan reducir su peligrosidad antes de ser vertidos.

La cultura de las tres R y la Logística inversa. Los resultados hablan por sí solos, en Colombia el 83,4% de los residuos sólidos quedan enterrados. La cultura de reutilización, recuperación y reciclaje aún es muy poca, la logística inversa recién llega, con un porcentaje del 15,4% de participación en la caracterización de las basuras, como muestra la Tabla I, para los Inorgánicos e higiénicos (hueso, textiles, tierra, pilas, aparatos electrónicos, madera y residuos higiénicos no aprovechables [8] (p. 5) residuos que sin necesidad de mucho análisis son portadores de materiales fuertemente tóxicos y contaminantes.

Así las cosas mientras la cultura medio ambiental avanza a pasos de tortuga en los rellenos sanitarios seguimos cubriendo el problema con tierra a sabiendas del daño que estos materiales causan al planeta, al aire, a la naturaleza y la fauna, a las fuentes y corrientes de agua cercanas a estos depósitos, a los suelos entre otros.

Las técnicas anteriores no han resuelto la integralidad del modelo que requiere el sistema del tratamiento a los residuos sólidos. La reducción sistemática y permanente de las emisiones de sustancias volátiles y los fluidos que componen los lixiviados.

Los daños ocasionados a la salud de los seres humanos y las molestias que terminan afectando la calidad de vida de las personas. El lavado de activos que se presenta en el manejo de los residuos sólidos en Colombia. Concentración de la industria transformadora de los principales bienes reciclables. Alta concentración económica en las

empresas recolectora, de transporte y disposición final. [8]

La manipulación del negocio a favor de grupos empresariales apoyados políticamente, es así como el concejal Boyacense Pedro Pablo Salas [16] denunció respecto al relleno sanitario el Pirgua, ubicado en la ciudad de Tunja, el tipo de negocio y la desventaja de la ciudad frente al mismo «El municipio por arriendo recibe 0.02%, \$840 pesos del valor total de los \$42.000 pesos por tonelada que le quedan al operador privado del relleno y depositario de basuras de los 65 municipios, así lo ordena la ley».

Solución al Tratamiento de Residuos Sólidos con la Tecnología del Plasma se reconoce en el mundo hoy en día a la tecnología del plasma, como una tecnología limpia, con la posibilidad de procesar todo tipo de residuos sólidos, incluyendo los desechos peligrosos.

Según Moustakas como citó González «La antorcha de plasma opera a muy altas temperaturas entre 5,000 y 10,000 grados centígrados y puede procesar toda clase de residuos a presión atmosférica: sólidos municipales, tóxicos, médicos, biológico-infecciosos, industriales y desperdicios nucleares. No produce cenizas porque a más de 5,000 grados centígrados, todas las moléculas orgánicas son desintegradas y solo la mezcla de  $H_2 + CO$  permanece a altas temperaturas» [5].

A tan altas temperaturas la desintegración es evidente y los materiales que conservan su estructura son precipitados y comercializados como subproductos del proceso como rellenos para carreteras, y el plasma se utiliza para la fabricación de baldosas, como aglutinante entre otros.

Según Green Peace [14] considera que mas importante que buscar nuevos lugares para la disposición de basuras para Colombia estamos hablando de rellenos sanitarios se están evaluando tecnologías como la incineración, la pirolisis y el plasma, considerándolas «falsas soluciones que agravan el problema», de la incineración su rechazo por la emisión de sustancias tóxicas y por qué presenta la antítesis del manejo racional de los residuos sólidos toda vez realiza la combustión de los mismos desaprovechando los potenciales que estos tienen en su recuperación y como materias primas de otros procesos.

La situación de las toxinas como lo expresa Romero [12] «Independientemente de las mejoras ambientales que se han ido incorporando en las últimas décadas, se sigue considerando a la incineración una práctica poco respetuosa con el ambiente y competidora con la prevención y el reciclado de residuos».

Considera también Green Peace [14] que la gasificación, la pirolisis y el arco de plasma no han alcanzado un grado de madurez que conviertan sus procesos en opciones reales. Así mismo expresa que es más la publicidad que la realidad de funcionamiento de estas plantas, así como emisiones de las mismas por encima por encima de los niveles permitidos y cita algunos rechazos de estas plantas en varios países (Alemania, Australia, Estados Unidos y Reino Unido).

Green peace, organización muy respetable por lo demás, trata sobre otras metodologías como la reducción, reutilización y recuperación, la cual abre camino desde hace muchos años como la solución más limpia del planeta, pero vale la pena recordar que para nuestro país solo se recupera el 16,54% de los residuos el 83,44% lo enterramos, así mismo en la caracterización de los residuos sólidos el 15,74 de los mismos corresponde a inorgánicos e higiénicos (hueso, textiles, tierra, pilas, aparatos electrónicos, madera y residuos higiénicos no aprovechables [8], valor para nada despreciable de una carga de residuos sólidos sumamente peligrosa y que en el momento es muy poco el control que existe sobre ella.

Y mientras tanto que va a pasar, estamos enterrando el problema, recubriéndolo con tierra en presencia de procesos inseguros que producen emisiones tóxicas y unos lixiviados con contenidos desastrosos para los suelos, las corrientes y depósitos de agua. El peligro inminente para la salud de personas y animales, deforestación, amenazas ambientales, presencia de fauna maligna entre otros.

Experiencias de plantas para tratamiento de residuos sólidos en funcionamiento se citan como testimonio para ser tenido en cuenta [5] casos de éxito con tecnologías de plasma. Dentro de las tecnologías empleadas para el procesamiento de residuos con recuperación de energía se encontró que la tecnología de plasma había sido em-

pleada en países como Estados Unidos, Japón y Puerto Rico, por mencionar algunos, con resultados muy alentadores.

Takuma Co, LTD en 1991 comenzó a desarrollar un horno de plasma de corriente directa (CD) que derretía por incineración RSU usando energía eléctrica generada por incineración. Una planta de prueba fue construida en 1993 con 300 kW de salida (7.2 ton/día de rendimiento), la cual fue expandida a 500 kW (12 ton/día de rendimiento) en 1995. Una planta de demostración con 1710 kW de salida y un máximo rendimiento de 25 ton/día fue construida en 1998. Una planta piloto en Yoshii, Japón durante 1999-2000, el gobierno japonés certificó la tecnología para la construcción de una planta de tamaño comercial. La planta fue completada en julio de 2002. Esta nueva planta usa principalmente residuos automotrices triturados como combustible, con una capacidad aproximadamente de 165 ton/día pero ha sido diseñada para correr con un 50% de humedad de RSU. Esta puede procesar aproximadamente 300 ton/día al 100% de RSM.

Por último resaltar que según Westinghouse, Tecnología de Gasificación por plasma resumen de calificaciones, la «Planta de energía renovable de Tees Valley Air Products ha iniciado la construcción de la instalación de energía renovable de Tees Valley y va a comenzar la construcción en el futuro cercano. Air Products ha comprado el gasificador de la planta, un G65, de WPC y su puesta en marcha está prevista para 2014. WPC entregará el gasificador en el sitio a principios de 2013.

La planta procesará 1.000 tpd de RSU preorganizados y producirá electricidad a través una isla de energía de ciclo combinado. Una isla de energía de ciclo combinado es la combinación de una o varias turbinas de gas, un generador de vapor de recuperación de calor y una turbina de vapor, y se considera la tecnología más eficiente para la conversión de gas en electricidad.

La planta empleará sofisticadas tecnologías de saneamiento de syngas para garantizar que el gas de síntesis cumple con las especificaciones más exigentes de las turbinas de gas.

Las emisiones de la isla de potencia serán muy similares a las de una planta tradicional de quemado de gas natural de ciclo combinado. Air Products

ha recibido la aprobación ambiental del Gobierno del Reino Unido.

El plan de negocios de Air Products incluye el desarrollo de al menos cuatro instalaciones más, similares a la planta de Tees Valley»

#### IV. CONCLUSIONES

La creciente generación de residuos sólidos en el país con buenos componentes caloríficos, convierte a dichos residuos en una fuente permanente de recursos para la generación de energía.

Se requiere de un sistema integral para el tratamiento de los residuos sólidos que no contamine los suelos y las fuentes y causas hídricas.

El material que se está enterrando en los rellenos sanitarios es de un gran poder contaminante.

La Tecnología del Plasma es una solución necesaria al problema actual para el tratamiento de los residuos sólidos.

Las antorchas de Plasma operan a temperaturas entre 5.000 y 10.000°C lo que desintegra la materia y la lleva al cuarto estado, generando energía que se puede comercializar y subproductos necesarios para el mercado actual.

Es un sistema probado en varios países valorado por los subproductos que genera, ambos comercializables la energía de gran importancia para el mundo actual y el aglomerado y plasma residuos del proceso, utilizados para fabricar bloques, baldosas, relleno para carreteras entre otros.

#### REFERENCIAS

- [1] Postcensales, «Proyecciones Nacionales y Departamentales de Población 2005 - 2020.» DANE, 2010.
- [2] C. Guerrero, L. Aguilar, and L. Ruiz, «Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia,» Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Bogotá, 2010.
- [3] Departamento Administrativo de Planeación municipal de Cali, «La problemática de los residuos sólidos,» *Cali.gov.co*, Nov-2014.
- [4] G. Martínez, «Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia - Diagnóstico 2011,» Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Modelo estándar de control interno - MECL, 2012.
- [5] T. González, V. Aguilar, and A. Vega, «La tecnología de plasma y residuos sólidos,» *acefynorg-corevista*, vol. 3, p. 20, 2009.
- [6] M. Ortega, «Utilización de métodos cuantitativos para el análisis de problemas de localización en logística inversa,» Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2008.
- [7] Logistec, «Logística inversa ¿un mal necesario?,» *Logistec Recuperado de:*, Jul-2014.
- [8] Banco Interamericano de Desarrollo, «Resumen Ejecutivo Estudio Nacional de Reciclaje Proyecto BID-ARB «Programa de Desarrollo de un modelo de negocios para la consolidación económica de las organizaciones de Recicladores» 2011.
- [9] Centro de Energías Renovables, «Energía Biomasa» 2011.
- [10] M. Varnero, A. Rojas, and R. Orellana, «Indices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje,» *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, vol. 7, no. 1, pp. 21-37, 2007.
- [11] J. Penagos, B. Adarraga, D. Vergara, and E. Molina, «Reducción de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia por medio del Compostaje Líquido.» 2011.
- [12] A. Romero, «La incineradora de residuos ¿Está justificado su rechazo social?,» *XI Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica*, vol. 104, no. Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat., pp. 175-187, 2010.
- [13] P. Taboada, Q. Aguilar, and C. Armijo de Vega, «La tecnología de plasma y residuos sólidos,» *Ingeniería*, vol. 13, no. 2, pp. 51-56, 2009.
- [14] Green Peace, «Resumen de los impactos ambientales y sobre la salud de los rellenos sanitarios. Campaña contra la contaminación. Disponible en: [www.greenpeace.org/argentina/report/2009/9/resumen-de-los-impactos-ambien-2.pdf](http://www.greenpeace.org/argentina/report/2009/9/resumen-de-los-impactos-ambien-2.pdf),» *Green Peace Argentina*, 2008.
- [15] «Alistan política para el manejo de residuos . Disponible en: <http://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/7-2014-alistan-pol%C3%ADtica-para-manejo-de-residuos.html>,» *El Nuevo siglo*, 2014.
- [16] P. Salas, «El debate boyacense. Recuperado de:» *eldebateboyacense*, 2014.