

• Informe *de* INVESTIGACIÓN •

Tecnologías Emergentes para
el Tratamiento de los Residuos Urbanos
El caso del Plasma Térmico

Hugo Norberto Ciceri Silvenses

Área de Administración
Industrial e Innovación Tecnológica
Departamento de Ingeniería Química

2014



Universidad Nacional Autónoma México
Facultad de Química



INFORME DE INVESTIGACIÓN

Tecnologías Emergentes para
el Tratamiento de los Residuos Urbanos
El caso del Plasma Térmico

Hugo Norberto Ciceri Silvenses

Área de Administración
Industrial e Innovación Tecnológica
Departamento de Ingeniería Química

2014

INFORME DE INVESTIGACIÓN

Tecnologías Emergentes para
el Tratamiento de los Residuos Urbanos
El caso del Plasma Térmico

Primera edición: 2014
Fecha de edición: 3 de marzo de 2014
D.R. © No. Registro: 03-2014-031411354100-01

ÍNDICE

AUTOR PROFILE	11
AGRADECIMIENTOS	13
INTRODUCCIÓN	15
1.1. Propósito y objetivos	16
1.2. Organización del Estudio	16
2.1. Análisis y selección de tecnologías	20
2.1.1. Alternativas tecnológicas para procesar RSU.....	21
3.1. Tecnologías de plasma y tratamiento de residuos	22
3.1.1. Orígenes de la tecnología.....	22
3.2. Métodos para la generación de plasmas térmicos	23
3.3. El diseño de antorchas de plasma para procesamiento de desechos	25
3.4. El tratamiento de desechos mediante plasma térmico	26
3.4.1. El proyecto Nueva York	27
3.4.2. El proyecto Muttentz Suiza.....	28
3.4.3. Plasma en Japón.....	28
4.1. La evaluación de la tecnología de plasma	28
4.2. El modelo de evaluación.....	29
4.2.1. Aspectos técnicos del proceso.....	29
4.2.2. Aspectos técnicos complementarios	29
5.0. El mercado de tecnología de plasma térmico.....	29
5.1. Principales empresas, tecnólogos y licenciadores	30
5.2. El perfil tecnológico (Tecnología/Tecnólogos/ Licenciadores)	31
• Arc Technologies, Bio Arc, Vance IDS (USA)	
• Enersol Technologies, Vanguard Research Incorporated (VRI, USA	
• Enviroarc (Noruega)	
• Europlasma (Francia)	
• Geoplasma (USA)	
• Hawkings Industries Disposal Systems (HI Disposal, USA)	
• Integrated Environmental Technologies (IET, USA)	
• Nuvotec (USA)	
• Plasma Energy Applied Technology (PEAT) (USA)	
• Phoenix Solutions Company, Plasma Energy Corporation (PEC)	
• Plasco Energy (anteriormente Resorption Canada Limited (RCL) (Canada)	
• Plasma Environmental Technologies (PET) (Canada)	
• Pyrogenesis (Canada)	
• Retech System (USA)	
• Solena, Global Plasma Systems Corporation (GPS)	
• Startech Environmental (USA)	
• Westinghouse Plasma Corporation (WPC, USA)	

5.3.	Principales procesos tecnológicos	36
5.3.2.	Configuraciones básicas de los procesos	37
6.0.	Tecnología de plasma. Atributos controversiales.....	39
6.1.	Ventajas promovidas vs. su relevancia.....	40
	• Reducción de volumen	
	• Destrucción superior por las altas temperaturas	
	• Baja emisión de contaminantes y dioxinas	
	• Alta eficiencia en la recuperación de energía	
	• Relativamente poco probada la tecnología sobre RSM	
7.0.	Evaluación de la tecnología estudio de caso	50
7.1.	La asignación de riesgos y el modelo de negocios	51
7.2.	Desechos de los criterios de decisión.....	51
CONCLUSIONES		57
	Referencias.....	59
	Bibliografía.....	65
ANEXOS		59
	Tecnólogos	71
	Technological Aspects	73
PATENTES REVISADAS EN LA INVESTIGACIÓN (CARÁTULAS)		75
	Patentes.....	77
GLOSARIO DE TERMINOS		115
	Glosario.....	117
RECOPIACIÓN DE LA LITERATURA RELEVANTE SOBRE EL TEMA		121
	Patentes.....	123
	Artículos técnicos.....	133
	Informes técnicos.....	143
	Trabajos presentados en reuniones y congresos.....	151
	Guías y manuales.....	155
	Libros.....	157
	Normas y leyes.....	161
	Tesis.....	163
PROVEEDORES TECNOLÓGICOS		165
TENDENCIAS Y EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y MAPAS TECNOLÓGICOS		177
	Resumen de patente.....	179
	Áreas tecnológicas.....	181
	Evolución Tecnológica	183

Índice de tablas y figuras

Figura 1.	Proceso de administración y tratamiento de residuos	19
Figura 2.	Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de residuos	20
Figura 3.	Diseños básicos de antorchas	25
Figura 4.	El diseño de Westinghouse	26
Figura 5.	Configuración básica procesos plasma térmico	37
Figura 6.	Esquema del proceso de plasma gasificación	38
Figura 7.	Esquema del proceso de plasma con gasificación asistida	39
Figura 8.	Ruptura del proceso de plasma en tres partes	52
Figura 9.	Factores de riesgo tecnológico	52
Tabla No. 1.	Categorías y alternativas para procesar RSM	20
Tabla No. 2.	Tecnologías y licenciadores por categorías	22
Tabla No. 3.	Posibles licenciadores de plasma térmico	30
Tabla No. 4.	Empresas y procesos tecnológicos de plasma	36
Tabla No. 5.	Niveles de contaminación	42
Tabla No. 6.	Instalaciones de plasma	43
Tabla No. 7.	Proyectos declarados no confirmados	44
Tabla No. 8.	Costo de capital	50

Abreviaturas

FQ:	Facultad de Química
GIT:	Grupo de inteligencia tecnológica
PT:	Plasma térmico
TPT:	Tecnología de plasma térmico
RSM:	Residuos sólidos municipales
PBPT:	Proceso básico plasma térmico
USEPA:	United States Enviromental Agency
TEQ:	Equivalente tóxico
DE:	Eficiencia de destrucción (Destruction Efficiency)
DRE:	Destruction and Removal Efficiency (Eficiencia de Destrucción y Remoción)
TEF:	Factor de equivalencia tóxica
PCB:	Policlorobifenilos
CPOM:	Modelo de negocio
Tpa:	Toneladas por año
Tpd:	Toneladas por día
I&DE:	Investigación y desarrollo experimental
RFP:	<i>Request for Proposal</i>
S/F:	Sin fecha

AUTOR PROFILE

Professor Ciceri has combined his academic activities with those of consulting in the public and private sectors. His main areas of research focus on public technology policies, analysis and development of corporate strategies and their relation to technology, along with the study of strategic responses of Mexican enterprises in different environments throughout the country. He has experienced in various fields and has conducted studies and published articles, books and handbooks, in addition to participating in conferences and seminars in the following areas: competitive strategies, industrial reengineering, investment projects, technology evaluation, contracts (agreements) and technology assimilation, contract negotiation proposals for technology acquisition, organizational models for research and development projects, methodology development, restructuring webs of knowledge, studies in mergers, hostile takeovers and leverage in companies. On the other hand, he has received several awards from UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) as well as from the University of California and other University of California, holds a Master's Degree in Technology Management (UNAM), has completed a specialization course in Legal Negotiations for International Trade, Has a Bachelor's Degree in Chemical Engineering and Chemistry from the Universidad Nacional del Sur (Argentina), in addition to having held the positions of Senior Technological Adviser and Economic Intelligence Investment Adviser. He directed and coordinated the first graduate program in Technology Management in Mexico (UNAM). He was a member of the Academic Committee for the Management Sciences Program and is a member of the School of Chemistry Internal Council, representing the Technology Management Master's Program. In 2008, he was acknowledged leadership together with others in his area, after a worldwide search had been conducted and in May 2009 was honored with the appointment of Academic Number of the Mexican Academy of Sciences and Arts, Technology and Humanities A. C.. He was Head of Projects Section at the Technology Department at UNAM, and has participated as an external consultant for the major international consulting firms in the field of Technology and Management. Currently, he works as fulltime professor.

AGRADECIMIENTOS

MI agradecimiento a los profesores Dr. Reynaldo Sandoval González y al Maestro en Ciencias Antonio Francisco Díaz García, profesores del Posgrado en Ingeniería Química y de Administración Industrial respectivamente, que revisaron el manuscrito e incorporaron correcciones y sugerencias que enriquecieron el texto e hicieron de este algo más comprensible. Asimismo al Ingeniero Román Campillo quien brindó su apoyo y conocimientos en el área de la propiedad industrial y los mapeos tecnológicos.

Por otro lado, agradezco al Dr. Alfonso Durán, coordinador del Proyecto relacionado con la tecnología del Plasma Térmico para el tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos, que me invitó a participar en él, de esa experiencia surge este trabajo.

Finalmente, mi reconocimiento a Aurora Herrera Díaz que lidió con las innumerables correcciones y las tablas con paciencia y profesionalismo. Sin embargo, los errores u omisiones desde ya inadvertidos son responsabilidad del autor.

INTRODUCCIÓN

Este estudio tiene como propósito aportar elementos para la evaluación y en su caso, la selección tecnológica y cuenta con antecedentes¹ que conformaron una línea de trabajo sobre el particular de la que se han desprendido diversas publicaciones. Es pertinente hacer notar que las opiniones vertidas en este estudio son independientes, objetivas y basadas en la información pública disponible. La evaluación/selección tecnológica, objeto de estudio de este informe fue realizada a partir del *corpus* compuesto por información pública contenida en artículos, reportes, entrevistas y reportes técnicos recopilados en el transcurso de esta investigación. Esta información originada en diversas fuentes especializadas puede ser consultada en los anexos incorporados a este documento, como así también el detalle de los documentos y la composición del *corpus*.

El informe se encuentra organizado en siete partes que son sintetizadas a continuación. Luego de la exposición de propósitos y objetivos se establece un marco contextual en el cual se presentan las principales rutas tecnológicas –se definen tres categorías y trece opciones que permiten alcanzar los objetivos perseguidos por el estudio.

En la misma sección se avanza en ese sentido y se precisan 25 tecnologías –diferentes a las de plasma– con sus respectivos licenciadores, indicando rangos de parámetros claves tales como escalas, eficiencias térmicas y costo de capital.

Luego se establece el origen de la tecnología de plasma térmico destacando las características y diseños tecnológicos de las antorchas de plasma y sus problemas. En esta misma sección se ofrece información sobre los primeros proyectos relacionados con la marina estadounidense, la ciudad de Nueva York y Japón, destacando cuál fue el tipo de problema que intentaban resolver y el tipo de desechos que trataron o tratan, de manera que se contextualiza su desarrollo y origen, lo cual permite comprender su trayectoria e ir evaluando la experiencia acumulada por las empresas. Luego se presenta el modelo de evaluación y los elementos que serán considerados, entre ellos: el mercado de tecnología la identificación de las principales empresas, el perfil tecnológico de cada una de ellas y su correspondiente acervo tecnológico relacionado con la propiedad industrial. También se establecen las principales configuraciones de procesos que ofrecen cada una de ellas. A continuación se abordan los atributos de estas tecnologías realizándose un análisis crítico sobre ellos; seguidamente se establecen las áreas de riesgo y sus relaciones. Es importante destacar que las dificultades para establecer comparaciones entre estas tecnologías son muy altas debido a que algunas de ellas se encuentran en su fase de desarrollo y los datos y parámetros de operación no están disponibles, en muchos casos para los mismos licenciadores, que deben recurrir a sus plantas pilotos para obtenerlos, así se manifiesta por ejemplo en el Annual Report of Startech² una de las empresas que cuenta con liderazgo en el sector.

¹ Esta línea de investigación se inició a raíz de un proyecto externo de la Facultad de Química coordinado por el Dr. Alfonso Durán en noviembre de 2006 y quien es autor de este documento participó en el mismo.

² Ver: *Startech, Annual Report 2004*. “Because this industry is just beginning to develop, there is very little empirical evidence in the public domain regarding the performance data of each competing technology”.

1.1. Propósitos y objetivo

El propósito del presente Estudio es contar con un marco de referencia para evaluar las opciones tecnológicas para el tratamiento de los residuos municipales y obtener como subproductos gas de síntesis y energía, utilizando la tecnología de Plasma Térmico y Residuos Sólidos Municipales como alimentación al proceso. Por lo tanto, en el estudio se abordan las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las alternativas tecnológicas para tratar RSM y obtener energía, –mediante plasma térmico?
- ¿Cuál es el origen de la TPT y sus principales aplicaciones?
- Identificación de los tecnólogos/licenciadores y elaboración de su perfil tecnológico
- ¿Cuáles son las principales configuraciones de proceso relacionadas con las TPT?
- ¿Cuáles son los atributos de la TPT y su análisis?
- ¿Cuál es la relación entre el modelo de negocio y los riesgos de proceso y operación?

1.2. Organización del estudio

El Reporte se encuentra organizado en diferentes secciones en las que se van abordando los temas antes mencionados, y se inicia estableciendo un marco de referencia en el cual se insertan las diferentes alternativas tecnológicas relacionadas con el tratamiento de los (RSU) que pueden llenar los requerimientos mencionados; aunque en este reporte no son evaluadas agregan una perspectiva y pueden ser útiles para aquellos funcionarios encargados de la toma de decisiones en la administración pública.

El problema de la basura en el Distrito Federal (México)

En México la actividad del reciclaje de los residuos sólidos municipales se ha venido llevando a cabo desde hace muchos años, obteniéndose subproductos para ser de nuevo aprovechados en múltiples formas. Durante mucho tiempo la separación de subproductos se ha realizado predominantemente en tiraderos a cielo abierto.

El continuo crecimiento socioeconómico de las ciudades en México, trae consigo una elevada generación de desechos sólidos, produciéndose residuos con materiales cada vez menos biodegradables, lo que ocasiona una enorme problemática de carácter ambiental, ya que los sitios de disposición final se ven saturados por la acumulación continua de estos desechos.

La zona del Valle de México, como un continuo de gran magnitud e importancia, incluye las dieciséis delegaciones políticas del Distrito Federal y los municipios conurbados del Estado de México conforman una enorme macrourbe de significativos problemas ambientales y socioeconómicos en todos los órdenes presentes y futuros.

La zona del Valle de Toluca, con características distintas de conformación geográfica, política y de crecimiento demográfico y económico con respecto al Valle de México, está en fase creciente de consolidación y desarrollo, sin embargo, aún no presenta situaciones graves, emergentes o críticas de problemática ambiental, social o económica.

Estas dos grandes zonas, distintas geográfica, demográfica y socialmente presentan semejantes problemas en la recolección, transporte, manejo y disposición final de sus residuos sólidos de tipo municipal. La generación es creciente, continua y permanente, lo que ocasiona serios problemas en su manejo integral.

El manejo integral o gestión de los residuos sólidos municipales (RSM) incluye la recuperación de materiales que actualmente presentan un mercado exitoso para algunos subproductos, como es el papel, cartón, aluminio y también de otros residuos susceptibles de poder ser aprovechados como son los metales y plásticos.

De ahí que la utilización de estos recursos adquiere alto valor positivo de significado ambiental, ya que se disminuyen los volúmenes en los sitios de disposición final, se ahorran fuentes materiales y energéticas y se propicia una sensibilización ambiental de protección de nuestros recursos. Asimismo, esta recuperación adquiere un valor de orden económico, a todos niveles, desde las fuentes primarias hasta su recuperación y aprovechamiento integral. Las actividades de mercado permiten establecer un seguimiento continuo de la recuperación de materiales para ser aprovechados finalmente, en la manufactura de otros artículos de consumo. Desde el generador primario, pasando por los “pepenadores”, recolectores y los compradores de subproductos, se establece una cadena continua de formas y estilos de actividades económicas. Es así, que existen empresas que se dedican a la compra, transformación y venta final de productos a partir de residuos sólidos municipales reciclables.

En este sentido, el estudio denominado Análisis del Mercado de los Residuos Sólidos Reciclables Municipales y Evaluación de su Potencial y Desarrollo, como parte del apoyo que se le brinda a la Secretaría de Ecología del Estado de México, en el Programa Gestión de los Residuos Sólidos que lleva la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ) aporta un marco de referencia e información sobre la problemática que enfrenta la Ciudad de México y los desafíos sobre el manejo de sus desechos municipales, debido al elevado índice de crecimiento demográfico e industrial del país y los hábitos de la población, orientados al consumo de productos desechables, así como la tendencia de la población a abandonar las zonas rurales para concentrarse en los centros urbanos. Lo anterior ha modificado de manera significativa la cantidad y composición de los residuos sólidos municipales. Por lo que, la generación de residuos sólidos aumentó de 300 gramos/habitante/día, en la década de los cincuenta, a más de 853 gramos en promedio en 1998; asimismo, la población se incrementó en el mismo periodo de 30 millones a más de 98 millones, llegando a la fecha una generación nacional estimada de 83,830 toneladas/diarias³.

En cuatro décadas, la generación de residuos sólidos se incrementó 9 veces y sus características se transformaron de materiales mayoritariamente orgánicos, a elementos cuya descomposición es lenta y requiere de procesos físico-químico-biológicos complementarios para efectuarse. Actualmente,

³ SEDESOL, Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Secretaría de Desarrollo Social. México, 1999.

se estima que en México, se recolecta únicamente el 83% del total de los residuos generados, mismos que representan 69,600 toneladas, quedando dispersas diariamente 14,230 toneladas. En el país, del total generado sólo poco más del 49% se depositan en sitios controlados, esto es, 41,200 toneladas/día, lo que quiere decir 42,630 toneladas se disponen diariamente a cielo abierto en tiraderos no controlados o en tiraderos clandestinos⁴.

Reciclar significa separar o extraer materiales del flujo de desechos; acondicionarlos para su comercialización; usarlos como materia prima en sustitución de materiales vírgenes para manufacturar nuevos productos y utilizar dichos productos hasta que vuelvan al flujo de los desechos y puedan nuevamente ser reciclados, sin embargo, es conveniente señalar que el reciclaje de materiales tiene una vida limitada, ya que los materiales se degradan y cada vez es más costosa su reutilización, además de perder su calidad. El reciclaje contribuye también a reducir al mínimo el impacto ambiental de la disposición de los desechos sólidos mixtos (olores, emisiones a la atmósfera y producción de lixiviados), como a preservar recursos minerales, petroleros y forestales y a conservar agua y energía.

Los principales residuos sólidos que es posible reciclar (entre otros) son los siguientes:

Metales. La mayor parte de la fracción metálica de las basuras urbanas corresponde a envases de hojalata usados para la conservación de carnes, frutas y otros alimentos. Las tecnologías existentes permiten utilizar la lámina para fabricación de nuevas láminas de hojalata y como materia prima para la fabricación del acero. El aluminio se encuentra en la forma de envases (botes) de bebidas gaseosas y de cerveza, es el segundo tipo de metal posible de reciclar, teniendo gran aceptación y precio en el mercado.

Vidrios. Es posible reciclar diferente tipos de vidrio. Sin embargo, uno de los problemas es la necesidad de separarlo de otros materiales, ya que requiere un alto grado de pureza y homogeneidad. La separación del vidrio debe hacerse por colores, antes de que el fabricante de envases vuelva a usar el vidrio residual. Cabe hacer mención que del vidrio generado todo no es reciclable, debido a sus distintas formas de fabricación ya sean templados, no templados o contruidos con capas intermedias de plástico.

Papel y cartón. México se considera como uno de los países más importantes en el reciclaje de papel y cartón. Con estos subproductos se obtiene gran cantidad de productos de buena calidad, que van desde la misma línea de productos que le dieron origen (papel periódico o cartón), hasta empaques para huevo, cajas para motores, cancelles, entre otros.

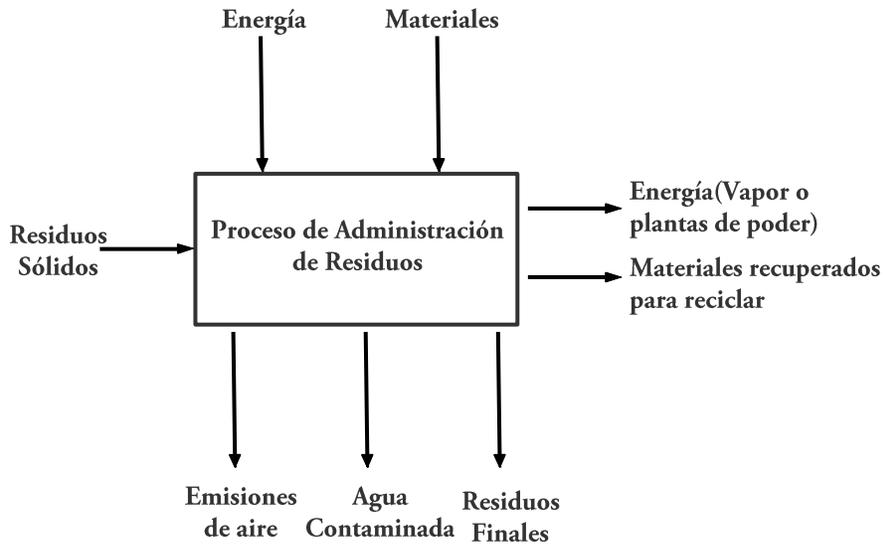
Escenarios posibles para el tratamiento

El proceso de la administración y tratamiento de los residuos urbanos puede ser esquematizado a partir de analizar los diferentes flujos de materiales y energía puestos en juego. En la figura 1. se detectan los principales flujos de materias y energía y a partir de este esquema, se puede establecer que en el proceso se consume y a la vez se puede generar energía, además, dependiendo del proceso tecnológico seleccionado, obtendremos residuos reutilizables, como así también contaminantes.

⁴ *Ibidem*, SEDESOL, 1999.

En el esquema presentado en la figura 2 se detalla el proceso genérico del tratamiento de residuos sólidos urbanos, identificando con mayor precisión las diferentes corrientes de este proceso.

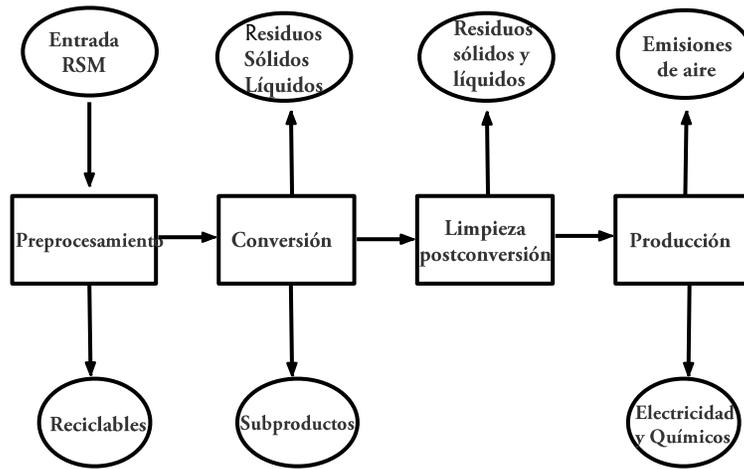
Figura 1. Proceso de administración y tratamiento de residuos



Fuente: este estudio a partir de la revisión de la literatura

La primera etapa puede ser relativamente simple (pre-procesamiento). Consiste en separar y clasificar los residuos (orgánicos, inorgánicos, papel, metales, plásticos, etc.) aunque hay que tener en cuenta el tipo de alimentación de la etapa de conversión. La segunda etapa es donde se produce la conversión. La unidad de conversión puede producir una serie de subproductos (dependiendo de la tecnología utilizada), algunos de ellos pueden ser ofrecidos en el mercado y otros deben ser depositados en tiraderos especiales.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de residuos



Fuente: este estudio a partir de la revisión de la literatura

Por lo general las unidades de conversión requieren a continuación otras etapas de procesos antes que el producto pueda ser usado, (v.gr. limpieza de la corriente de salida a través de otros tratamientos) En algunos casos el producto final es biogás o syngas que son utilizados en plantas de generación de energía eléctrica.

2.1. Análisis y selección de tecnologías

Para llevar a cabo el propósito definido en el objetivo, es conveniente situar la tecnología a evaluar en un contexto amplio, en el cual se dé cuenta de otras posibles alternativas que podrían cubrir los requisitos planteados en los objetivos, aunque el eje focal de esta exploración son las tecnologías térmicas y dentro de ellas el plasma térmico. Para tal fin, se realizó una investigación general para identificar las potenciales tecnologías, las cuales se agrupan en tres categorías: 1) tecnologías térmicas, 2) tecnologías biológicas/ químicas y 3) tecnologías físicas (que no se incluyen). En la **tabla 1** se muestran las dos principales categorías. En la **tabla 2** se establece por categoría el tipo de tecnología que podría reunir los requisitos y los posibles licenciadores relacionados con ellas.

Las tecnologías térmicas se caracterizan por operar en un amplio rango de temperaturas y la mayoría se utilizan para producir electricidad. Por otro lado, se encuentran las denominadas avanzadas no-convencionales, que tienen como productos principales la producción de gas de síntesis y energía.

2.1.1. Alternativas tecnológicas para procesar RSM

La **tabla 1** da cuenta de las principales rutas tecnológicas que podrían utilizarse como alternativas para el logro de los fines propuestos; en ella se destacan 13 opciones tecnológicas agrupadas en dos categorías mediante las cuales se pueden tratar los RSM. En la categoría correspondiente a tecnologías térmicas se encuentra a la de gasificación por arco de plasma, que es el objeto de este estudio.

Tabla 1. Categorías y alternativas para procesar RSM

Tecnologías térmicas	Reciclo térmico avanzado Pirolisis Pirolisis/gasificación Pirolisis/ con corriente de vapor Gasificación convencional/ lecho fluidizado Gasificación convencional/ lecho fijo Gasificación por arco de plasma
Tecnologías Biológicas y Químicas	Digestión anaeróbica Digestión anaeróbica/composta Etanol fermentación Gas de síntesis a etanol Biodiesel Cracking catalítico

Fuente: Ciceri, Hugo Norberto, a partir de este estudio

La **tabla 2** da cuenta de 25 tecnologías con sus respectivos licenciadores, todas procesan RSM y desechos industriales y obtienen energía y gas de síntesis como subproductos principales. Sus escalas de procesamiento varían entre las 100,000 Tpa a las 3000,000 Tpa. Su eficiencia térmica medida en kWh/T varían entre los 250-700 kWh/T dependiendo del tipo de alimentación, el poder calorífico de la misma y la opción tecnológica seleccionada; finalmente, el costo de capital que es función de la tecnología, de las consideraciones del diseño y del tamaño de la planta, se encuentra en un rango de 270 a 600 (dólares/tonelada)⁵. En la mayoría de los casos los datos corresponden a tecnologías probadas.

Otro dato importante es el volumen y la naturaleza de los residuos post-proceso, los cuales dependen de la tecnología y la composición de la alimentación; por ejemplo, la tecnología utilizada por Ebara que procesa 100,000 Tpa de RSM tiene dos residuos principales: slag 11,300 Tpa y 1,230 Tpa, de metales que deben ser manejados posteriormente y su rendimiento es de 376 kW/T.

⁵ Todos los datos exhibidos son preliminares.

Tabla 2. Tecnologías y licenciadores por categorías

Clasificación	Tecnología	Licenciador
Biológica	Aeróbica composta	Wright Environmental Management, Inc
Biológica	Aeróbica composta	American Bio- Tech
Biológica	Aeróbica composta	Horstmann Recyclingtechnik GmbH
Biológica	Anaeróbica digestión	Canada Composting, Inc. (CCI)
Biológica	Anaeróbica digestión	Valorga S.A.S
Biológica	Anaeróbica digestión	Organic Waste System, N.V. (OWS)
Biológica	Anaeróbica digestión	ISKA GmbH
Biológica	Anaeróbica digestión	Arrow Ecology, Ltd. (Arrow)
Térmicas	Anaeróbica digestión	Citec
Térmicas	Anaeróbica digestión	Global Renewables/ISKA
Térmicas	Térmicas	Changing World Technologies
Térmicas	Gasificación	Primenergy (RRA)
Térmicas	Gasificación	Omnifuel/Downstren Systems (Omni)
Térmicas	Gasificación	Whitten Group/Entech Renewable Energy System
Térmicas	Gasificación	Energy Products Idaho
Térmicas	Gasificación	Ebara
Térmicas	Sistemas de reciclo térmico avanzado	Consutech Systems, LLC
Térmicas	Sistemas de reciclo térmico avanzado	Seghers Keppel Technology, Inc.
Térmicas	Sistemas de reciclo térmico avanzado	Waste Recovery Seattle, Inc.
Térmicas	Sistemas de reciclo térmico avanzado	Basic Envirotech, Inc.
Térmicas	Sistemas de reciclo térmico avanzado	Covanta Energy, Corp.
Térmicas	Pirólisis/reformado vapor	Brighstar Environmental
Térmicas	Pirólisis	WasteGen Ltd/ Tech Trade
Térmicas	Pirólisis	Taylor Recycling Facility
Térmicas	Pirólisis/gasificación	Interstate Waste Technologies/Termoselect

Fuente: Ciceri, Hugo Norberto, a partir de este estudio

3.1. Tecnologías de plasma y tratamiento de residuos

3.1.1. Los orígenes de la tecnología

La literatura revisada sugiere que el impulso para utilizar la tecnología de plasma (TP) con la finalidad de recuperar la energía se inicia en los 70s con la llamada crisis de la energía. Aunque hay que reconocer que esta tecnología cuenta con antecedentes más antiguos, como la soldadura y la producción de acetileno. Las aplicaciones de la TP se extienden con bastante rapidez cuando se desarrollan y mejoran las geometrías de las antorchas de plasma que permiten obtener calentamiento de gases con altas entalpías⁶. Durante la década de los 60s, los “sistemas de plasmas térmicos” se aplicaron al procesamiento de metales para la reducción del oro —retiro de impurezas—, recuperación de metales, etc. La aplicación del plasma térmico (PT) también se extiende al tratamiento de residuos peligrosos —desechos nucleares, de armamentos y municiones entre otros—. Al respecto, son varias las agencias que se ocupan de realizar investigación sobre el particular, por ejemplo: la Environmental Protection Agency (EPA) celebra varios convenios en ese sentido con Plasma Energy Cooperation. Otros esfuerzos son realizados por el estado de New York, que

⁶ Gross, Boleslav, Bronislav Gycz, et. al, 1968; Raize, Yuri P., 1987; Mac Rae, D.R, 1989, (Supplement); International Union for Electroheat, 1992; Roth, J Reece, Raizer, 1995.

concentró su investigación en la tecnología de plasma para tratar PCBs y otros solventes. Paralelamente, varios prototipos para el tratamiento de desechos fueron construidos y probados en el sector privado. La Marina de Estados Unidos hizo varias pruebas para tratar desechos provenientes de sus buques mediante un programa que incluyó la compra de un laboratorio que le permitió crear prototipos e investigar el tratamiento de los desechos producidos por sus barcos, como se mencionó antes mediante arco de plasma.

La literatura revisada nos sugiere que el interés fue y es creciente para extender la frontera de aplicación de la Tecnología de Plasma Térmico⁷ (TPT). Esto de alguna forma afecta las esferas legales, regulatorias, de monitoreo y de las operaciones comerciales entre otras. Un área de interés es la del tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU) en competencia con otras tecnologías.

Teniendo presente el objetivo de este Reporte, es conveniente describir y caracterizar la TPT como una tecnología emergente —no nueva— con potencial aplicación a los RSU y que a su vez comienza a redefinir importantes nichos de nuevos negocios.

3.2. Métodos para la generación de plasmas térmicos

El inicio de la investigación de plasmas térmicos comienza en 1800, cuando la provisión de fluido eléctrico estable facilita la aplicación de plasmas térmicos en la industria. El primer éxito comercial fue logrado por Siemens, al aplicarlo a los hornos de arco en 1778⁸. El plasma térmico para ser generado requiere de las siguientes condiciones:

- a) Una fuente eléctrica y un circuito capaz de generar y sostener el plasma al nivel de poder deseado.
- b) Una fuente estable de gases o gas, usualmente monoatómicos o biatómicos, tales como helio, argón o nitrógeno. También se usan moléculas más complejas como benceno, etileno y otros, dependiendo de la aplicación.
- c) Un hardware apropiado, entre los que se destacan el electrodo, que es comúnmente llamado antorcha.

Por lo general, la configuración de dos electrodos ha sido la más usada. A éstos se les aplica un potencial eléctrico y el gas a “plasmatar” es introducido entre ellos. Como los dos electrodos están cercanos, el gas es ionizado y el plasma se forma. La separación ente los electrodos depende de la diferencia de potencial eléctrico. Esta configuración ha sido muy usada en equipos que operan a presión atmosférica, hasta aquellos que lo hacen a cuatro o cinco veces esta presión y para varios tipos de gases. Los diseños más actuales incluyen diversos métodos de arranque de la antorcha que usan corriente alterna (CA) o corriente continua (CC) y pueden tener electrodos múltiples. Unos de

⁷ Un plasma es considerado como “térmico” si éste se encuentra cerca del equilibrio térmico. Por otro lado, el equilibrio térmico se define así cuando los electrones e iones del plasma tienen la misma temperatura. En el caso de los denominados *Non-Thermal Plasma* la temperatura efectiva de los electrones es considerablemente más alta que las de los iones, tal como ocurre en una lámpara fluorescente.

⁸ Gross, Boleslav; Feiman, Jerome, 1968; Roth Reece, 1995.

los principales problemas que tienen las antorchas es el desgaste que sufren los electrodos por erosión debido al alto flujo de corriente y al ataque de tipo químico⁹.

Desde 1878 ha habido numerosas variaciones sobre los componentes que integran la antorcha de plasma y el diseño de ésta, la forma de iniciar el plasma y todo el sistema de integración¹⁰.

Por otro lado, hay dos categorías de antorchas de corriente continua enfriadas con agua y que se clasifican por su modo de operación, éstas son de arco-transferida y arco-no-transferidos.

El diseño de arco transferido contiene sólo un electrodo en la antorcha y el material que va a ser procesado cumple la función del otro electrodo. La antorcha es posicionada sobre el material a procesar y en la medida que el material se va fundiendo, el material se hace eléctricamente conductor, luego la antorcha va cambiando su posición inicial.

Este tipo de operación funciona bien para procesos metalúrgicos, vitrificación de residuos con compuestos inorgánicos o mezcla de inorgánicos y orgánicos. Este proceso también se puede hallar en corte de metales y soldaduras. Otro aspecto es que el electrodo de la antorcha puede ser cátodo o ánodo, pero lo importante aquí es que la tasa de erosión del cátodo es 100 veces más alta que la del ánodo. Lo más lógico es usar el cátodo en la antorcha y el ánodo en el material a ser procesado¹¹.

El diseño de antorcha de arco no-transferido tiene ambos electrodos en la antorcha y el arco se inicia mediante algunos de los siguientes tres métodos:

- 1) Con un electrodo de sacrificio que es colocado cercano a uno de los electrodos.
- 2) Con un electrodo de arranque cercano a uno de los electrodos, con el cual se ioniza el gas con un potencial de unos 1,000 volts. Una vez que el arco de plasma es iniciado el electrodo es separado.
- 3) Un circuito de alta frecuencia puede ser usado para iniciar el plasma.

⁹ Raizer, Yuri P; Roth, J Reece.

¹⁰ Simmons, Orien, W, 1953; Gage, Robert M, 1958; Kane, J.S., and Peter R. Shaefer, 1966.

¹¹ Gauvin, W.H, 1989.

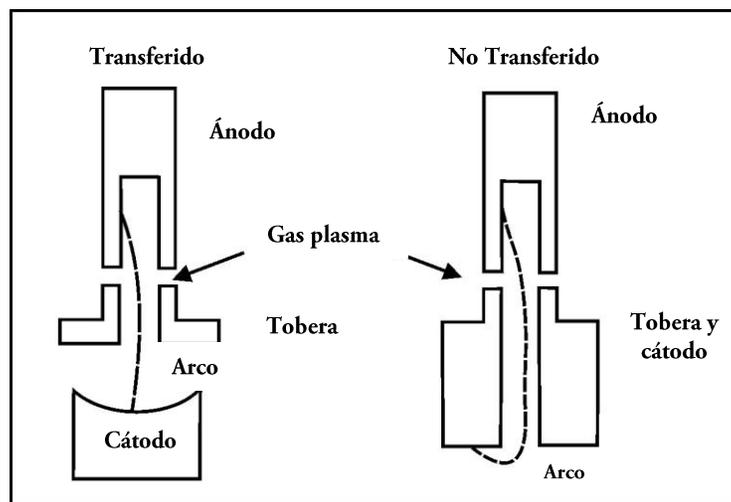
3.3. El diseño de antorchas de plasma para procesamiento de desechos

El diseño de la antorcha es un factor clave en la tecnología para procesar desechos, por lo que a continuación se presentan los diseños básicos y el origen de los mismos. El primer diseño de antorcha fue el utilizado por Siemens 1878-1923 para hornos de fundición y se utilizó una antorcha de arco-no transferido *Union Carbide Plasma Arc Furnace* 1958-1963 utiliza antorchas de arco no transferido, las cuales fueron usadas para el procesamiento de metales. También *Huls Corp.* utilizó antorchas que fueron diseñadas para la producción de acetileno e hidrocarburos livianos.

Las antorchas de plasma se construyen bajo dos diseños básicos, el diseño más conocido es tipo soldadura —*weld-type*— o de electrodo tubular —*hollow*— que descende del diseño básico de *Union Carbide*¹².

El segundo diseño básico es derivado del sistema no-transferido de *Union Carbide*. Las referencias más destacadas que marcan el sendero innovativo¹³ son numerosas y se enfocan a los siguientes aspectos: propuestas de aleaciones que incluyen cobre, plata y aluminio, para soportar las altas temperaturas y la fricción del gas (aire, monóxido de carbono, etc.), modificaciones mecánicas a los diseños, diseños anulares, planares, de tal modo de incrementar la vida útil de la antorcha y su rendimiento.

Figura 3. Diseños básicos de antorchas



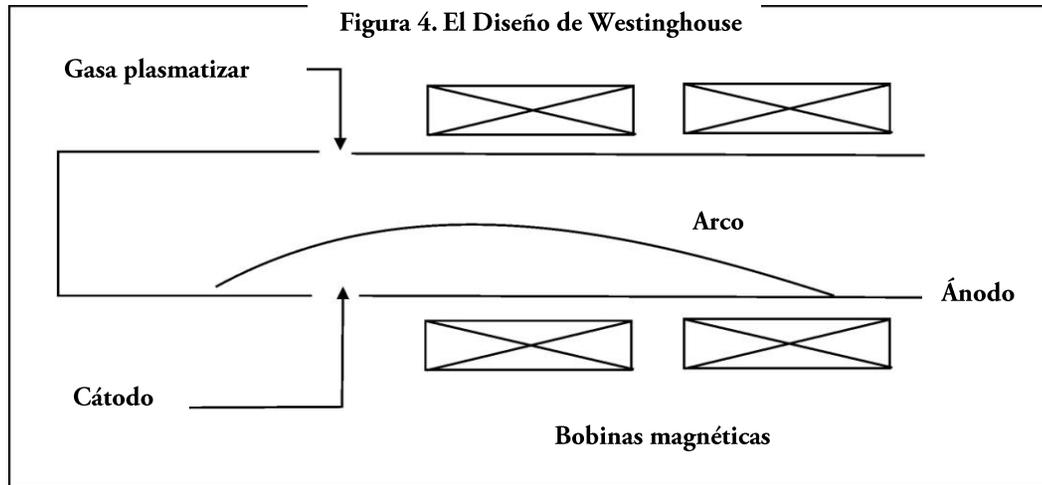
Fuente. Ciceri, Hugo Norberto, a partir de este estudio.

¹² Eschenbach, Richard C, 1966; Schoumaker, Henry R.P.J, 1974; Manabe, Tosikatu, et.al 1971; Camacho, Salvador L, et. al, 1986; Schlienger, Max P, 1990; Tsantrizos, Peter, et. al, 1992; Haun, Rob E, et. al, 1993; Hanues, Gary J., et. al, 1994, Ivanov, Vladimir, et. al, 1996; Sakuragi, Shunichi, et. al, 1997.

¹³ Eschenbach, Richard C, 1966; Wolf, Charles B, et. al, 1968; Houseman, John, 1970; Wolf, Charles B, et. al, 1967; Ramakrishnan, Subramania, et. al, 1974; Dyos, Gordon Thomas, 1974; Bebbber, Hans J. et. al, 1987; Camacho, David P, et. al, 1986; Marhic, Gerar, et. al, 1986; Wolf, Charles B, et. al, 1985, Pasquini, Pierre, et. al, 1989; Ponghis, Nikolas G, 1986; Brouet, Michel G., 1987; Labrot, Maxime Didier Pineau, et. al, 1990; Labrot, Maxime et. al, 1992, Wolf, Charles B, et. al, 1991; Labrot, Maxime Didier Pineau, et. al, 1993.

Los dos diseños han sido exitosos en términos de duración de la vida útil de las antorchas y de la estabilidad del plasma. La **figura 3** muestra los dos diseños básicos de antorchas: a) transferida y b) no-transferida. En ambos tipos, transferida y no-transferida, el gas es inyectado tangencialmente y el vórtice que se forma ayuda a mover el arco alrededor del ánodo; este movimiento reduce la erosión y por lo tanto extiende la vida útil del ánodo.

En el caso de las antorchas no-transferidas la necesidad de extender la vida del electrodo es y ha sido una prioridad. Westinghouse y otros han desarrollado un electrodo tubular-coplanar el cual cuenta con una rotación magnética del arco que se adiciona a la vorticidad del gas y reduce el desgaste del electrodo¹⁴. En la **figura 4** se muestra este diseño en una forma simplificada. La duración y el mantenimiento de la antorcha es una cuestión clave, en algunos casos se documentan entre 2,000 a 2,300 horas de uso en operaciones de alto poder, es decir mayores a 259 KW. La investigación y los desarrollos seguramente seguirán avanzando y esta situación mejorará y con ello se estará elevando la eficiencia del proceso. Sin embargo, es un punto crítico que debe ser sopesado adecuadamente con el licenciador.



3.4. El tratamiento de desechos mediante plasma térmico

Como se comentó al inicio de esta sección la TPT ha sido aplicada con éxito en diferentes aplicaciones industriales: purificación de metales, soldadura, corte de metales y producción de acetileno. También comenzó a aplicarse para procesar metales que requerían altos grados de pureza, ya que permitía separarlos de las mismas. En los 50s y 60s con los viajes al espacio se produjeron avances en el desarrollo de antorchas de plasma, debido a la necesidad de probar las cubiertas de las naves que reingresan a la atmósfera, situación que las somete a altas temperaturas. Las antorchas de plasma fueron un instrumento invaluable para simular condiciones extremas de temperatura.

Con algunas modificaciones los procesos utilizados para procesar metales comienzan a ser aplicados a residuos peligrosos ya que este procedimiento provee una fuente de calor muy alta que

¹⁴ Wolf, Charles B., *et. al*, 1968; Wolf, Charles B, *et. al*, 1967, Heberlein, Joachim V.R, *et. al*, 1985; Brouet, Michel G., 1987; Pasquini, Pierre, *et. al*, 1989; Bellan, Paul M., 1989; Wolf, Charles B, *et. al*, 1991; Labrot, Maxime, 1992; Pasquini, Pierre, *et. al*, 1994.

separa los compuestos orgánicos (gasifica) y los inorgánicos que se funden. Los gases con componentes orgánicos deben ser tratados posteriormente, pero la tecnología para hacerlo es conocida. Entonces este sistema permite introducir una mezcla de desechos orgánicos e inorgánicos y destruir los contaminantes mientras se recuperan los metales. A pesar de estas capacidades son pocas las unidades concebidas con la TPT para procesar RSM. En este caso es necesario puntualizar que esto se debe a la dificultad para obtener una ventaja económica clara sobre las otras tecnologías y sobre los reservorios que se utilizan para depositar los residuos municipales. Si bien esto es cierto, se puede afirmar que hay circunstancias especiales que han permitido la aplicación de esta tecnología y éstas son: requerimientos de movilidad, por ejemplo: en buques de pasajeros o militares, tratamiento de desechos nucleares, tratamiento de desechos peligrosos (no radiactivos) y armas químicas, entre otros. Para tratar estos tipos de desechos se establecieron varios proyectos que es pertinente mencionar, ya que son el inicio de experiencias relacionadas con esta evaluación y de las compañías que participaron.

- a) El primer proyecto ocurrió en la década de los 80s y fue auspiciado por el Departamento de Conservación Ambiental de la Ciudad de Nueva York y el objetivo fue desarrollar un sistema móvil para tratar desechos líquidos peligrosos.
- b) El segundo proyecto es el que corresponde al tratamiento para la vitrificación de residuos peligrosos en Muttentz, Suiza que fue operado por MGC Plasma y construido por Retech (Una división de Lockheed Martin Advanced Environmental Systems).
- c) El tercer proyecto fue concebido para un sistema de vitrificación de cenizas que fue construido en Japón por Plasma Energy Corporation.

3.4.1. El proyecto Nueva York

Las tareas de recuperación y limpieza del *Love Canal* de residuos contaminantes tuvo como consecuencia que cientos de galones de un compuesto en fase líquida —no acuosa— que contenían contaminantes químicos con altos niveles de dioxinas se fueron acumulando periódicamente. Estos residuos se constituyeron en una de las preocupaciones de las autoridades. Además, las autoridades federales impedían el traslado de estos residuos a otros lugares debido a las regulaciones vigentes, por lo que debían ser tratados *in situ*. El Dr. Nick Kola del *New York State Department of Environmental Conservation (NYSDEC)* buscando alternativas para manejar el problema propuso desarrollar un sistema de tratamiento basado en la TPT. Aunque se enfrentó al inconveniente del elevado costo, en este caso para justificar el costo, se mencionó que el mismo equipo podría trasladarse y ser usado para tratar otros residuos peligrosos dentro de la ciudad de NY. El sistema debía reunir características tales que cumpliera con las regulaciones del *NYSDEC* y la *USEPA*. El diseño final fue un equipo *Westinghouse Mark 11* con una antorcha de plasma no-transferida. El sistema móvil fue operado por *Pyrolysis System, Inc, Kisngton*, (Ontario, Canadá) bajo contrato de *NYSDEC*. Los *tests* fueron exitosos y cumplieron los requisitos regulatorios en un 99.9999 %¹⁵. Luego de varias pruebas y diversos tests, el sistema fue transportado al *Love Canal*, pero los permisos de operación no fueron concedidos. El sistema desarrollado fue entonces adquirido por *Plasma Pyrolysis Systems, Inc*.

¹⁵ Kolak, Nicholas P., *et. al*, 1987 pp 37-41; Gollands, Marck, *et. al*, 1987.

3.4.2. El proyecto Muttenz Suiza

En este caso el sistema fue construido por Retech Inc., como una instalación de demostración y se utilizó para tratar una amplia gama de residuos, tales como: desechos con contenidos radiactivos de niveles bajo y medios, aceites y solventes contaminados y residuos médicos, que al ser procesados, dan productos vitrificados y seguros. Las emisiones según los datos monitoreados indican que cubren los requerimientos regulatorios¹⁶.

3.4.3. Plasma en Japón

A fines de los 80s Japón se interesó en la TTP para dar solución al problema de las cenizas provenientes de la incineración de los RSU. Los espacios disponibles hacían cada vez más difícil e impráctico depositar estos residuos en ellos, además de los cambios regulatorios que hacían esta opción cada vez más limitada. Fueron Ebara Infilco y Kawasaki/ Tokyo Electric Power Company quienes se interesaron en iniciar operaciones piloto para desarrollar el proceso de vitrificación. Las corporaciones seleccionaron utilizar en sus reactores antorchas de plasma, construidas por Plasma Energy Corporation en Raleigh, North Carolina (USA). El problema fue *estudiado por aproximadamente seis años*, antes de construir una instalación a escala comercial. En 1993 una instalación de demostración fue construida por cada compañía Ebara construyó una instalación en Handa (Japón), la cual utiliza dos antorchas de 750-Kw. de arco transferidas con aire como gas de plasma. La instalación de prueba de Kawasaki/ TEPCO fue construida en Chiva y utilizaba una antorcha de arco transferida de 1.0 Mw. operada con aire como gas de plasma. Aunque ambas instalaciones se podrían caracterizar como comerciales, la primera instalación para tratar las cenizas provenientes de los RSU fue instalada en 1994 en Matsuyama por Ebara Infilco. Esta planta utiliza dos antorchas de 1.5 —Mw. de arco transferida y con aire como gas de plasma. El proceso ha sido utilizado para tratar desechos radiactivos de bajo nivel.

4.1. La evaluación de la tecnología de plasma

La tecnología de plasma térmico ha atraído a numerosos tomadores de decisiones, sean estos pertenecientes al sector público o privado, que buscan resolver los problemas de los RSU de sus comunidades. La oferta de esta tecnología aparentemente se encuentra en crecimiento ya que más de cuarenta empresas vinculadas con la TPT han sido detectadas en este estudio; algunas de ellas son licenciadores de plantas llave en mano —*turnkey plants*—, otros en cambio son proveedores tecnológicos. También y de acuerdo con la literatura disponible hay una tendencia a ingresar a este sector del mercado de más oferentes al percibir posibilidades de expansión del mismo, ya que es un negocio de miles de millones de dólares, es decir es un sector que ofrece múltiples oportunidades de negocios. El interés de trabajar con las tecnologías de plasma térmico se ha extendido a Europa, los Estados Unidos y América Latina, entre otros. En la evaluación y selección que se realiza en las secciones siguientes se abordaran diversos aspectos en los que se establecerá una posición respecto de esta tecnología, buscando establecer las ventajas y desventajas que ofrecen las mismas desde el punto de vista tecnológico.

¹⁶ Funfschilling, M.R., *et. al*, 1992; Hoffelner, W., *et. al*, 1992; Hoffelner, W., *et. al*, 1994.

Sin embargo, los principales interrogantes a resolver en esta evaluación son: *a)* qué ventajas ofrece la TPT; *b)* cuántos tipos de procesos se conocen y cuáles son sus características esenciales; *c)* cuáles son los objetivos de estos procesos y *d)* quiénes ofrecen esta tecnología.

Los promoventes de esta tecnología ofrecen entre otras las siguientes ventajas: alta eficiencia en la destrucción de residuos de todo tipo; recuperación de productos comercializables y proceso auto sostenible energéticamente.

4.2. El modelo de evaluación

En esta evaluación se han seguido los siguientes pasos: *a)* recolección de información relevante de licenciadores y tecnólogos, *b)* depuración de la información, *c)* análisis preliminar de las tecnologías a ser consideradas, *d)* procesamiento de la información, *e)* detección de los factores y parámetros a evaluar, *f)* comparación de los datos ordenados y clasificados que son analizados y valorados.

Utilizando el enfoque de sistemas se involucran varias áreas entre las que se encuentran los aspectos *técnicos del proceso*, y *los complementarios* que son los que corresponde evaluar en este informe.

4.2.1. Aspectos técnicos del proceso

En esta área se consideran las características de la tecnología desde el punto de vista del proceso y se trata de diferenciar entre las distintas alternativas –si las hay– tecnológicas ofrecidas en el mercado estableciendo las ventajas y desventajas y teniendo en cuenta los principales parámetros tecnológicos, el techo tecnológico, la curva de madurez de la tecnología, así como los impactos que puede tener la adopción de la misma. (Siempre y cuando se cuente con los datos correspondientes).

4.2.2. Aspectos técnicos complementarios

Esta área tiene relación con la anterior y agrupa los criterios que tienen efectos sobre los riesgos de adquirir la tecnología en cuestión, desde el punto de vista del funcionamiento, de la experiencia de los licenciadores y tecnólogos, la capacidad organizacional de los mismos y el contenido del paquete tecnológico en general –siempre que sea posible.

5.0. El mercado de tecnología de plasma térmico

En este apartado se analizan los elementos que componen el mercado de tecnología, es decir se identifican: las empresas, los tecnólogos, licenciadores, vinculados con la TPT. Además se establece una caracterización de cada uno de ellos, identificando el tipo de tecnología/,proceso que ofrecen y el mercado al que está dirigido. Las empresas del sector identificadas de interés preliminar para este estudio suman un total de 19; algunas de ellas son filiales de grupos económicos que tienen giro de negocios distintos al área ambiental, por ejemplo los bienes raíces. La mayoría de las

empresas que forma el *corpus* indicado en la tabla No. 3 tienen actividad de Investigación y Desarrollo Experimental (I&DE) y cuentan con instalaciones de prueba y demostración de sus correspondientes sistemas, además de patentes propias y/o adquiridas. Otro rasgo distintivo es que son empresas pequeñas, integradas en algunos casos por científicos provenientes de instituciones gubernamentales como NASA y agencias de protección ambiental. Otro elemento destacado es que cuentan con experiencia en aplicar sus sistemas a residuos peligrosos, sean estos radioactivos, industriales o cenizas provenientes de la incineración, entre otros. Sin embargo, no se ha detectado experiencia significativa en el procesamiento de RSM y obtención de energía a partir de ellos. En la próxima sección se detallará a cada una de las empresas que componen el *corpus* de esta investigación.

5.1. Principales empresas, tecnólogos y licenciadores

En la **tabla 3** se enlistan las empresas. Se hace notar que la mayoría son estadounidenses, otras canadienses, y una francesa como es el caso de Europlasma. Algunas de ellas han cambiado su denominación debido a procesos de adquisición o fusión. El perfil tecnológico de cada una de ellas se establece a continuación.

Tabla 3. Posibles licenciadores Plasma Térmico

-
- ♦ Arc Technologies, Bio Arc, Vance IDS
 - ♦ Disposal Systems (HI Disposal)
 - ♦ Enersol Technologies, Vanguard Research Incorporated (VRI)
 - ♦ Europlasma
 - ♦ Forevergreen Enterprises
 - ♦ Integrated Environmental Technologies (IET)
 - ♦ Kinectrics, Plasma Environmental Technologies (PET)
 - ♦ Nuvotec
 - ♦ Phoenix Solutions Company, Plasma Energy Corporation (PEC)
 - ♦ Plasco (anteriormente Resorption Canada Limited, RCL)
 - ♦ Plasma Energy Applied Technology (PEAT)
 - ♦ Plasma Environmental Technologies (PET)
 - ♦ Pyrogenesis
 - ♦ Retech System
 - ♦ Solena, Global Plasma Systems Corporation (GPS)
 - ♦ Startech Environmental
 - ♦ TSS International, S. A. de C.V. Monterrey (N.L)
 - ♦ Westinghouse Plasma (Recovered Energy Inc.)
 - ♦ Westinghouse Plasma Corporation (WPC)
-

Fuente: Este estudio a partir de fuentes diversas

5.2. El perfil tecnológico (Tecnología/Tecnólogos/Licenciadores)

En esta sección se presentan las principales tecnologías, licenciadores y tecnólogos de interés para este estudio, identificando elementos tales como: instalaciones en funcionamiento y su situación, tipo de tecnología y el propósito para las que fueron diseñadas. Las fuentes para la obtención de la información fueron múltiples. Por otro lado, este perfil se complementa con la información proveniente del estudio de las patentes que fueron volcadas en los mapas tecnológicos que forman parte de este estudio y que se anexan.

- **Arc Technologies, Bio Arc, Vance IDS (USA)**

Este tecnólogo ofrece una tecnología de proceso denominada *Incandescent Disposal System (IDS)* que utiliza varias antorchas de plasma en cámaras múltiples. Esta tecnología se utiliza para el tratamiento de desechos de tipo hospitalario en unidades móviles.

- **Enersol Technologies, Vanguard Research Incorporated (VRI, USA)**

Utiliza un proceso denominado *Plasma Energy Pyrolysis (PEPS)*, el cual utiliza antorchas de plasma no-transferidas. Inicialmente el proceso fue diseñado para la destrucción de desechos militares e industriales.

- **Enviroarc (Noruega)**

Esta compañía promueve un proceso denominado *Pyroarc* el cual es utilizado para obtener gas de síntesis. También tiene los derechos sobre el proceso denominado *Vitroarc* que utiliza la tecnología de plasma para la vitrificación de cenizas.

La tecnología de *Pyroarc* fue desarrollada en conjunto con la compañía sueca *Scanarc*. El proceso *Pyroarc* está operando en Noruega en dos instalaciones, una para el tratamiento de desechos provenientes de la curtiembre y otra para fundir y reciclar acero.

- **Europlasma (Francia)**

Desarrolla y comercializa antorchas de plasma no-transferida y sistemas para vitrificar y fundir cenizas y residuos peligrosos. La tecnología se está comenzando a utilizar en cuatro instalaciones en Japón para vitrificación de cenizas. También ha construido una instalación en Bordeaux, Francia, para procesar mezclas de residuos inorgánicos incluyendo asbestos. En el 2000, Europlasma firmó un acuerdo de licencia con *Kobe Steel* (Japón) y en 2002 un acuerdo similar con Hitachi Zosen en Japón.

- **Geoplasma (USA)**

Es una subsidiaria de Jacoby Development Group. Promueve un sistema de gasificación por plasma y en sus referencias¹⁷ cita a Westinghouse como plantas de referencia en Japón, por lo que se supone que el reactor de plasma que propone para tratar los RSM es la tecnología que pertenece a Westinghouse. La investigación en torno a esta compañía no arroja información que permita suponer que cuente con instalaciones propias, aunque recientemente ha propuesto una planta de 360,000 Tpa para tratar RSM en Toronto, Canadá. También en junio de 2006 anunció que St. Lucine Country en Florida, USA, autorizó contratar con Geoplasma una instalación de gasificación por plasma para tratar 3000 Tpd. Información no Validada (INV).

¹⁷ <http://www.geoplasma.com/> consultado el 18/11/ 2006 y revisado en agosto de 2008.

- **Hawkings Industries Disposal Systems (HI Disposal, USA)**

Esta compañía promueve un proceso tecnológico conocido como PBPV (Plasma-Base Pyrolysis/Vitrificación). La compañía cuenta con una instalación de 34 Tpd en Indianápolis para procesar desechos médicos, farmacéuticos y residuos peligrosos pero no se reportan instalaciones a nivel comercial.

- **Integrated Environmental Technologies (IET, USA)**

El sistema de proceso de gasificación que utiliza se denomina Plasma Enhance Melter (PEM) y es uno de los pocos que usa un plasma de arco transferido con electrodos de grafito. Tres instalaciones de tipo comercial están operando en USA y en Japón, el rango de capacidad va de 4 Tpd (1200 tpa) a 10 tpd (3000 tpa) y tienen como alimentación los residuos médicos u hospitalarios e industriales.

- **Nuvotec (USA)**

Ha desarrollado un sistema llamado ICP (Induction Couple Plasma) el proceso fue desarrollado para tratar desechos industriales, nucleares y aquellos provenientes del área de la defensa¹⁸. Ha comenzado a posicionarse en el área de la propiedad industrial y registra estas solicitudes de patentes: WO 2005/007565 *Continuous production of carbon nanomaterials using a high temperature inductively coupled plasma*, WO 2004/112447 *inductively coupled plasma/partial oxidation reformation of carbonaceous compounds to produce fuel for energy production*.

- **Plasma Energy Applied Technology (PEAT) (USA)**

PEAT cuenta con un sistema de gasificación por plasma conocido como TDR (Thermal Destruction and Recovery) que usa vapor. La compañía tiene una unidad de demostración para residuos peligrosos en USA y ha proveído la tecnología para dos instalaciones en Taiwan. Una planta está diseñada para tratar 5 tpd para desechos sólidos, la segunda planta es de 10 tpd.

- **Phoenix Solutions Company, Plasma Energy Corporation (PEC)**

Muestra liderazgo en la construcción y desarrollo de antorchas de plasma, su tecnología ha comenzado a usarse en un número de plantas para la vitrificación de cenizas en Japón.

Patentes significativas:

US 2006185246 *Integrated whole bale feed plasma pyrolysis gasification of lignocellulosic feed stock*, 6,841,134 *Electrically-heated chemical process reactor*, 6,642,472 *Plasma thermal processing system having carbon sensing and control*, 5,534,659 *Apparatus and method for treating hazardous waste*, 5,214,264 *Plasma torch front electrode*, 5,143,000 *Refuse converting apparatus using a plasma torch*, 4,694,464 *Plasma arc heating apparatus and method*, 4,587,397 *Plasma arc torch*, WO 2006/041980) *plasma arc collimator design and construction*.

¹⁸ <http://www.nuvotec.com/plasma.html>, consultado el 10/06/2006.

- **Plasco Energy (anteriormente Resorption Canada Limited (RCL) (Canada)**

Utiliza un sistema de plasma térmico que se compone de antorchas no-transferidas, inicialmente desarrollado para tratar desechos industriales, médicos y RSM. Esta empresa fue formada en 2005 a partir de dos compañías. RCL Plasma y Plasma Energy Corporation. En junio de 2006 recibió la aprobación para construir una instalación piloto de 85 tpd (25,000 tpa) en colaboración con el gobierno de Ottawa, Canadá. Patentes significativas: n/a en US; wo 2004/072547 *multiple plasma generator hazardous waste processing system*, wo 1994/004631 *municipal solid waste disposal process*.

- **Plasma Environmental Technologies (PET) (Canada)**

Esta compañía maneja dos sistemas PARCOM¹⁹ (Plasma Arc Conversion) que es el primer desarrollo de la compañía y el PAG²⁰ (Plasma Assisted Gasifier). Parcon fue diseñado para ser usado como un equipo móvil y se utiliza para residuos líquidos y gaseosos. El PAG fue desarrollado en cooperación con Kinectrics y se encuentra a nivel de escala piloto para recobrar energía de los desechos. El PARCOM consta de un reactor cilíndrico, la temperatura en la parte superior del reactor es de 3,500 °C donde el gas o los residuos son ingresados, la temperatura desciende en la zona de reacción a unos 1500 °C.

- **Pyrogenesis (Canada)**

Utiliza un sistema de plasma térmico no transferido y tiene un amplio uso, en plásticos, aceite de motores, solventes ente otros. La tecnología que promueve se denomina *Plasma Gasificación y Vitrificación Furnace* también conocida como *Plasma Resource Recovery System (PRRS)*²¹. El proceso usa electrodos de grafito seguido de un plasma con eductor (eyector de fuego) que se utiliza para crear condiciones ideales de reacción mezclando la corriente de salida de los gases. Este proceso es precursor del Plasma Gasificación y Vitrificación Furnace (PGVF). También promueve un sistema de baja escala llamado Plasma Arc Waste Destruction System (PAWDS) que fue diseñado para usar en buques en colaboración con la Marina de Estados Unidos (US Navy). La compañía ha operado una unidad de 2 tpd en Montreal. También se anunció en 2003 una instalación de 150 tpd (45,000 tpa) en Taiwán, pero no se tiene noticia sobre la concreción de este anuncio. Cuenta con actividad en el área de desarrollo tecnológico, la cual se observa en la actividad innovadora e inventiva a través de las siguientes patentes: 6,871,604 *Conversion of waste into highly efficient fuel*, 6,159,269 *Recovery of metal from dross and apparatus therefore*, 6,152,050 *Lightweight compact waste treatment furnace* 5,958,264 *Plasma gasification and vitrification of ashes*, WO 2004087840 *two-stage plasma process for converting waste into fuel gas and apparatus therefore*, wo2004029512 *conversion of waste into highly efficient fuel*.

¹⁹ <http://www.plasmaenvironmental.com/Parcon.htm>, consultado el 10/06/2006

²⁰ <http://www.plasmaenvironmental.com/PlasmaAssistedGasifier.htm>, consultado el 10/06/2006.

²¹ http://www.pyrogenesis.com/archives/brochures/PRRS_190406.pdf

- **Retech System (USA)**

Concentra su área de negocios en hornos para el tratamiento de metales. La tecnología que utiliza se denomina *Plasma Arc Centrifugal Treatment System* (PACT). Cada módulo tiene una capacidad de 1 Tph. El PACT es un sistema basado en la combustión y ha sido utilizado en instalaciones en Japón, Europa y USA²² para tratar residuos peligrosos y radiactivos. Una evaluación sobre la tecnología apropiada para tratar residuos peligrosos en Australia y una comparación con otros procesos se puede ver en *Appropriate Technologies for treatment of Scheduled Wastes*, donde se comparan el *PACT System*, *Plascon* y *Startech*²³. Las experiencias y costos de operación de los procesos de las distintas versiones del PACT en la marina de los USA son tratadas con detenimiento ponderando ventajas y desventajas en el reporte de evaluación²⁴ de la Marina. Los sistemas evaluados son las versiones PACT-2, PACT-5 (transportable), PACT-8 (dos antorchas) y PACT-8 (una antorcha).

Esta empresa presenta una actividad innovativa importante en el área de su interés que se concentrada en los equipos, una innovación destacada es el desarrollo de un sistema dual (antorcha-transferida y no transferida simultáneamente); seguidamente se mencionan aquellas patentes más significativas: 6,452,129 *Plasma torch preventing gas backflows into the torch*, 6,313,429 *Dual mode plasma arc torch for use with plasma arc treatment system and method of use thereof*, 5,528,012 *Apparatus and method for starting a plasma arc treatment system*, 5,239,162 *Arc plasma torch having tapered-bore electrode*, 5,136,137 *Apparatus for high temperature disposal of hazardous waste materials*, 5,005,494 *Apparatus and method for high temperature disposal of hazardous waste materials*, 4,770,109 *Apparatus and method for high temperature disposal of hazardous waste materials*, wo 2000/012253) *Dual mode plasma arc torch for use with a plasma arc treatment system and method of use thereof*, wo 1995/026253) *apparatus and method for starting a plasma arc treatment system*, wo 1995/024290) *system for feeding toxic waste drums into a treatment chamber*.

- **Solena, Global Plasma Systems Corporation (GPS)**

Inicialmente utilizaba un proceso denominado *Plasma Pyrolysis y Vitrification* (PPV). Este concepto fue modificado para introducir la gasificación que le permite obtener gas de síntesis de buena calidad. El proceso es conocido como *Plasma Pyrolysis Gasification Vitrification* (PPGV). El 17 de enero de 2006 incorpora una patente que introduce significativas innovaciones al reactor las cuales pueden tener impactos sobre diferentes aspectos de todo el proceso. La patente en cuestión es la No. 6,987,792 *Plasma pyrolysis, gasification and vitrification of organic material*, Global plasma... WO 2003/018721 *plasma pyrolysis, gasification and vitrification of organic material*.

²² Ver: Waste Vitrification System Lessons Learned, U.S. Department of Energy, pp. 2-4, 15.

²³ CMPS&F-Environment Australia, *Appropriate Technologies for Treatment of Scheduled Wastes Review Report*, Number 4- November 1997.

²⁴ Plasma Arc Technology, Navy/Marines: IND-025-99; Air Force: HW01; Army N/A, 2001.

- **Startech Environmental (USA)**

Inicialmente su mercado era el tratamiento de residuos peligrosos, ahora se aboca al tratamiento de RSM, también su sistema de gasificación de plasma puede producir gas de síntesis e hidrógeno. La tecnología se denomina *Plasma Waste Converter (PWC)*. La compañía comercializa plantas llave en mano que pueden tratar RSM y tiene sus propias instalaciones en Bristol, Connecticut, donde opera una unidad de demostración de 5 tpd, también posee una patente clave denominada Starcell —que adquirió recientemente— que es un sistema que ha desarrollado para recuperar hidrógeno de los gases.

La compañía reporta que tiene varias órdenes de proyectos para procesar RSM en Roma (dos plantas de 50 tpd), en Milán, (Italia) y en Polonia, aunque ninguno de estos datos ha podido ser confirmado en forma independiente. En junio de 2006 anuncia que se ha formado una alianza estratégica con *Future Fuels Inc. (FFI) US company* para desarrollar un proceso para obtener etanol de los desechos de llantas de automóviles.

- **Westinghouse Plasma Corporation (WPC, USA)**

Inicialmente fue una subsidiaria de Westinghouse Corporation. En términos de tamaño es una compañía pequeña, pero cuenta con liderazgo en la manufactura de diferentes tipos de antorchas de plasma que se usan en las diferentes aplicaciones para el tratamiento de residuos. La compañía tiene su propio reactor de plasma que es utilizado para testear y realizar pruebas sobre RSM y ha desarrollado su propio sistema llamado *Plasma Direct Melting Reactor (PDMR)*, proceso desarrollado en colaboración con Hitachi Metals que operan dos instalaciones de escala media en Japón. *Westinghouse* provee la tecnología a varios licenciadores pero no ofrece plantas llave en mano (*turnkey plants*). Esta tecnología se utilizó inicialmente en procesos metalúrgicos y su diseño es capaz de tratar residuos hospitalarios, sólidos, líquidos y RSM.

La corporación cuenta con numerosas patentes en el área (equipo y proceso) sólo se hacen notar algunas de ellas: 5,004,888 *Plasma torch with extended life electrodes*, 4,998,486 *Process and apparatus for treatment of excavated landfill material in a plasma fired cupola*, 4,886,001 *Method and apparatus for plasma pyrolysis of liquid waste*, 4,870,911 *Apparatus for waste disposal and method*, 4,864,096 *Transfer arc torch and reactor vessel* 4,668,853 *Arc-heated plasma lance* 5,637,127 *Plasma vitrification of waste materials*, 5,426,003 *Method of forming a plasma sprayed interconnection layer on an electrode of an electrochemical cell*, 5,391,440 *Method of forming a leak proof plasma sprayed interconnection layer on an electrode of an electrochemical cell*, 4,998,486 *Process and apparatus for treatment of excavated landfill material in a plasma fired cupola*, 4,818,355 *Method and apparatus for removing polycyclic aromatic hydrocarbons from the exhaust of a municipal waste incinerator*.

5.3. Principales procesos tecnológicos

En función del estudio y análisis realizado que permitió identificar empresas, tecnólogos, y tecnologías, es posible ahora identificar claramente cuáles son los procesos que ofrece cada uno de los agentes comerciales tal como se muestra en la **tabla 4**.

En ella se puede apreciar que algunas compañías poseen capacidad tecnológica en más de un proceso. La mayoría de ellas son de origen estadounidense, también que el proceso de gasificación es el que la mayoría de las compañías cuentan en su cartera. Hay que destacar dos variantes tecnológicas, una la denominada *Plasma Assisted Gasifier* y la que utiliza electrodos de grafito insertados dentro del reactor para formar el plasma. A este último tipo de arreglo no se le conoce uso para el tratamiento de RSM.

Tabla 4. Empresas y procesos tecnológicos, plasma

	Compañía	Principales procesos tecnológicos			
		Combustión	Gasificación	Polishing	Vitrificación
1	Arc Technologies, Bio Arc, Vance IDS (USA)		•		•
2	Enersol Technologies, Vanguard Research Inc. (VRI, USA)		•		
3	Enviroarc (Noruega)			•	•
4	Europlasma (Francia)	•			•
5	Geoplasma (USA)		•		
6	Hawkings Industries Disposal Systems (HI Disposal, USA)		•		
7	Integrated Environmental Technologies (IET, USA)		•		
8	Plasma Energy Applied Technology (PEAT) (USA)	•••	•••	•••	•••
9	Phoenix Solutions Company, Plasma Energy Corporation (PEC)	•			•
10	Plasco Energy (Resorption Canada Limited (RCL) (Canada)		•		
11	Plasma Environmental Technologies (PET) (Canada)		••		
12	Pyrogenesis (Canada)		•	•	
13	Retech System (USA)		•		•
14	Solena, Global Plasma Systems Corporation (GPS)		•		
15	Startech Environmental (USA)		•		
16	Westinghouse Plasma Corporation (WPC, USA)	•	•		•

Nota: •• Plasma Assisted Gasifier, ••• Plasma Energy Applied Technology fue adquirida por Phoenix Solutions.

Fuente: Ciceri, Hugo Norberto a partir de este estudio.

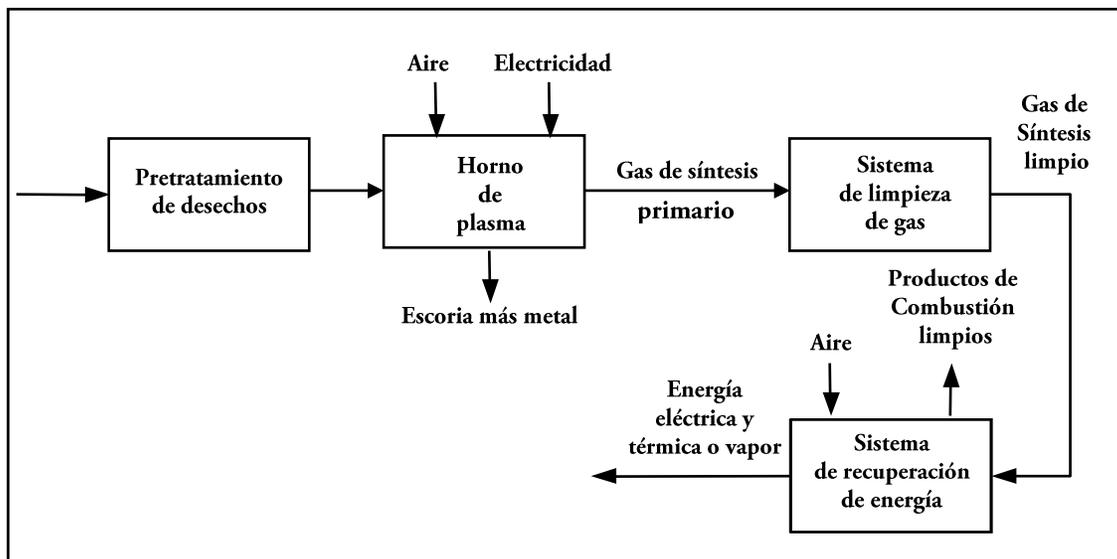
5.3.2. Configuraciones básicas de los procesos

La configuración básica del proceso de plasma térmico (PPT) para el tratamiento de RSM se muestra en la **figura 5**, en donde se presentan en un diagrama de bloques los elementos fundamentales. La parte esencial de este proceso es el reactor —u horno de plasma— el que es alimentado por los desechos previamente tratados, electricidad para la antorcha, y aire para la formación del plasma. Las temperaturas dentro del reactor son muy altas —5000 — 8000 grados centígrados lo que provoca la gasificación y vitrificación. La segunda sección es la que corresponde a la limpieza de gases (HCl y SO_x) partículas suspendidas, metales pesados y una mezcla de gas de síntesis; el tercer subsistema corresponde a la parte de recuperación de energía.

El proceso presentado en la **figura 5** puede admitir distintas configuraciones y/o arreglos tecnológicos dependiendo del producto final o del resultado buscado. Estos arreglos son: plasma pirolisis, plasma combustión, plasma vitrificación, plasma gasificación y plasma polishing.

En las **figuras 6** y **7** se presentan los esquemas de procesos con las dos variantes de plasma gasificación; estos esquemas se discutirán a continuación, pero antes es pertinente discutir brevemente el concepto de plasma vitrificación debido a que el mismo ha generado confusión.

Figura 5. Configuración básica proceso plasma térmico



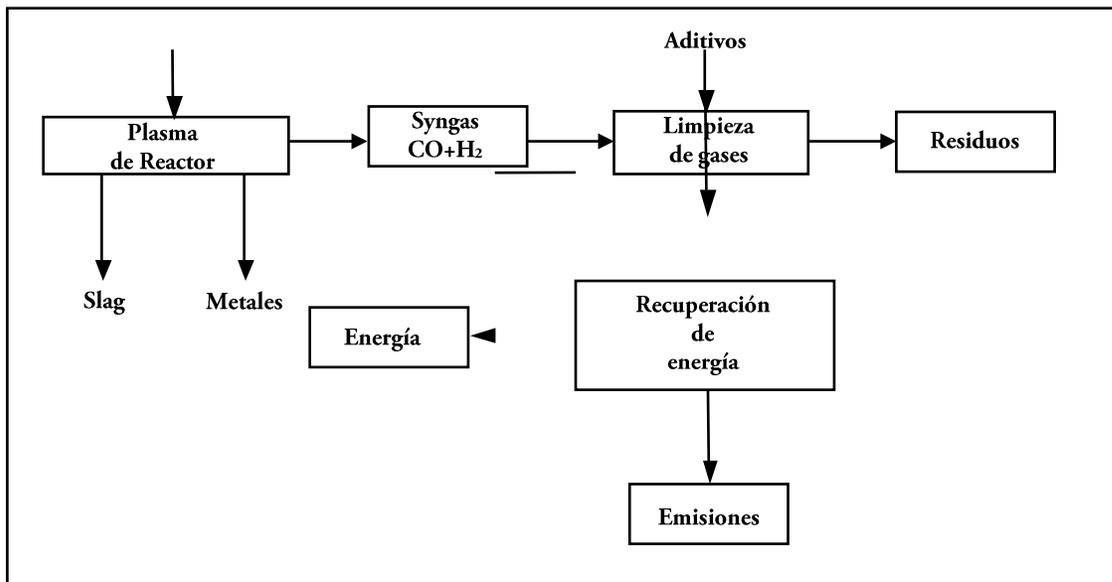
Plasma vitrificación

Hay dos tipos de plasma vitrificación, uno es el que tiene lugar cuando se procesan desechos en general y el otro cuando se procesan *solamente desechos inorgánicos* usando una antorcha de plasma, por ejemplo residuos de cenizas provenientes de la incineración de RSM. Estas son operaciones conocidas y aplicadas a escala comercial en Japón. Es por ello que algunos creen que a partir de estas experiencias la tecnología de PT ha sido ampliamente aplicada a los RSM, pero esto no es así, ya que hay una diferencia fundamental entre usar el plasma para procesar RSM en forma directa y vitrificar las cenizas provenientes de los RSM que han sido procesados por otros medios. En el tratamiento de cenizas el plasma es un proceso secundario que utiliza la alta temperatura para fundir los residuos inorgánicos; no hay combustión o gasificación en el proceso y la energía utilizada es más alta que en el proceso para transformar los RSM.

Plasma gasificación

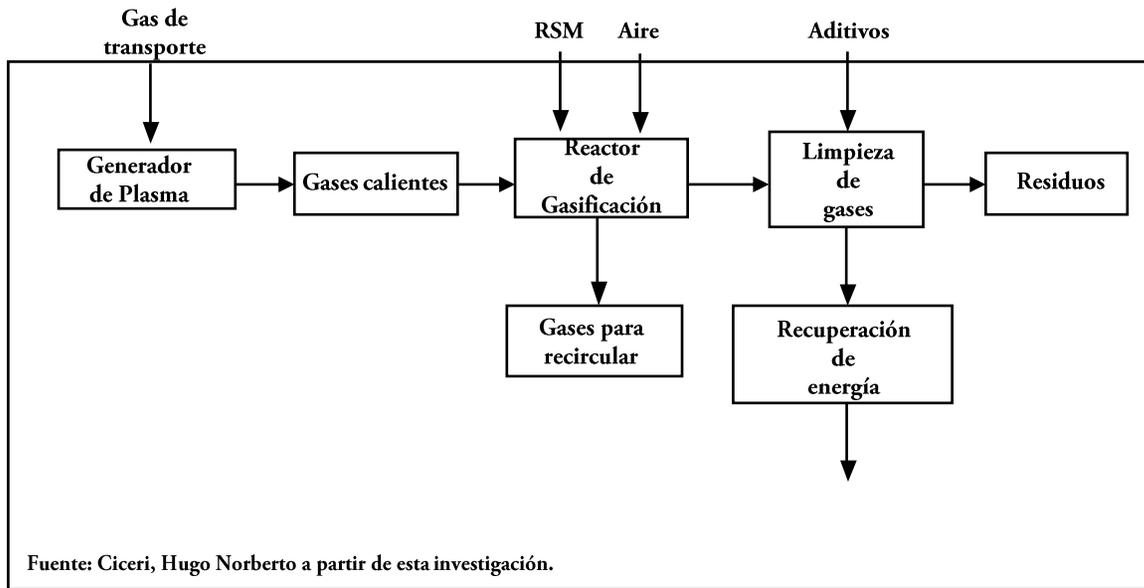
Como se indicó anteriormente hay dos configuraciones para el proceso de plasma gasificación. Una en la cual la antorcha de plasma se encuentra en el reactor donde se introducen los residuos y otra donde el generador de plasma es externo al reactor en el cual se introducen los desechos. Esta última configuración se denomina plasma con gasificación asistida. Estos procesos de gasificación son relativamente poco probados y hay pocos procesos operando a escalas comerciales, aunque hay anuncios de numerosos proyectos.

Figura 6. Esquema del proceso plasma gasificación



Fuente: Ciceri, Hugo Norberto a partir de esta investigación.

Figura 7. Esquema del proceso de plasma con gasificación asistida.



Hay dos plantas a nivel comercial en Japón que utilizan plasma con gasificación asistida construidas por *Hitachi Metals* usando tecnología de *Westinghouse* para procesar RSM. Una planta de demostración fue construida en 1999 en Yoshii, Japón con una capacidad de 24 Tpd (7,200 Tpa). En 2003 la primera planta comercial la cual tiene una capacidad de 166 Tpd (50,000 Tpa) fue construida en Utashinai, Japón. Esta planta que fue construida para procesar RSM está operando con una mezcla de RSM y Residuos automotrices (*Auto Shredder Residues*) La otra planta en Japón es la de Minamata-Mikata y tiene una capacidad de 24 Tpd. Además habría que agregar que estas plantas operan en forma periódica y no en forma continua. La racionalidad del proceso con gasificación asistida es no exponer a las antorchas a los gases corrosivos que se producen en el reactor, lo cual tiene como desventaja la pérdida de temperatura y de transferencia de calor a los residuos.

6.0. Tecnología de plasma y atributos controversiales

En este apartado se examinan los argumentos esgrimidos a favor y en contra respecto de esta tecnología. En primer lugar se presentan aquellos que manifiestan los vendedores/ licenciadores de la tecnología provenientes de la revisión de la literatura, luego se establecen los que manifiestan aspectos críticos de forma general.

6.1. Ventajas promovidas vs. su relevancia

- **Reducción de volumen**

Esta es una ventaja muy destacada por varios proveedores de esta tecnología respecto de aquellas que trabajan con temperaturas más bajas, como la incineración por ejemplo. Sin embargo, los equipos más avanzados—que no operan con plasma— también logran una importante reducción de volumen y el incremento relativo en la reducción de volumen es marginal y oscilaría en un 10%. Esta reducción tiene importancia debido a que estos residuos deben reubicarse.

- **Destrucción superior por las altas temperaturas**

Esta afirmación tiene como argumento central las altas temperaturas con las que opera el plasma para volatilizar los compuestos orgánicos que son reducidos a moléculas elementales. Pero esto depende en gran medida de la transferencia de calor que se produce en el reactor, es decir del diseño de éste. Por otro lado, algunas configuraciones deben usar o requieren de una combustión secundaria o una etapa de *crackeo* y equipos para limpiar la corriente de gases.

- **Baja emisión de contaminantes y dioxinas**

Los datos provenientes de pruebas certificadas a escala de demostración indican que estos procesos pueden cumplir con las normas emitidas por USEPA, aunque el nivel de emisión no es muy distante de aquellos procesos más convencionales en que los datos son numerosos y extensos y derivados de plantas a escala comercial. Por lo tanto mientras no haya datos de plantas de tamaño comercial para los procesos ofrecidos por los vendedores licenciadores no debe ser considerada como una ventaja evidente.

Además, este atributo asignado a las tecnologías basadas en PT es de alguna forma controversial; los promoventes aseguran niveles de contaminantes mínimos que cumplen sobradamente los requerimientos de USEPA. No todos están de acuerdo, o por lo menos las nuevas tecnologías de gasificación trabajan en rangos muy similares. Información complementaria puede verse en Lapa y en el estudio de la Universidad de Birmingham ²⁵. Un aspecto sustantivo a destacar es el tipo de medición y el indicador elegido, hay dos indicadores, el denominado eficiencia de destrucción (DE) y eficiencia de destrucción y remoción (DER)²⁶. Por ejemplo en el reporte de IET citado en

²⁵ Ver: Lapa, *et. al.*, 2002 y Review of Environmental and Health Effect of Waste Management: Municipal solid Waste and Similar Wastes, University of Birmingham/Department For Environment and Rural Affairs, 2004.

²⁶ En las primeras épocas de los incineradores de alta temperatura se asumía que estos destruían el 100% de aquellos compuestos químicos orgánicos. Sin embargo, con el desarrollo de nuevos métodos de detección y medición se fue descubriendo que muchas porciones de estos compuestos escapaban a la destrucción y que eran enviados a la salida de los gases. Algunas agencias y órganos de certificación introducen otro criterio en reemplazo de la Eficiencia de Destrucción (DE) $DE = \frac{Mi - Mo}{Mi} \cdot 100$, por DRE Eficiencia de Destrucción y Remoción (DRE, Destruction and Removal Efficiency)

$DRE = \frac{Mi - Ms}{Mi} \cdot 100$. En la primera expresión Mi es la masa de un determinado compuesto químico alimentado a un determinado sistema de destrucción durante un período de tiempo y Mo es la masa del mismo compuesto en la salida de los gases, cenizas, residuos, agua de lavado, etc. Por ejemplo: si se alimenta un compuesto a un determinado sistema a una tasa de 400kg/hora y en la salida encontramos que ese compuesto se acumula una tasa de 4kg/hora, el sistema tiene una DE de 99%. En cambio DRE se determina por la segunda expresión donde Mi es la masa de un compuesto químico alimentado a un determinado sistema de destrucción durante un período de tiempo, Ms es la porción del compuesto en cuestión enviado a la salida de gases durante el mismo período de tiempo. Por ejemplo: si el compuesto en cuestión es

la **tabla 5** se hace notar que el DRE es 99.99999%²⁷; esta medición puede contrastar con respecto al otro indicador el DE que no se reporta. Por lo tanto es válido interrogarse si la afirmación cero contaminación (destrucción de dioxinas²⁸ y otros contaminantes) que los vendedores/licenciadores están informando como un atributo destacado de este tipo de tecnología es tal, o si sólo se cumple parcialmente al tener un beneficio de tipo marginal sobre otras tecnologías o si es similar. Además es pertinente analizar la naturaleza de la medición ya que se realiza sobre instalaciones pequeñas (no comerciales) y sobre residuos que difieren de los RSM, es decir cuentan con características diferentes. En la tabla se establecen comparaciones que pueden ser útiles para estimar el nivel de emisiones entre los sistemas de plasma y aquellos que no lo son.

Otro atributo mencionado con frecuencia por los proveedores indica: “zero-waste solution”. Por ejemplo, tanto los procesos que manejan plasma o incineración no producen efluentes líquidos directamente, sino que éstos se producen corriente abajo, es decir en el proceso de limpieza y enfriamiento de los gases. Estos líquidos también deben ser manejados de acuerdo con las disposiciones en materia ambiental, lo que requiere un tratamiento de limpieza de aguas residuales con el costo asociado correspondiente. Algunos licenciadores argumentan que es posible reinyectar en el reactor las cenizas y los residuos provenientes del scrubber que pueden ser sólidos, líquidos o barros y que éstos serán fundidos y encapsulados (vitrificados) con los otros compuestos inorgánicos.

Este argumento parece ignorar que los compuestos metálicos más volátiles (los que contienen mercurio, cadmio, y plomo) serán volatilizados, lo que resulta en un incremento en la concentración de esos metales en la fase gaseosa –al reinyectarlos- lo que requerirá una capacidad más grande de los equipos de limpieza de gases (mayor capacidad de adsorción, es decir mayor cantidad de carbón activado o de los equipos que se utilicen) con el consiguiente incremento en el costo de operación y sobre todo de inversión.

alimentado a una tasa del 400 kg/hora y en la salida de gases encontramos 0.4kg/hora el incinerador tiene un eficiencia del 99% sobre ese compuesto.

²⁷ Ver pág. 6 y 9 del citado Reporte.

²⁸ El término dioxina hace referencia a un grupo de sustancias químicas cloradas, de carácter orgánico, que poseen una estructura química similar (isómeros). Algunas presentan propiedades dañinas, en función del número y de la posición de los átomos de cloro presentes en su estructura. Una de las dioxinas más dañinas es la conocida como TCDD. Los policlorobifenilos (PCB) son una familia de 209 congéneres que poseen una estructura química orgánica similar y que se presentan en una variedad de formas que va desde líquidos grasos hasta sólidos cerosos. Existen 12 PCB llamados de “tipo dioxina” que también pueden ser tóxicos y no- tóxicos. Un PCB "de tipo dioxina" es el 3,4,4',5-Tetraclorobifenilo.

Tabla 5. Niveles de contaminación

Empresa/Tipo de desechos	Unidades	I-TEQ29
Plasco (Desechos biomédicos) ¹	Ng/Nm ³	0,049
IET (Desechos médicos, residuos peligrosos, electrónicos) ²	Ng/dscm	□0.06
Vanguard Research, Inc. (VRI) (desechos agrícolas) ³	Mg/dscm	2.79.10-8
Utashinai, Japón (Westinghouse)	Ng/Nm ³	□0.01
Energas (Noruega)	Ng TEQ/Nm ³	0.004-0.037
Nippon Steell (Japón)	ngTEQ/Nm ³	0.019-0.039
USEPA	Ng/dscm	0.2-04

Fuente: 1) http://www.plascoenergygroup.com/documents/leachate_2005.pdf, (consultado octubre de 2006)

2) Environmental Technology Verification Report For the Plasma Enhanced Melter, May 2002, CERF/IIEC Report: #40633.

3) Plasma Energy Pyrolysis System (PEPS) <http://www.jdmag.wpafb.af.mil/peps.pdf> (consultado octubre de 2006)

- **Alta eficiencia en la recuperación de energía**

La energía recobrada mediante la tecnología de plasma térmico y el gas de síntesis obtenido que puede ser transformado en etanol es un aliciente económico muy atrayente. Sin embargo, las instalaciones conocidas no han operado a escalas suficientes y en forma continua para poder hacer de la recuperación de energía una opción económicamente atractiva. Hay que notar de forma enfática que no hay suficientes datos que permitan valorar lo afirmado por los vendedores de esta tecnología. Por otro lado, la energía producida está en relación directa con el poder calorífico de la alimentación —es decir del tipo de RSM— Algunos vendedores ofrecen obtener una relación de 1 a 4 veces la energía requerida por el proceso. Aunque hay que tomar en cuenta qué tipo de configuración de proceso va a ser utilizada, por ejemplo si se utiliza vapor o directamente gas, entonces es crítica la eficiencia de este proceso, es decir la energía que se consume para producir electricidad. Entonces no todas las escalas de proceso y cualquier configuración pueden asegurar la producción de electricidad para su venta o consumo interno a costo de mercado. Los datos más relevantes encontrados para procesos basados en PT y RSM es el derivado de la planta de Utashinai³⁰ en Japón; los datos indican que el administrador de la planta espera que la energía bruta producida sea dos veces la consumida por el proceso y en esa instalación el gas (syngas) es utilizado para la producción de vapor, que según la información con que se cuenta no ha producido energía para su venta.

²⁹ El método del “Equivalente Tóxico” (TEQ) otorga un valor de toxicidad a los compuestos menos tóxicos en función (fracción) de la toxicidad de la dioxina más tóxica, la TCDD. A cada compuesto se le atribuye un “Factor de Equivalencia Tóxica” (TEF) específico. Este factor indica el grado de toxicidad comparado con el de la 2,3,7,8-TCDD, al que se le otorga un valor de referencia igual a 1. Para calcular el equivalente tóxico TCDD total (TEQ) de una mezcla de dioxinas, se multiplica la cantidad de cada compuesto tóxico por su Factor de Equivalencia Tóxica (TEF) y a continuación se suman los valores obtenidos. Existen dos esquemas con notaciones distintas: 1) I-TEF e I-TEQ: Antigua notación para designar el Equivalente Tóxico Internacional (I-TEQ), creada inicialmente por la Organización sobre el Tratado del Atlántico Norte (OTAN) en 1989 y posteriormente ampliada y puesta al día. 2) OMS-TEF y OMS-TEQ (ó simplemente TEF ó TEQ): Más recientemente, la Organización Mundial de la Salud (OMS) sugirió la modificación de los valores del Factor de Equivalencia Tóxica (TEF). En promedio el cálculo TEQ resulta en valores en torno a un 10% mayores cuando se emplean los I-TEF en vez de los OMS-TEF. A veces se omite el escribir I-TEQ o TEQ cuando aparecen cifras en un texto, lo cual hace imposible saber qué TEF se ha usado.

³⁰ *City of Honolulu Review of Plasma Arc Gasification and Vitrification for Waste Disposal (Final Report)*. R.W. Beck, 2003.

Por lo que se considera en esta evaluación que la producción de energía está bajo riesgo que debe ser debidamente valorado.

- **Relativamente poco probada la aplicación para los RSM**

La información que se ofrece en la **tabla 6** indica que la tecnología de plasma térmico para procesar RSM es poco probada y se ha acumulado poca experiencia en el diseño y la operación de estas instalaciones, además de que la inversión fija es alta comparada con alternativas tecnológicas correspondientes a las biológicas de última generación³¹.

Tabla 6. Instalaciones de plasma

Tecnología	RSM	Desechos varios	Países con plantas a nivel comercial	Escalas Ktpa
Plasma combustión	No hay instalaciones	Más de 10 plantas	Alemania, USA, Suiza, Japón, Francia y Canadá	0.3-1.5
Plasma vitrificación	20 plantas que procesan cenizas que provienen de la incineración		Francia y Japón	Mas de 15
Plasma gasificación	No hay instalaciones	7 plantas para tratar desechos médicos, hospitalarios y radiactivos	Japón y USA	0.3-50
Plasma gasificación asistida	2 plantas	1 planta	Japón y Noruega	5-50

Fuente: Ciceri, Hugo Norberto a partir de este estudio.

Sin embargo, hay que agregar que son numerosos los proyectos declarados mediante boletines de prensa por las compañías. En la **tabla 7** se hace un recuento a nivel mundial de estos proyectos o propuestas, aunque se destaca que no han podido ser validados en forma independiente.

³¹ Ver: Ciceri, Hugo Norberto Silvenses. *Reporte sobre Plasma Térmico*. UNAM, 2006.

Tabla 7. Instalaciones de plasma reportadas

País	Localización	Licenciador	Empresa	Capacidad TPD	Materia a procesar	Producto obtenido	Inversión	Observaciones
USA	Toms River NJ	Startech Environmental Corp.	Fuel frontiers Inc	100	Llantas	Etanol	NR	En construcción
USA	Pennsylvania	Startech Environmental Corp.	Fuel frontiers Inc	100	Llantas	Etanol	NR	En proyecto, la anterior y esta propiedad de Fuel frontiers, Inc. antes Future Fuels Inc. Subsidiaria de Nuclear Solutions Inc.
USA	Nueva York	Startech Environmental Corp.	NR	2,500	RSM	Electricidad	NR	En proyecto 10 plantas
Japón	Kobe	Startech Environmental Corp.	NR	10	Cenizas		NR	Menciona que se encuentran en operación
Japón	Himeji	Startech Environmental Corp.	NR	5	PCB's		NR	Menciona que se encuentran en operación
Australia	Sydney	Startech Environmental Corp.	NR	10	Desechos tóxicos		NR	En proyecto
Italia	NR	Startech Environmental Corp.	Ercole Marelli	10	E-waste	Hidrógeno puro	NR	En construcción
Antártida	McMurdo	Startech Environmental Corp.	NR	5	RSM		NR	En proyecto
China	NR	Startech Environmental Corp.	NR	2,000	Desechos industriales y PCB's		NR	En proyecto 30 unidades
Polonia	Skierbrzeszow	Startech Environmental Corp.	NR	300	RSM	Electricidad	NR	En proyecto
Polonia	Karlino	Startech Environmental Corp.	NR	300	RSM	Electricidad	NR	En proyecto
Polonia	NR	Startech Environmental Corp.	Chempol	10	Residuos industriales		NR	En proyecto

País	Localización	Licenciador	Empresa	Capacidad TPD	Materia a procesar	Producto obtenido	Inversión	Observaciones
Polonia	NR	Startech Environmental Corp.	Ekologia	100	Desechos tóxicos y peligrosos	CO e hidrógeno	NR	En proyecto
Polonia	NR	Startech Environmental Corp.	EkoPlazma	400	RSM	Electricidad	NR	En proyecto
México	Tizayuca	Startech Environmental Corp.	NR	2000	Estiércol		NR	En proyecto
México	D.F.	Startech Environmental Corp.	Grupo GEN	500	RSM		NR	En proyecto
Canadá	Otawa y Ontario	Plasco	NR	NR	RSM	Gas de Síntesis	NR	Menciona que se está utilizando
Holanda	Hofors	Scanarc Plasma Technologies	Scanarc Plasma Technologies	NR	RSM	Electricidad	NR	100KW a 10 MW, en proceso.
USA	Atlanta	Geoplasma, LLC	Geoplasma, LLC	NR	Materiales de desecho no identificados	Electricidad	NR	
USA	Washington, D.C.	Global Plasma System Corporation	Global Plasma System Corporation	NR	Materiales de desecho no identificados		NR	Servicios de manejo de desechos. Se menciona que se está utilizando
USA	Washington	Integrated Environmental Technologies	Integrated Environmental Technologies	NR	Variedad de desechos		NR	Se menciona que se está utilizando.
USA	Pensilvania	Westinghouse Plasma Corporations	Westinghouse Plasma Corporatios	NR	Variedad de desechos		NR	Diferentes usos. Se menciona que se está utilizando
España	Bilbao	SOLENA	Ecotek	(17 MW)	Desechos peligrosos	Electricidad	NR	En proceso de obtener licencia de operación
España	Monovar	SOLENA	GPV	(45 MW)	Desechos industriales	Electricidad	NR	Licenciado y financiado
España	Madrid	SOLENA	Ciudad de Madrid	1500	RSM		NR	En proceso de concesión de contrato
Rep. Checa	Pilsen	SOLENA	Pilsen. Teplarensk	(40 MW)	RSM	Electricidad	NR	Licenciado

País	Localización	Licenciador	Empresa	Capacidad TPD	Materia a procesar	Producto obtenido	Inversión	Observaciones
Malasia	Melaka	SOLENA	MWtE	(30 MW)	RSM	Electricidad	NR	Suministro e ingeniería
Puerto Rico	PREC	SOLENA	AGMUS	Centro de prueba	NR	NR	NR	Ingeniería y construcción
Japón	NR	SOLENA	Kawasaki Steel Company - TEPCO	NR	La eliminación de cenizas tóxicas	NR	NR	NR
Japón	NR	SOLENA	Ebara - Infilco (1993)	NR	La eliminación de cenizas tóxicas	NR	NR	NR
Japón	NR	SOLENA	Ebara - Infilco (1994)	NR	La eliminación de cenizas tóxicas	NR	NR	NR
Francia	NR	SOLENA	Inertam - Bordeaux/EDF	NR	La eliminación de materiales que contienen asbesto	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	Port Clinton, Ohio - Defense Logistics Agency	NR	La eliminación de fibras de asbesto	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	Ravenswood - ALCOA	NR	Eliminación / valorización de residuos de aluminio	NR	NR	NR
Canadá	NR	SOLENA	Love Canal, Niagara Falls	NR	La eliminación de cenizas tóxicas	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	BNL/EPA/COE	NR	descontaminación de sedimentos	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	Geneva Steel	NR	Plasma disparó cúpula - chatarra de acero	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	Westinghouse Hanford	NR	Bajo Nivel de vitrificación de residuos radiactivos	NR	NR	NR
Canadá	NR	SOLENA	Philip Environmental	NR	La recuperación de zinc a partir de polvo de EAF	NR	NR	NR

País	Localización	Licenciador	Empresa	Capacidad TPD	Materia a procesar	Producto obtenido	Inversión	Observaciones
India	NR	SOLENA	ESSAR steel (India)	NR	fabricación de hierro plasma	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	NIST	NR	Producción de películas de diamante	NR	NR	NR
Canadá	NR	SOLENA	ALCAN (Canada)	NR	Producción de películas de diamante	NR	NR	NR
Japón	NR	SOLENA	IHI (Japan)	NR	Eliminación de RSU y Ash	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	Westinghouse Hanford	NR	Alto nivel radiactivo calcinación de Residuos	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	USTDP	NR	España de fusión del hierro	NR	NR	NR
	NR	SOLENA	Private	NR	Producción Nanophase material	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	Sandia Natl Laboratory	NR	Plasma haluro Nuclear Reprocesamiento	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	General Motors	NR	De fusión del hierro cúpula plasma	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	Rockwell International	NR	Álcali Nitrato de descomposición	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	Babcock and Wilcox	NR	encendido de la caldera	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	Westinghouse/PSI	NR	La eliminación en vertederos contaminados	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	Plasma Mesabi Metals	NR	fabricación de hierro plasma	NR	NR	NR

País	Localización	Licenciador	Empresa	Capacidad TPD	Materia a procesar	Producto obtenido	Inversión	Observaciones
USA	NR	SOLENA	EPRI	NR	Plasma disparó desarrollo cúpula	NR	NR	NR
Suecia	NR	SOLENA	Studsvik Energy (Sweden)	NR	Reactor de metal vaporización	NR	NR	NR
Japón	NR	SOLENA	NKK Steel (Japan)	NR	Explosiva piloto del horno	NR	NR	NR
Suecia	NR	SOLENA	SKF (Sweden)	NR	Fabricación de hierro Plasma	NR	NR	NR
Bélgica	NR	SOLENA	Cockerill Steel	NR	Despido de altos hornos	NR	NR	NR
Suecia	NR	SOLENA	SKF Steel (Sweden)	NR	ferromanganeso plasma	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	Jet Propulsion Laboratory	NR	Procesamiento de silicio de alta pureza	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	International Minerals & Chemicals	NR	fosfato desfluoración	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	Dow Chemical	NR	Craqueo de hidrocarburos	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	DOE (OTD), (at Ukiah)	NR	Eliminación de plasma de los residuos radiactivos	NR	NR	NR
Inglaterra	NR	SOLENA	British Nuclear Fuels (at Ukiah)	NR	Destrucción de plasma de los residuos radiactivos	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	DOE/Argonne Natl. Laboratory, INEL	NR	Pruebas de residuos radiactivos, eliminación	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	US Naval Surface Warfare Center, Carderock	NR	Plasma el diseño del sistema de residuos a bordo	NR	NR	NR

País	Localización	Licenciador	Empresa	Capacidad TPD	Materia a procesar	Producto obtenido	Inversión	Observaciones
USA	NR	SOLENA	DOE/USN/Private clients (at Idaho Falls)	NR	La eliminación de residuos Various, pruebas	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	DOE/Private (at Pittsburgh plasma center)	NR	La eliminación de residuos Various, pruebas	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	New York city harbor (at Pittsburgh center)	NR	Nueva York disposición de lodos puerto	NR	NR	NR
USA	NR	SOLENA	New York city harbor (at Pittsburgh center)	NR	Nueva York disposición de lodos puerto	NR	NR	NR
Canadá	NR	SOLENA	Canadian Environment Agency (at Raleigh)	NR	Eliminación de RSU y de demostración	NR	NR	NR
Francia	NR	SOLENA	Bordeaux city council (at Raleigh)	NR	La eliminación de cenizas tóxicas y demostración	NR	NR	NR

NR: No reportado

Fuente: Elaboración propia a partir de: documentos de las empresas, reportes de prensa. Nota: en el documento Final Report Definitonal Mission to Evaluate Waste To Energy Projetc in Europe Región /TDA 2004-700008^a April 30 de 2004 (238páginas) se reportan numerosos proyectos para Polonia, Checoslovaquia, Hungría y Eslovenia correspondientes a StarTech y Solena. Reporte preparado por: Enviromation Inc, Finance Specialist LLC y Environmental Services Group International con el auspicio de U.S Trade and Development Agency (USTDA)

Otros elementos que deben ser tomados en cuenta en la evaluación son: a) requiere una cantidad importante de energía para la antorcha, el costo de capital comparado con otras tecnologías es alto. En la tabla No. 8 se hace una aproximación a los mismos³² a lo que hay que agregar los costos de mantenimiento y operación. Para una planta que procesa 4,000 Tpd los costos de mantenimiento de la planta son de 30 millones de dólares anuales. Estos incluyen el mantenimiento del reactor, electrodos, material. La tecnología de plasma térmico ha sido utilizada en numerosas aplicaciones, las que van refractario, equipo de limpieza, Scrubber, etc³³.

Tabla 8. Costo de capital

Capacidad de la planta	Costo de capital Millones de USD	Costo de capital Millones de USD/Tpd
24 Tpd (7,200 Tpa),	5.5	0.23
230 Tpd (69,000Tpa)	50	0.22

Fuente: Ciceri, Hugo Norberto a partir de este estudio.

7.0. Evaluación de la tecnología estudio de caso

La tecnología de plasma se ha aplicado desde el tratamiento de residuos peligrosos hasta los industriales, entre ellos los radiactivos, residuos provenientes de la industria siderúrgica, llantas de automóviles, plásticos en sus diversas variedades, entre otros. Sin embargo, la investigación realizada indica que la aplicación a los RSM es reciente y se encuentra en una etapa embrionaria, ya que no se conocen instalaciones de tamaño comercial en forma extendida a nivel mundial; debido a lo cual se la caracteriza como una tecnología “emergente” conocida por su aplicación en distintas áreas, pero no está consolidada en lo que es objeto de este estudio.

Teniendo presente esta situación, la evaluación deja de ser un proceso controlado por parámetros, variables y situaciones de riesgo *bajo o medio* tales como las que se presentan en las transacciones corrientes y las decisiones se encuentran bajo una situación de riesgo alto. Ello hace necesario la aplicación de una metodología que tenga en cuenta estos riesgos. Las metodologías para situaciones de riesgo tecnológico han sido desarrolladas para tratar portafolios de proyectos de I&D y no aplican bajo esta situación. Una alternativa la presenta la guía para evaluar y valorar tecnologías³⁴. En esta guía que fue aplicada a proyectos de inversión

³² http://p2library.nfesc.navy.mil/P2_Opportunity_Handbook/alpha_data.html, también en Capex Datos indicativos costo de capital para incineradores.

³³ Ver propuesta de: *ATONN Plasma Conversion System* (MSW), en México TSS.

³⁴ Ciceri, Hugo Norberto en: *Metodologías para evaluación y valuación de tecnologías, segunda parte, Tecnologías nuevas o emergentes de riesgo medio y alto*, Maestría en Administración de la Tecnología, 2001, pp 32-58, Facultad de Química UNAM.

donde el riesgo tecnológico era determinante; la filosofía consiste en valorar los distintos tipos de riesgo de determinada tecnología con el fin de establecer con la mayor claridad posible las áreas de garantías que deberían incluirse en una negociación. Bajo esta situación, la metodología tiene como paso fundamental ir rompiendo el proceso tecnológico a estudiar en diferentes partes, las que van de un riesgo alto, moderado y bajo, de tal forma de acotar aquellas secciones del proceso con más riesgo. Por otro lado, esta metodología relaciona el modelo de negocio con la evaluación tecnológica y el sitio elegido. El sitio elegido se debe tener en cuenta por las cuestiones de riesgo, olor, emisiones, etc.

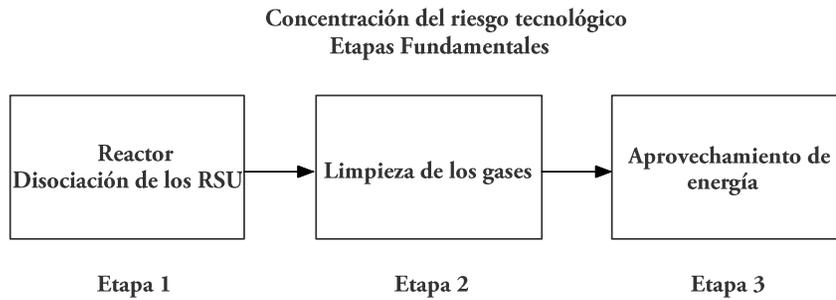
7.1. La asignación de riesgos y el modelo de negocios

Una tecnología que no haya estado en servicio en diferentes locaciones lleva gran riesgo comparada con aquellas tecnologías que han sido probadas y llevan años operando. La ausencia de experiencia en el procesamiento de RSM en el caso de la tecnología de plasma es el caso que se atiende. El modelo de negocio más conocido es cuando el vendedor o promotor interesado construye, es propietario, opera y mantiene la instalación (CPOM). Otra opción, de negocios se presenta cuando el licenciador instala y ofrece los equipos necesarios, pero no es responsable de la operación. En la primera opción, el vendedor asume los *riesgos del proyecto*, en el *segundo caso no*. En la guía metodológica mencionada supra se establecen ocho versiones de tipos de negocio que manejan el tipo de riesgo, aunque no se discutirán aquí; sólo se pondrá la atención en el modelo llave en mano —*turnkey plant*— que se encuentra en el límite de esas distintas versiones. Este modelo ha sido usado con *relativo éxito para tecnologías bien probadas o con riesgo bajo*. En este caso el riesgo inicial corre por cuenta del licenciador o vendedor y en el inicio de la operación se establecen formas de atenuar este riesgo, por ejemplo el establecer el reemplazo de equipos que tengan un mal funcionamiento etc. Sin embargo, cuando los riesgos crecen estas prevenciones normales no son suficientes y es por ello que el modelo debe ser complementado con una definición de garantías más amplia que cubran las problemáticas de los riesgos de proceso, operación e impacto ambiental derivados de la operación. A su vez el establecer estas garantías implica el análisis de riesgo financiero, debido éste a la situación extrema en que el vendedor no pueda cumplir con las garantías establecidas.

7.2. Desarrollo de los criterios de decisión

Para llevar a cabo la evaluación se procedió a establecer las áreas críticas a valorar, ya que en este caso la tecnología a evaluar es una tecnología emergente que se encuentra en una fase de desarrollo inicial. Se inicia rompiendo el proceso en tres partes para identificar las partes de mayor riesgo: a) reactor donde se produce la disociación de los RSM b) limpieza de gases c) aprovechamiento del gas de síntesis. Los mayores riesgos del proceso se concentran en la primera parte que concierne al reactor de plasma aunque consideraciones relacionadas con la escala, la modularidad, la transferencia de calor en el reactor, la heterogeneidad de los RSM, el contenido de humedad y contenidos de cenizas altos involucran tanto al proceso como a la operación, que son tratados *infra*. Es por ello que se destacan las siguientes áreas de riesgo tecnológico: a) riesgo de proceso b) riesgo de operación y c) potencial de emisión de gases tóxicos. Se definen además diferentes niveles de riesgo que se agrupan en categorías definidas.

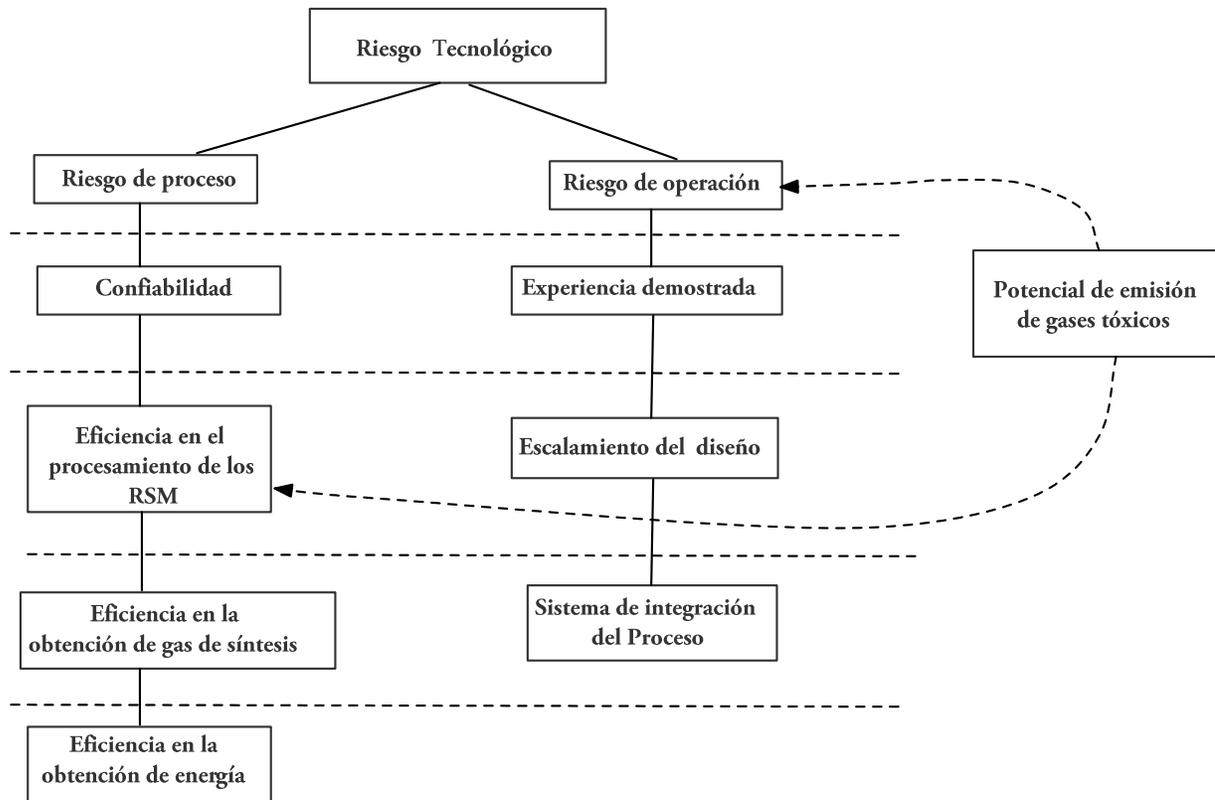
Figura 8. Ruptura del proceso plasma en tres partes



Fuente: Ciceri Silvenses Hugo Norberto, Reorte PlasmaTérmico, UNAM, 2006

Estas categorías se muestran en la **figura 8** Una vez establecidas estas categorías se establecen los criterios y atributos para cada una de las categorías, con el fin de valorarlos y ponderar –siempre que ello sea posible–.

Figura 9. Factores de riesgo tecnológico



Fuente: A partir de: *Metodología para la evaluación y valuación de tecnologías*. Maestría en Innovación y Administración de Tecnología, Ciceri, Silvenses Hugo Norberto, 2001, pp. 32-58, Facultad de Química UNAM.

Temas críticos

Estos temas abundan sobre lo ya expresado en el transcurso del estudio pero están directamente relacionados con los criterios, es por ello que se refuerzan en este espacio.

Transferencia de calor

Las antorchas de plasma son fuentes de calor *localizadas*. Distribuir las altas temperaturas en forma *homogénea* en volúmenes altos de RSM puede ser un desafío nada despreciable para reactores de grandes dimensiones. Los reactores conocidos son de escalas pequeñas, entonces escalar para tratar grandes volúmenes de RSM involucra un *riesgo tecnológico potencial*. Algunos tecnólogos han desarrollado sistemas que utilizan más de una antorcha y más de dos electrodos para lograr una mejor distribución del calor, pero estos sistemas no se han implementado a nivel comercial, es decir a escalas competitivas.

Modularidad

Si bien los procesos de PT pueden ser configurados modularmente, contar con múltiples antorchas y una línea de reactores para alcanzar escalas deseadas puede estar acompañada por costos altos cuando se comparan con otras alternativas.

Heterogeneidad de los residuos

Los RSM son *heterogéneos*. Esta característica es un *problema potencial* para los procesos de plasma. Las variaciones y el tipo de composición, así como también el tamaño de los residuos puede afectar la operación y el diseño. Las experiencias que se conocen en las referencias son consideradas básicamente como de tipo *batch* –o de escalas pequeñas-, donde el tiempo de residencia y la transferencia de calor no son críticas, como sí lo son en procesos continuos necesarios para procesar largos volúmenes de RSM. El tamaño de los residuos es importante, ya que la transferencia de calor determina el grado de volatilización de los sólidos y la composición de los gases. A tasas más bajas de transferencia de calor el riesgo de arrastrar partículas y tars fuera del reactor es más alto con las consecuencias de ello. Minimizar esta contaminación requiere equipos más grandes con sus costos asociados.

Poder calorífico bajo de los RSM

Esta tecnología no tiene dificultades para procesar residuos con bajos poderes caloríficos, pero hay que tener en mente que éstos consumen más energía y tienen impacto sobre la economía de la planta.

En la **figura 9** se destacan dos categorías de riesgo tecnológico: riesgo de proceso y riesgo de operación y las subcategorías correspondientes. A continuación se establecen los criterios que se utilizan para valorar a las diferentes empresas seleccionadas.

Criterios

CONF: Confiabilidad

La confiabilidad se define en este caso como la capacidad de un proceso o equipo para realizar su función de la manera prevista. Complementariamente, la confiabilidad se puede definir también como la *probabilidad* que un producto realice su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo las condiciones indicadas. Por ejemplo: *Cuando es necesario llevar a cabo un proceso de escalamiento significativo, es de esperar que el comportamiento del equipo en cuestión no se comporte de la misma forma que en una escala menor.*

SITINT: Sistema de integración

Este criterio es importante y se refiere a dos aspectos, el obvio es el relacionado con la habilidad de desarrollar el proyecto y construirlo y el otro se relaciona con la operación confiable y eficiente del mismo. La eficiencia de la planta dependerá de una buena integración; además este parámetro deberá ser tenido en cuenta en el momento de diseñar los RFP. En este caso la graduación aplicada es la siguiente: si ha aplicado los principios en instalaciones en marcha a escala comercial, si ha aplicado en forma parcial o los conoce, pero no los ha aplicado.

EPRSM: Eficiencia en el procesamiento de los RSMd

Indica el costo de proceso por tonelada de RSM (CP/TRSM)

POETOX: Potencial de emisión de gases tóxicos

El indicador mide el cumplimiento de los límites y cumplimiento de normas.

EOGS: Eficiencia en la obtención de gas de síntesis (SC)

Indica el volumen de gas de síntesis obtenido por TRSM, (VGS/TRSM)

MT: Madurez de la tecnología (SC)

Indica la fase de desarrollo de la tecnología a adquirir.

ENP/TRSM: Energía neta/ Tonelada de RSM (SC)

Indica la energía neta extraída de los RSM

EUER: Eficacia en el uso de energía en el reactor (SC)

Este indicador se refiere a la energía neta utilizada en el reactor para procesar una tonelada de RSM. Ver nota sobre heterogeneidad de los residuos y transferencia de calor en esta misma sección.

TDO: Tipo de operación

Indicaría el número de horas de operación al año. Este indicador es importante ya que las referencias indican que si bien los procesos no son tipo batch, podrían no ser de operación continua, como se los conoce habitualmente; es decir de trabajo continuo durante las 24 horas de todos los días del año.

EPORE: Experiencia en procesar otros residuos distintos a RSM

Este es un criterio *complementario* que indica experiencia del Licenciador/ vendedor en el área.

EDRSM: Experiencia demostrada con RSM

El criterio deberá calificar cuál es la experiencia del vendedor con los procesos de gasificación de RSM. Es decir, si cuenta en su portafolio con instalaciones operando a escalas comerciales en plantas de pruebas o de demostración. También si lo hizo en escalas comerciales y de test alimentando con RDF. Este criterio es de los más importantes para dar seguridad al cliente.

PTENTES: Patentes

Este es un indicador *complementario* que apoya la calificación del licenciador en el área de la propiedad industrial y obtiene una calificación máxima cuando las contribuciones inventivas son aplicadas a los procesos o aspectos relacionados con los RSM.

EDIÑO: Escalamiento del diseño

La necesidad de escalar es un aspecto importante ya que introduce comportamientos no esperados y problemas con la eficiencia de los equipos o procesos. Ver transferencia de calor en esta misma sección. Si no se necesita escalar, ya que se conoce, si la necesidad de escalar es modesta o si el escalamiento es muy significativo, son las tres graduaciones a destacar.

PLPILO: Plantas Piloto/Demostrativas

PLPILO es un indicador *complementario* que indica que el vendedor cuenta con una corriente de generación de información y datos en relación al proceso de gasificación que puede ser utilizada para mejoramiento de condiciones de operación y mejor conocimiento del proceso en general.

PROYCURSO: Proyectos en curso

Indicador *complementario* que está relacionado con la experiencia del Licenciador/tecnólogo. En el caso que nos ocupa, hay numerosas declaraciones de proyectos en curso y tienen importancia para esta evaluación aquellos relacionados con los RSM.

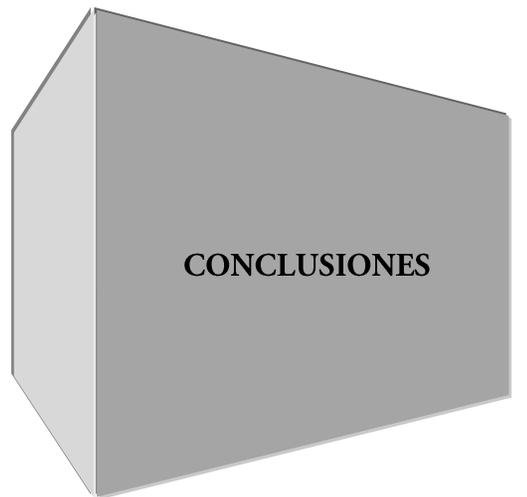
PLLAMRSM: Plantas llave en mano

Indicador *complementario* que indica simplemente si el licenciador tecnólogo, ofrece y tiene la capacidad construir este tipo de instalaciones.

NE: No evaluada

NA: No aplica (Enfoque de mercado distinto al requerido)

ND: No disponible (Información no accesible)



REFERENCIAS

- SEDESOL, Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Secretaría de Desarrollo Social. México, 1999.
- Bebber, Hans J., Heinrich-Otto Rossner, and Gebhard Tomalla, Plasma Torch with Hollow Fluid Cooled Nozzle., U.S. Patent Number 4645899, 1987.
- Bellan, Paul M., Method and Apparatus for Stabilizing Electric Furnace Arcs Using and Externally Applied Magnetic Field., U.S. Patent Number 4815097, 1989.
- Brouet, Michel G., Method and Device for Controlling the Erosion of the Electrodes of a Plasma Torch., U.S. Patent Number 4683367, 1987.
- Camacho, David P. And Salvador L. Camacho., Plasma Arc Bulk Air Heating Apparatus., U.S. Patent Number 4625092, 1986.
- Camacho, Salvador L. and David P. Camacho., Plasma Arc Torch., U.S. Patent Number 4587397, 1986.
- Ciceri, Hugo Norberto en: Metodologías para evaluación y valuación de tecnologías, segunda parte, Tecnologías nuevas o emergentes de riesgo medio y alto, Maestría en Administración de la Tecnología, 2001, pp. 32-58, Facultad de Química UNAM.
- CMPS&F-Environment Australia, Appropriate Technologies for Treatment of Scheduled Wastes Review Report, Number 4- November 1997.
- Dyos, Gordon Thomas, Plasma Torches., U.S. Patent Number 3830428, 1974.
- Environmental Technology Verification Report For the Plasma Enhanced Melter, May 2002, CERF/IIEC Report: #40633.
- Eschenbach, Richard C., Method for Heating Gases., U.S. Patent Number 3294952, 1966.
- Feinman, Jerome, Ed. Plasma Technology in Metallurgical Processing., London: Institute of Physics, 1995.
- Funfschilling, M.R., and R.C., Eschenbach, A Plasma Centrifugal Furnace for Treating Hazardous Waste, Muttenz, Switzerland., Presented at Electrotech 92, Montreal, Canada, 1992.

- Gage, Robert M., Arc Torch Process with Reactive Gases., U.S. Patent Number 2862099, 1958.
- Gauvin, W.H., Some Characteristics of Transferred-Arc Plasmas., Plasma Chemistry and Plasma Processing Vol. 9, No. 1, 1989 (Supplement).
- Geoplasma, <http://www.geoplasma.com/> revisado el 18/11/ 2006.
- Gollands, Marck, Edward Peduto, Joanna Hall, and Howard Schiff, Stack Testing of the Mobile Plasma Arc Unit., Publication EPA/600/S2-87/013, 1987.
- Gross, Boleslav, Bronislav Gycyz, and Konstantin Miklossy, Eds. Plasma Technology., Trans. Zdenek Rudinger. London: Iliffe Books Ltd, 1968.
- Hanues, Gary J., Todd J. Stahl, and Salvador L. Camacho, Convertible Plasma Arc Torch and Method of Use., U.S. Patent Number 5362939, 1994.
- Haun, Rob E., Neil C. Elmer, and Robin A. Lampson, Arc Plasma Torch Having Tapered-Bore Electrode., U.S. Patent Number 5239162, 1993.
- Heberlein, Joachim V.R., and Maurice G. Fey, Magnetic Field Stabilized Transferred Arc Furnace., U.S. Patent Number 4495625, 1985.
- Hoffelner, W., A. Chrubasik, R.C. Eschenbach, MR. Funfschilling, and B. Pellaud, Plasma Technology for Rapid Oxidation, Melting, and Vitrification of Low/Medium Radioactive Waste., Nuclear Engineering International, October 1992.
- Hoffelner, W., Th. Muller, M.R. Funfschilling, A. Jacobi, R.C. Eschenbach, H.R. Lutz, and C. Vuilleumier, New Incineration and Melting Facility for Treatment of Low Level Radioactive Wastes in Switzerland., Presented at the 1994 Incineration Conference, Houston, TX, 1994.
- Houseman, John, Solid Arc Reactor Method., U.S. Patent Number 3533756, 1970.
- International Union for Electroheat, Plasma Technology for a Better Environment., France, Plasma Technology Working Group, 1992.
- Ivanov, Vladimir, Pavel P. Kuilik, and Alexis N. Logoshin, Method of Control of Plasma Stream and Plasma Apparatus., U.S. Patent Number 5489820, 1996.
- Kane, J.S., and Peter R. Shaefer, Pressure Retract Arc Torch., U.S. Patent Number 3242305, 1966.
- Kolak, Nicholas P., Thomas G. Barton, Chun C. Lee, and Edward F. Peduto, Trial Burns – Plasma Arc Technology., Nuclear and Chemical Waste Management, Vol. 7, pp 37-41, 1987.

- Labrot, Maxime Didier Pineau, and Jean Feuillerat, Plasma Torch for Noncooled Injection of Plasmagene Gas., U.S. Patent Number 5262616, 1993.
- Labrot, Maxime Didier Pineau, and Jean Feuillerat, Tubular Electrode for Plasma Torch and Plasma Torch Provided with such Electrodes., U.S. Patent Number 4891490, 1990.
- Lapa, et al. An ecotoxic risk assessment of residue materials produced by plasma pyrolysis/vitrificación (PP/V) process Waste Management 22, 2002.
- Mac Rae, D.R., Plasma Arc Process Systems, Reactor, and Applications., Plasma Chemistry and Plasma Processing, Vol. 9, No. 1, 1989, (Supplement).
- Manabe, Tosikatu, Tetsuo Gejyo, and Yasuzi Hamura, Plasma Torch., U.S. Patent Number 3614376, 1971.
- Marhic, Gerar, Didier Schaff, and Francis Remy, Plasma Torches., U.S. Patent Number 4625094, 1986.
- Navy/Marines: IND-025-99; Air Force: HW01; Army N/A Plasma Arc Technology, 2001.
- Nuvotec, <http://www.nuvotec.com/plasma.html>, 10/06/2006.
- Pasquini, Pierre, and Jacques Nuns, Method for Equalizing Wear to Prolong the Lifespan of a Plasma Torch Electrode., U.S. Patent Number 5376768, 1994.
- Pasquini, Pierre, Marxime Labrot, Jean-Pierre Serrano, and Didier Pineau, Plasma Torch Having a Longitudinally Mobile Arc Root, and Process for Controlling the Displacement Thereof., U.S. Patent Number 4847466, 1989.
- PEMEX/UNAM, Evaluación de tecnologías para la producción de gas síntesis para la generación de energía eléctrica a partir de RSM. Convenio de colaboración 527 PEMEX/FQ, 2006.
- Plasco, http://www.plascoenergygroup.com/documents/leachate_2005.pdf, (consultado octubre de 2006)
- Plasma Energy Pyrolysis System (PEPS) <http://www.jdmag.wpafb.af.mil/peps.pdf> (consultado octubre de 2006)
- Plasma Environmental Technologies (PET), <http://www.plasmaenvironmental.com/PlasmaAssistedGasifier.htm>, 10/06/2006.
- Plasma Environmental Technologies (PET), <http://www.plasmaenvironmental.com/Parcon.htm>, 10/06/2006
- Ponghis, Nikolas G. Electric Arc Plasma Torch., U.S. Patent Number 4596918, 1986.

- Pyrogenesis, http://www.pyrogenesis.com/archives/brochures/PRRS_190406.pdf
- R.W. Beck, City of Honolulu Review of Plasma Arc Gasification and Vitrification for Waste Disposal Final Report., 1/23/2003
- Raize, Yuri P., Gas Discharge Physics., New York: Springer-Verlag., 1987.
- Ramakrishnan, Subramania, Walter T. Oppenlander, Alan E. Mundy, and Ian M. Ogilvy, Electric Arc Reactor Having Upstream and Downstream Electrodes., U.S. Patent Number 5296672, 1974.
- Reporte preparado por: Enviromation Inc, Finance Specialist LLC y Enviromental Services Group International con el auspicio de U.S Trade and Development Agency (USTDA), Final Report Definitional Mission to Evaluate Waste To Energy Projetc in Europe Region /TDA 2004-700008A April 30 de 2004 (238páginas) se reportan numerosos proyectos para Polonia, Checoslovaquia, Hungría y Eslovenia correspondientes a StarTech y Solena.
- Review of Environmental and Health Effect of Waste Management: Municipal solid Waste and Similar Wastes, University of Birmingham/Department For Environment and Rural Affairs, 2004.
- Roth, J Reece, Raizer, Industrial Plasma Engineering, Vol 1, London, 1995.
- Sakuragi, Shunichi, and Naoya Tsuramaki, Plasma Torch Having Cylindrical Velocity Reduction Space Between Electrode End and Nozzle Orifice., U.S. Patent Number 5591356, 1997.
- Schlienger, Max P., Rotable Plasma Torch., U.S. Patent Number 4912296, 1990.
- Schoumaker, Henry R.P.J., Plasma Curtain of Tow or More Plasmas., U.S. Patent Number 3786306, 1974.
- Simmons, Orien W., Electric Arc Melting Furnace., U.S. Patent Number 2652440, 1953.
- TokyoGovernment, <http://www.asahinet.or.jp/~ph6jsngw/Accident_report.html> consultado el 13 de Noviembre de 2006.
- Tsantrizos, Peter, Raynald Lachance, Bruce Hehshaw, and Lakis T. Marvropoulos, High Enthalpy Plasma Torch., U.S. Patent Number 5147998, 1992.
- U.S. Department of Energy, Waste Vitrification System Lessons Learned, 1999.
- Vanguard Research Inc. Plasma Energy Pyrolysis System (PEPS) en <http://www.jdmag.wpafb.af.mil/peps.pdf>.

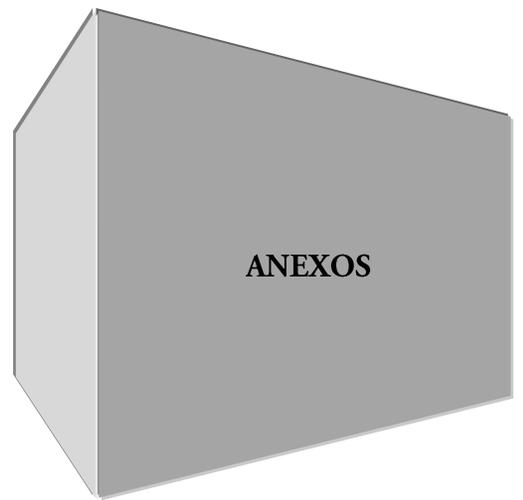
- Wolf, Charles B., and George A. Kemeny, Multiple Annular Electrode Gas Arc Heater with a Magnetic Arc Spinner., U.S. Patent Number 3309550, 1967.
- Wolf, Charles B., George A. Kemeny, and Serafino M. De Croso, Electrode for an Arc Furnace Having a Fluid Cooled Arcing Surface and a Continuously Moving Arc Thereon, U.S. Patent Number 3385987, 1968.
- Wolf, Charles B., Shyam V. Dighe, Paul E. Marting, Raymond F. Taylor, Jr., and William J. Melilli., Plasma Torch with Extended Life Electrodes., U.S. Patent Number 5004888, 1991.
- Wolf, Charles B., Thomas N. Meyer, Maurice G. Fey, and John E. Heidrich, High Power Arc Heater., U.S. Patent Number 4535225, 1985.

BIBLIOGRAFÍA

- Bell, Christy W., Charles H. Titus, and John K. Wittle., Apparatus for the Decomposition of Hazardous Material and the Like., U.S. Patent Number 4431612, 1984.
- Bitler, John A., and John P. Baranski., Process for Remediation of Lead-Contaminated Soil and Waste Battery., U.S. Patent Number 5284504, 1994.
- Burkhard, R., W. Hoffenlner, and R.C. Eschenbach., Recycling of Metals from Waste with Thermal Plasma., Presented at the 3rd European East-Waste Conference and Exhibition on Materials and Processes, Strasbourg, FR, 1992.
- Camacho, Salvador L., and Louis J. Circeo, Jr. Apparatus and Method for the Recovery of Fuel Products from Subterranean Deposits of Carbonaceous Matter Using a Plasma Arc, U.S. Patent Number 4067390, 1978.
- Camacho, Salvador L., Apparatus for Vitrification of Fine Particulate Matter., U.S. Patent Number 5497710, 1996.
- Camacho, Salvador L., Method for Vitrification of Fine Particulate Matter and Products Produced Thereby., U.S. Patent Number 5399833, 1995.
- Camacho, Salvador L., Plasma Pyrolysis and Vitrification of Municipal Waste., U.S. Patent Number 5544597, 1996.
- Camacho, Salvador L., Plasma Arc Heating Apparatus and Method., U.S. Patent Number 469446, 1987.
- Camacho, Salvador L., Process for plasma Pyrolysis and Vitrification of Municipal Waste., U.S. Patent Number 5634414, 1997.
- Camacho, Salvador L., Process for Plasma Pyrolysis and Vitrification of Municipal Waste, U.S. Patent Number 5634414, 1997.
- Camacho, Salvador L., Refuse Converting Apparatus using a Plasma Torch., U.S. Patent Number 5143000, 1992.
- Camacho, Salvador L., Refuse Converting Method and Apparatus Utilizing Long Arc Column Forming Plasma Torches, U.S. Patent Number 3779182, 1973.
- Carter, George W., and Andreas Tsangaris., Municipal Solid Waste Disposal Process., U.S. Patent Number 5280757, 1994.

- Chang, Kuo-Ching, Shin-Tsung Tseng, and Jain-Sheng Huang., Plasma Torch-Jet Liquid Waste Treatment Device., U.S. Patent Number 5363781, 1994.
- Cline, George H., Dale C. Edward, Bob G. Landberg, and Kurt G. Winkler., Method and System for Incineration and Detoxification of Semiliquid Waste., U.S. Patent Number 4989522, 1991.
- Dighe, Shyam V., and Charles B. Wolf., Plasma Fired Feed Nozzle., U.S. Patent Number 4761793, 1988.
- Hedberg, Gorand J., and Elleng E. Knights., Destruction of Hydrocarbon Material., U.S. Patent Number 5484978, 1996.
- Kulkarni, Prabhakar., Method for Treatment of Hazardous Waste in Absence of Oxygen., U.S. Patent Number 5138959. 1992.
- Labrot, Maxime, Serge G.R. Muller, Jean Feuillerat, and Patrick Lautissier, Plasma Torch Provided with and Electromagnetic Coil for Forating Arc Feet., U.S. Patent Number 5132511. 1992.
- McLaughlin, David F., Shyam V. Dighe, and William R. Gass., Plasma Vitrification of Waste Materials., U.S. Patent Number 5637127, 1997.
- New York State, Impediments To The Implementation of Alternative Technologies., New York State Center For Hazardous Waste Management, Buffalo, New York, January 11-12, 1990.
- Pineau, Didier, M.J.M., and Yves H.G., Valy., Method for the Destruction of Chemically Stable Waste., U.S. Patent Number 4980092, 1990.
- Sartwell, Bruce D. Development of a Plasma Arc System for the Destruction of U.S. Department of Defense Hazardous Waste., Proceedings of the 1997 International Conference on Incineration and Thermal Treatment Technologies, Oakland, CA, 1997.
- Schlienger, Max P., Apparatus and Method for High Temperature Disposal of Hazardous Waste Material., U.S. Patent Number 5005494, 1991.
- Schlienger, Max P., Apparatus for High Temperature Disposal of Hazardous Waste Materials., U.S. Patent Number 5136137, 1992.
- Tylko, Jozef K., Treatment of Matter in Low Temperature Plasmas., U.S. Patent Number 4361441, 1982.
- United Satates. General Accounting Office, Environmental Protection: EPA's and States' Efforts to "Reinvent" Environmental Regulation., Publication GAO/T-RCED-98-33. Washington: GPO, 1997.

- United States. General Accounting Office., Hazardous Waste: Remediation Waste Requirements can Increase the Time and Cost of Cleanups., Publication GAO/RCED-98-4. Washington: GPO, 1997.
- Vavruska, John S., Induction Steam Plasma Torch for Generating a Steam Plasma for Treating a Feed Slurry., U.S. Patent Number 5611947, 1997.
- Wolf, Charles B., Maurice G. Fey, and Frederick A. Azinger, Jr., Arc Heater with Integral Fluid and Electrical Ducting and Quick Disconnect Facility., U.S. Patent Number 3832519, 1974.
- Wong, Alfred Y. and Andras Kuthi., Electrodeless Plasma Torch Apparatus and Methods for the Dissociation of Hazardous Waste., U.S. Patent Number 5288969, 1994.
- Wulff, Heinrich., Process and Equipment for the Treatment of a Material by Means of an Arch Discharge Plasma, U.S. Patent Number 3852061, 1974.



TECNÓLOGOS

1. Número de plantas en el mundo de MSW y capacidad de las mismas
2. Años que se encuentran en operación las plantas de MSW
3. Accidentes ocurridos y su causa
4. Tipo de antorcha utilizada y mantenimiento de la misma y si utiliza DC o AC.
5. Costo del mantenimiento y sus causas fundamentales
6. Tipo de gas: inerte/aire.
7. Proceso general utilizado (balance materia y energía)
8. Detalle del sistema de separación/ lavado de gases. (Gas cleaning system)
9. Sistemas de monitoreo de gases y emisiones.
10. Emisiones máximas y mínimas de metales pesados y dioxinas.
11. Hay alternativas de procesos que tratan los residuos en un reactor separado con el fin de proteger las antorchas. Dar ventajas y desventajas.
12. El accidente de Asahi en Minamata Japón, en la planta de Japón ¿cómo se produjo y cuáles fueron sus causas? ¿Cuáles fueron las acciones correctivas?
13. En el proceso que se usa coque ¿en cuánto se incrementa la eficiencia del reactor? Se podría utilizar aceites pesados o debe ser coque?

TECHNOLOGICAL ASPECTS

1. Number of plants from all over the world, working with plasma for the processing of municipal solid waste (MSW) and the capacity of those plants.
2. Operation time of those MSW plants
3. Accidents in MSW plants and their causes
4. Kind of torch used, maintenance required and kind of electric current required by the torch (DC or AC)
5. Maintenance cost associated with the torch and main reasons for these cost.
6. Kind of gas used in the plasma reactor (inert, air, other).
7. General description of the process (material and energy balances).
8. Detailed description of the gas cleaning system.
9. Monitoring systems for gases and emissions.
10. Maximum and minimum levels of heavy metals and dioxins emitted.
11. There are processes in which MSW are treated in a different reactor in order to protect the torches. Give advantages and disadvantages for those processes.
12. In connection to the Asahi Plant accident in Japan, explain: How the accident occurred? What the causes of the accident were? What actions were taken in order to solve the problems?
13. For the process in which coke is added to the plasma reactor: How much is the efficiency of the reactor increased? It may be possible to use heavy oils or it must be coke?



**PATENTES REVISADAS
EN LA INVESTIGACIÓN
[CÁRÁTULAS]**

PATENTES



US005787822A

United States Patent [19]
Hilliard

[11] **Patent Number:** 5,787,822
[45] **Date of Patent:** Aug. 4, 1998

[54] **OBLATE SPHEROID SHAPED GASIFICATION APPARATUS AND METHOD OF GASIFYING A FEEDSTOCK**

5,089,030 2/1992 Michel-Kim 48/76
5,138,957 8/1992 Morey et al. 110/234
5,213,051 5/1993 Kaneko 110/229
5,484,465 1/1996 Hilliard et al. 48/76

[75] **Inventor:** Wesley P. Hilliard, Huntington, Utah

OTHER PUBLICATIONS

[73] **Assignee:** Emery Recycling Corporation, Salt Lake City, Utah

Ming-Yen Wey, Ben-Horng Liou, Shu-Yii Wu, and Ching-Hong Zhang, The Autothermal Pyrolysis of Waste Tires, *Journal of the Air and Waste Management Association*, vol. 45, pp. 855-863 (Nov. 1995).

[21] **Appl. No.:** 653,499

Primary Examiner—Henry A. Bennett
Assistant Examiner—Pamela A. O'Connor
Attorney, Agent, or Firm—Madson & Metcalf

[22] **Filed:** May 24, 1996

[51] **Int. Cl.⁶** F23G 5/12

[52] **U.S. Cl.** 110/229; 110/235; 110/346; 48/76; 48/111

[58] **Field of Search** 110/204, 205, 110/229, 235, 346; 48/76, 111

[57] **ABSTRACT**

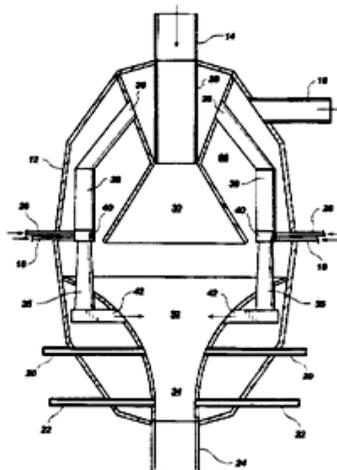
[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

927,418	6/1909	Petibone	48/209
1,849,279	3/1932	Cezanne	48/76
2,306,030	12/1942	Zeuch	48/76
2,805,188	9/1957	Josenhans	201/4
2,890,107	6/1959	Flesch et al.	48/206
3,471,275	10/1969	Borggroen	48/209
3,707,129	12/1972	Kwashimo et al.	110/228
3,746,521	7/1973	Giddings	48/111
3,874,116	4/1975	White	48/209
3,918,374	11/1975	Yamamoto et al.	110/346
4,142,867	3/1979	Kiener	48/76
4,152,122	5/1979	Feldmann	48/111
4,306,506	12/1981	Rotter	110/229
4,308,807	1/1982	Stokes	110/257
4,309,195	1/1982	Rotter	48/76
4,459,136	7/1984	Linneborn et al.	48/111
4,530,702	7/1985	Feters et al.	48/209
4,718,362	1/1988	Santén et al.	110/345
4,732,091	3/1988	Gould	110/229
4,977,840	12/1990	Summers	110/346
5,069,765	12/1991	Lewis	204/173

Apparatus and method for gasification of feedstock materials are disclosed. The apparatus includes an oblate spheroid (egg-shaped) gasification chamber having inlets for feedstock material and gaseous oxidizer. A combustion gas outlet permits removal of combustion gases, and an ash collection region allows collection and removal of ash produced in the gasification chamber. A plurality of recirculating venturi tubes located within the gasification chamber recirculate combustion gases and particulates into and out of a gasification zone. Each venturi tube includes a plenum having a gaseous oxidizer inlet and a plurality of orifices capable of producing high velocity air flow towards the feedstock material bed in the gasification zone. Filtration action of the bed entrains combustion particulates. A plurality of air cannons coupled to one or more pulse valves provide pulsed air flow into the gasification zone to agitate the feedstock material bed. Gaseous oxidizer inlets in the ash collection region allow control of the ash carbon content. Advantageously, the gasification device does not have moving internal parts. The agitation and recirculation is controlled by the gaseous oxidizer pulses and input into the gasification chamber.

20 Claims, 5 Drawing Sheets





US005756957A

United States Patent [19]
Titus et al.

[11] **Patent Number:** **5,756,957**
[45] **Date of Patent:** **May 26, 1998**

- [54] **TUNABLE MOLTEN OXIDE POOL ASSISTED PLASMA-MELTER VITRIFICATION SYSTEMS**
- [73] Inventors: **Charles H. Titus**, Newtown Square, Pa.; **Daniel R. Cohn**, Chestnut Hill, Mass.; **Jeffrey E. Surma**, Kennewick, Wash.
- [75] Assignee: **Integrated Environmental Technologies, LLC**, Carle Place, N.Y.
- [21] Appl. No.: **622,762**
- [22] Filed: **Mar. 25, 1996**

Related U.S. Application Data

- [63] Continuation-in-part of Ser. No. 492,429, Jun. 19, 1995, which is a continuation-in-part of Ser. No. 382,730, Feb. 2, 1995, Pat. No. 5,666,891.
- [51] **Int. Cl.⁶** **B23K 10/00**
- [52] **U.S. Cl.** **219/121.38; 219/121.36; 219/121.59; 219/121.57; 110/250; 110/346; 75/10.19; 75/10.1**
- [58] **Field of Search** 219/121.36, 121.37, 219/121.38, 121.43, 121.44, 121.59, 121.57; 110/240-256, 346; 75/10 R, 10.19; 588/901

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

- 2,927,143 3/1960 Jensen .
- 3,104,352 9/1963 Tiemann .
- 3,436,641 4/1969 Biringer .
- 3,470,444 9/1969 Bixby .

(List continued on next page.)

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

- WO 87/05775 9/1987 U.S.S.R. .

OTHER PUBLICATIONS

Bitler et al., U.S. Ser. No. 08/274,829, "Process for Remediation of Lead-Contaminated Soil and Waste Battery Casings".

"The Solid Waste Dilemma: An Agenda for Action", Toxic Subst. J., vol. 9, No. 1, pp. 9-54 (1989).

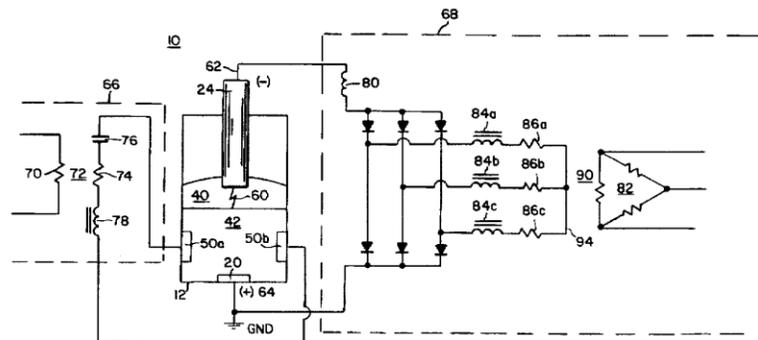
(List continued on next page.)

Primary Examiner—Mark H. Paschall
Attorney, Agent, or Firm—Choate, Hall & Stewart

[57] **ABSTRACT**

The present invention provides tunable waste conversion systems and apparatus which have the advantage of highly robust operation and which provide complete or substantially complete conversion of a wide range of waste streams into useful gas and a stable, nonleachable solid product at a single location with greatly reduced air pollution to meet air quality standards. The systems provide the capability for highly efficient conversion of waste into high quality combustible gas and for high efficiency conversion of the gas into electricity by utilizing a high efficiency gas turbine or an internal combustion engine. The solid product can be suitable for various commercial applications. Alternatively, the solid product stream, which is a safe, stable material, may be disposed of without special considerations as hazardous material. In the preferred embodiment, the arc plasma furnace and joule heated melter are formed as a fully integrated unit with a common melt pool having circuit arrangements for the simultaneous independently controllable operation of both the arc plasma and the joule heated portions of the unit without interference with one another. The preferred configuration of this embodiment of the invention utilizes two arc plasma electrodes with an elongated chamber for the molten pool such that the molten pool is capable of providing conducting paths between electrodes. The apparatus may additionally be employed with reduced use or without further use of the gases generated by the conversion process. The apparatus may be employed as a net energy or net electricity producing unit where use of an auxiliary fuel provides the required level of electricity production. Methods and apparatus for converting metals, non-glass forming waste streams and low-ash producing inorganics into a useful gas are also provided. The methods and apparatus for such conversion include the use of a molten oxide pool having predetermined electrical, thermal and physical characteristics capable of maintaining optimal joule heating and glass forming properties during the conversion process.

134 Claims, 12 Drawing Sheets





US005666891A

United States Patent [19]

[11] Patent Number: 5,666,891

Titus et al.

[45] Date of Patent: Sep. 16, 1997

[54] ARC PLASMA-MELTER ELECTRO CONVERSION SYSTEM FOR WASTE TREATMENT AND RESOURCE RECOVERY

[75] Inventors: Charles H. Titus, Newton Square, Pa.; Daniel R. Cohn, Chestnut Hill, Mass.; Jeffrey E. Sarma, Kennewick, Wash.

[73] Assignee: Battelle Memorial Institute, Richland, Wash.

[21] Appl. No.: 382,730

[22] Filed: Feb. 2, 1995

[51] Int. Cl.⁶ F23G 5/00

[52] U.S. Cl. 110/250; 110/346; 219/121.38; 219/121.17

[58] Field of Search 110/287, 250, 110/257, 346; 588/201; 219/121.16, 121.17, 121.38

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,927,143	3/1960	Jensen .	
3,104,352	9/1963	Tiemann .	
3,436,641	4/1969	Biringer .	
3,470,444	9/1969	Bixby .	
3,767,831	10/1973	Flockinger et al. .	
3,779,182	12/1973	Camacho .	
3,789,127	1/1974	Bowman .	
3,812,620	5/1974	Titus et al. .	
3,841,239	10/1974	Nakanura et al. .	
3,918,374	11/1975	Yamamoto et al. .	110/250 X
3,995,100	11/1976	Jaeger .	
4,099,227	7/1978	Liptak .	
4,105,437	8/1978	Liu .	

(List continued on next page.)

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

0096538	12/1983	European Pat. Off. .
WO 87/05575	9/1987	U.S.S.R. .
WO 87/05775	9/1987	U.S.S.R. .

OTHER PUBLICATIONS

"The Solid Waste Dilemma: An Agenda for Action", Toxic Subst. J., vol. 9, No. 1, pp. 9-54 (1989).
 Carter et al., "Municipal Solid Waste Feasibility of Gasification Plasma Arc, Industrial and Environmental Applications of Plasma", Proceedings of the First International EPRI Plasma Symposium, CMP Report No. 90-9, pp. 13-1-13-13 (Mar. 1990).
 Buelt et al., "In Situ Vitrification of Transuranic Waste: An Updated Systems Evaluation and Applications Assessment", PNL-4800 Supp. 1, pp. ix-xiv and 79-86 (Mar. 1987).
 Denison et al., "Recycling & Incineration: Evaluating the Choices", pp. 104-145 and 177-200 (1990).
 Graef et al., "Product Distribution in the Rapid Pyrolysis of Biomass/Lignin for Production of Acetylene", American Chemical Society, pp. 293-312 (1981).

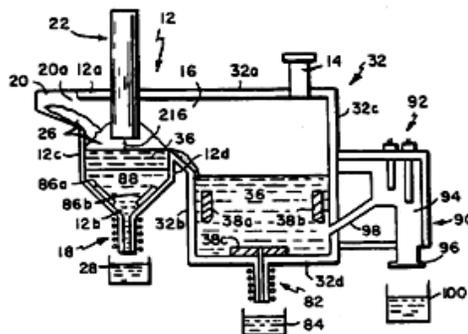
(List continued on next page.)

Primary Examiner—Denise L. Ferencic
 Assistant Examiner—Susanne C. Tinker
 Attorney, Agent, or Firm—Choate, Hall & Stewart

[57] ABSTRACT

The present invention provides a relatively compact and highly robust waste-to-energy conversion system and apparatus which has the advantage of complete or substantially complete conversion of a wide range of waste streams into useful gas and a stable, nonleachable solid product at a single location with greatly reduced air pollution to meet air quality standards. The gas may be utilized in a combustion process to generate electricity and the solid product can be suitable for various commercial applications. Alternatively, the solid product stream, which is a safe, stable material, may be disposed of without special considerations as hazardous material. In one embodiment of the invention, the conversion system includes an arc plasma furnace directly coupled to a joule heated melter. In an alternative and preferred embodiment of the invention, the arc plasma furnace and joule heated melter are formed as a completely integrated unit having circuit arrangements for the simultaneous operation of both the arc plasma and the joule heated portions of the unit without interference with one another. The apparatus may additionally be employed without further use of the gases generated by the conversion process.

48 Claims, 6 Drawing Sheets





US005656044A

United States Patent [19]

[11] Patent Number: **5,656,044**

Bishop et al.

[45] Date of Patent: ***Aug. 12, 1997**

[54] METHOD AND APPARATUS FOR GASIFICATION OF ORGANIC MATERIALS

[75] Inventors: **Norman G. Bishop**, Houston, Tex.;
Ricardo Viramontes-Brown, Garza Garcia, Mexico

[73] Assignees: **Hylsa S.A. de C.V.**, San Nichlos de los Garza; **Proler Environmental Services, Inc.**, Portland, Oreg.

[*] Notice: The portion of the term of this patent subsequent to Jun. 20, 2012, has been disclaimed.

[21] Appl. No.: **486,372**

[22] Filed: **Jun. 7, 1995**

Related U.S. Application Data

[63] Continuation-in-part of Ser. No. 486,371, Jun. 7, 1995, and a continuation-in-part of Ser. No. 158,195, Nov. 24, 1993, Pat. No. 5,425,792, which is a continuation of Ser. No. 879,608, May 7, 1992, abandoned.

[51] Int. Cl.⁶ **C10J 3/60**

[52] U.S. Cl. **48/197 R; 48/203; 48/206; 48/211**

[58] Field of Search **48/197 R, 203, 48/206, 209, 210, 190, 211, 212; 252/373; 75/493, 505**

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

1,270,949	7/1918	Hornsey	48/203
1,677,758	7/1928	Frank	48/210
2,276,526	3/1942	Von Fuchs et al.	196/30

(List continued on next page.)

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

537244	2/1957	Canada
1 206 335	6/1986	Canada
0-011 037 A	5/1980	European Pat. Off.

(List continued on next page.)

OTHER PUBLICATIONS

Processing of Plastic Waste and Scrap Tires into Chemical Raw Materials, Especially by Pyrolysis, Hansjörg Sinn, Walter Kaminsky, and Jörg Janning, Angew. Chem. Int. Ed. Engl./vol. 15 (1976) No. 11, 660-672.

Pyrolytic Recovery of Raw Materials from Special Wastes, Collin, G., 1980 ACS, pp. 479-484.

Pyrolytische Rohstoff-Rückgewinnung aus unterschiedlichen Sonderabfällen in einem Drehtrommelreaktor, Collin, G., Grigoleit, G., Michel, E., Chem.-Ing. Tech 51 (1979) Nr. 3, s. 220-224 [See AS for translation].

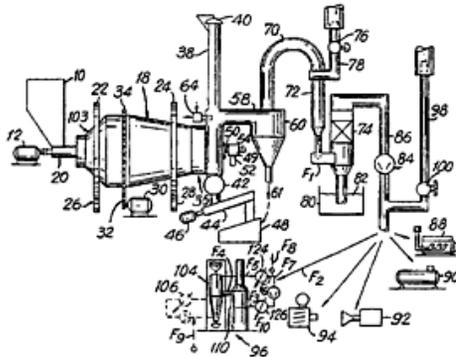
Primary Examiner—Timothy McMahon

Attorney, Agent, or Firm—Curtis, Morris & Safford, P.C.

[57] ABSTRACT

A process and apparatus for gasification of organic materials (typically incorporated in domestic and industrial wastes, including auto shredder residues) to produce useful synthesis gas (with a major content CO and H₂) with effectively non-toxic ash residue by means of at least one continuously operated burner, preferably stoichiometrically balanced (1:2 for natural gas/oxygen) at least at startup and shut down (optionally with some excess of oxygen, usually under steady-state conditions, such as at a ratio of 1:4 or higher, especially if the charge has well over 18% water content), directed into a primary single stage reaction zone (through an opening in common with the effluent product gas discharged therefrom such as to assure intimate contact therebetween), which zone contains a tumbling charge in a rotating barrel-shaped horizontal reactor thus heated to from about 650° to about 800° C. (below the incipient fusion temperature of the charge) and controlled to remain in such temperature range (by adjustment of the burner volume and fuel-to-oxygen ratio for any given charge) resulting in thermally cracking and gasifying the organic materials in the charge and reacting the complex hydrocarbons and gas evolved (1) normally with the CO₂ and H₂O derived from burner combustion of a fuel and oxygen-containing gas at a high flame temperature, typically 2500° to 3000° C., (2) with excess oxygen, and/or (3) partially with H₂O or CO₂ otherwise added to, or present in, the charge.

19 Claims, 3 Drawing Sheets





US005637192A

United States Patent [19]
Mansour et al.

[11] Patent Number: 5,637,192
[45] Date of Patent: Jun. 10, 1997

[54] ENDOTHERMIC SPENT LIQUOR RECOVERY PROCESS

[75] Inventors: Momtaz N. Mansour, Columbia, Md.; Kanda-Swamy Durai-Swamy, Torrence; David W. Warren, Sherman Oaks, both of Calif.

[73] Assignee: Manufacturing and Technology Conversion International, Columbia, Md.

[21] Appl. No.: 439,456

[22] Filed: May 11, 1995

Related U.S. Application Data

[63] Continuation of Ser. No. 55,674, Apr. 29, 1993, abandoned, which is a continuation of Ser. No. 723,936, Jul. 1, 1991, abandoned, which is a division of Ser. No. 310,202, Feb. 14, 1989, Pat. No. 5,059,404.

[51] Int. Cl.⁶ D21C 11/12

[52] U.S. Cl. 162/29; 162/30.1; 162/30.11; 162/31; 162/47; 423/209; 423/DIG. 3

[58] Field of Search 162/29, 82, 30.1, 162/30.11, 31, 47.15; 422/139, 146, 224; 423/207, 659, DIG. 16, DIG. 3; 431/1, 2; 48/197 R, 73, 202, 209, 77, 111, 62 R

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

- 2,539,466 1/1951 Parry .
- 2,619,415 11/1952 Hemminger .
- 2,623,815 12/1952 Roetheli et al. .
- 2,680,065 6/1954 Atwell .
- 2,683,657 5/1954 Garbo .
- 2,937,500 5/1960 Bodine, Jr. .
- 3,246,842 4/1966 Huber .
- 3,333,619 8/1967 Denis .
- 3,606,867 9/1971 Briffa .
- 3,966,634 6/1976 Sacks .
- 4,439,272 3/1984 Nguyen 162/30.11
- 4,522,685 6/1985 Feldmann .
- 4,529,377 7/1985 Zinn et al. .

- 4,655,146 4/1987 Lemelson .
- 4,682,985 7/1987 Kohl .
- 4,699,580 10/1987 Zinn et al. .
- 4,708,159 11/1987 Lockwood .
- 4,773,918 9/1988 Kohl .
- 4,808,264 2/1989 Kignell .
- 4,951,613 8/1990 Harandi et al. .

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

- 644013 10/1950 United Kingdom .
- 665723 1/1952 United Kingdom .
- 1544446 4/1979 United Kingdom .
- 8200047 1/1982 WIPO .

OTHER PUBLICATIONS

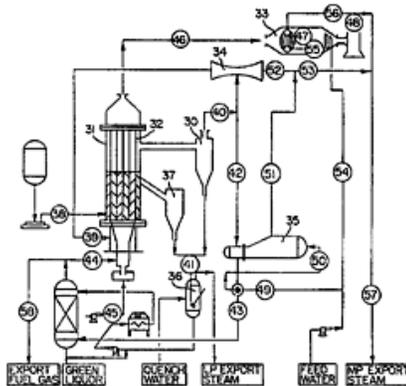
Soviet Inventions Illustrated, Section PQ, Week E37, Oct. 27, 1982, Derwent Publications Ltd., London, GB. Patent Abstracts of Japan, vol. 13, No. 286 (C-613) Jun. 29, 1989 and JP. A. 1 080 437 (Mcitetsuku K.K.) Mar. 27, 1989. Gasification: Route to the Promised Land?, Thomas M. Grace, PIMA, Jun. 1988, pp. 75-76.

Primary Examiner—Steven Alvo
Attorney, Agent, or Firm—Dority & Manning, P.A.

[57] ABSTRACT

Resonant tubes of a pulse combustor are immersed in a bed of solid particles in a reaction zone to provide indirect heat from the pulsating combustion gases to the solid particles of the bed. The bed is maintained in an agitated state by a gas or vapor flowing through the bed. Reactant materials are introduced into the agitated bed and undergo reaction at enhanced rates resulting from heat transfer coefficients at least about twice as high as those of steady flow combustors and an intense acoustic pressure level propagated from the pulsating combustor into the reaction zone. The apparatus is useful, for example, to steam reform heavy hydrocarbons and to gasify carbonaceous material, including biomass and black liquor to produce combustible gas at relatively low temperatures, with steam being utilized as the bed fluidizing medium. Black liquor gasification, utilizing sodium carbonate as bed solids, results in liquor energy and chemical content recovery without smelt production.

27 Claims, 5 Drawing Sheets





US005573559A

United States Patent [19]

Hilliard et al.

[11] Patent Number: **5,573,559**

[45] Date of Patent: **Nov. 12, 1996**

- [54] **METHOD FOR MUNICIPAL WASTE GASIFICATION**
- [75] Inventors: **Wesley P. Hilliard, Huntington; Scott Barney, Ferron, both of Utah**
- [73] Assignee: **Emery Recycling Corporation, Castle Dale, Utah**
- [21] Appl. No.: **546,294**
- [22] Filed: **Oct. 20, 1995**

4,308,807	1/1982	Stokes	110/257
4,309,195	1/1982	Rotters	48/76
4,459,136	7/1984	Linneborn et al.	48/111
4,530,702	7/1985	Fetters et al.	48/209
4,718,362	1/1988	Santén et al.	110/346
4,732,091	3/1988	Gould	110/229
4,977,840	12/1990	Summers	110/346
5,069,765	12/1991	Lewis	204/173
5,089,030	2/1992	Michel-Kim	48/76
5,138,957	8/1992	Morey et al.	110/234
5,213,051	5/1993	Kaneko	110/229
5,226,927	7/1993	Rundstrom	48/76
5,230,716	7/1993	Notestein	48/62 R

Related U.S. Application Data

- [60] Division of Ser. No. 222,625, Apr. 4, 1994, Pat. No. 5,484,465, which is a continuation-in-part of Ser. No. 100,249, Aug. 2, 1993, abandoned.
- [51] Int. Cl.⁶ **C10J 3/14**
- [52] U.S. Cl. **48/203; 48/197 R; 48/209**
- [58] Field of Search **48/76, 111, 69, 48/203, 207, 209, 202, 66, 68, 88.1, 88.2, 86 R, 87, 197 R, 197 A; 110/229**

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

981.771 5/1951 France .

OTHER PUBLICATIONS

Gas Producers, pp. 1-13.
Primary Examiner—Peter Kratz
Attorney, Agent, or Firm—Madson & Metcalf

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

927,418	6/1909	Pettibone .	
1,849,279	3/1932	Cezanne .	
1,899,158	2/1933	Koller .	
2,143,017	1/1939	Koppers .	
2,306,030	12/1942	Zeuch	48/76
2,805,188	9/1957	Josenhans	202/9
2,890,107	6/1959	Flesch et al.	48/206
3,471,275	10/1969	Borggreen	48/209
3,707,129	12/1972	Kawashimo et al.	110/15
3,746,521	7/1973	Giddings	48/111
3,874,116	4/1975	White	48/209
3,918,374	11/1975	Yamamoto et al.	110/8 E
4,142,867	3/1979	Kiener	48/76
4,152,122	5/1979	Feldmann	48/111
4,235,675	11/1980	Bechthold	48/209
4,306,506	12/1981	Rotter	110/229

[57] ABSTRACT

Apparatus and method for gasification of waste are disclosed. Waste material is fed to the top of a first combustion chamber, and a burning, rotating annular column of waste is supported in the combustion chamber. Combustion air is introduced to the first combustion chamber at or below the support for the burning annular column of waste so that the combustion air moves upwardly through the burning column. Combustion gases are withdrawn from the top portion of the first combustion chamber. Particulates are removed and recirculated to the first combustion chamber. The combustion gases are then fed to the top portion of a second combustion chamber. Secondary combustion air and optional fuel are fed to the second combustion chamber to complete the gasification process. A relatively clean producer gas is withdrawn from the bottom portion of the secondary combustion chamber.

13 Claims, 10 Drawing Sheets

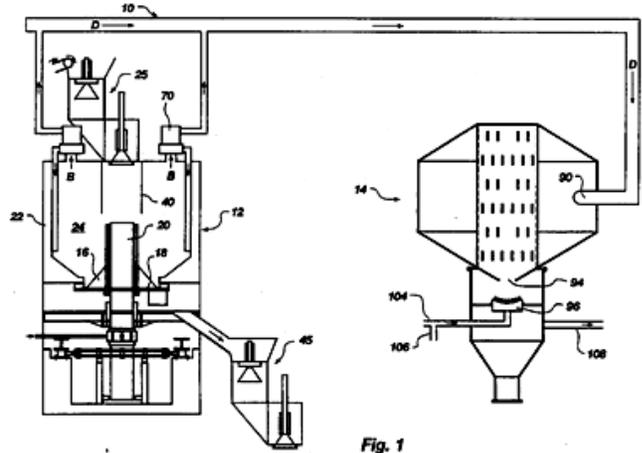


Fig. 1



United States Patent [19]

Mansour et al.

[11] Patent Number: **5,536,488**

[45] Date of Patent: ***Jul. 16, 1996**

[54] **INDIRECTLY HEATED THERMOCHEMICAL REACTOR PROCESSES**

4,439,272 3/1984 Nguyen .
4,522,685 6/1985 Feldmann .
4,529,377 7/1985 Zinn et al .

[75] Inventors: **Momtaz N. Mansour**, Columbia, Md.;
Kanda-Swamy Durai-Swamy,
Torrence; **David W. Warren**, Sherman
Oaks, both of Calif.

(List continued on next page.)

[73] Assignee: **Manufacturing and Technology
Conversion**, Columbia, Md.

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

2301633 9/1976 France .
3109685 9/1982 Germany .
879146 2/1980 U.S.S.R. .
644013 10/1950 United Kingdom .
665723 1/1952 United Kingdom .
1544446 1/1952 United Kingdom .
8200047 1/1982 WIPO .

[*] Notice: The term of this patent shall not extend
beyond the expiration date of Pat. No.
5,306,481.

OTHER PUBLICATIONS

[21] Appl. No.: **385,082**

Soviet Inventions Illustrated, Section PQ, Week E37, Oct.
27, 1982, Derwent Publications Ltd., London, GB.

[22] Filed: **Feb. 7, 1995**

Patent Abstracts of Japan, vol. 13, No. 286 (C-613) Jun. 29,
1989 and JP. A, 1 080 437 (Meitetsuku K.K.) Mar. 27, 1989.
Gasification: Route to the Promised Land? Thomas M.
Grace, PIMA, Jun. 1988, pp. 75-76.

Related U.S. Application Data

[63] Continuation of Ser. No. 127,308, Sep. 27, 1993, abandoned,
which is a continuation of Ser. No. 724,156, Jul. 1, 1991,
Pat. No. 5,306,481.

Primary Examiner—Wayne Langel
Attorney, Agent, or Firm—Dority & Manning

[51] Int. Cl.⁶ **C01B 3/26**

[52] U.S. Cl. **423/652**

[58] Field of Search 48/197 R, 214 A,
48/209, 94, 111; 423/652; 252/373; 422/139,
140, 142, 190

[57] ABSTRACT

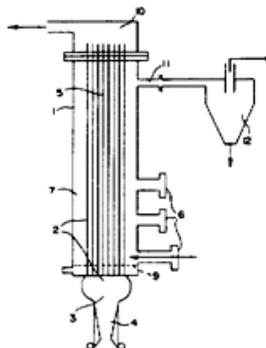
Resonant tubes of a pulse combustor are immersed in a bed of solid particles in a reaction zone to provide indirect heat from the pulsating combustion gases to the solid particles of the bed. The bed is maintained in an agitated state by a gas or vapor flowing through the bed. Reactant materials are introduced into the agitated bed and undergo reaction at enhanced rates resulting from heat transfer coefficients at least about twice as high as those of steady flow combustors and an intense acoustic pressure level propagated from the pulsating combustor into the reaction zone. The apparatus is useful, for example, to steam reform heavy hydrocarbons and to gasify carbonaceous material, including biomass and black liquor to produce combustible gas at relatively low temperatures, with steam being utilized as the bed fluidizing medium. Black liquor gasification, utilizing sodium carbonate as bed solids, results in liquor energy and chemical content recovery without smelt production.

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,539,466 1/1951 Parry .
2,619,415 11/1952 Hemminger 48/202
2,623,815 12/1952 Roetheli et al .
2,680,065 6/1954 Atwell .
2,683,657 5/1960 Garbo .
2,937,500 5/1960 Bodine, Jr. .
3,246,842 4/1966 Huber .
3,333,619 8/1967 Denis .
3,606,867 9/1971 Briffa .
3,918,374 11/1975 Yamamoto et al. .
3,966,634 6/1976 Sacks .
4,056,602 11/1977 Matovich .
4,059,416 11/1977 Matovich .
4,331,451 5/1982 Isogaya et al. 423/654

14 Claims, 5 Drawing Sheets





US005484465A

United States Patent [19]

Hilliard et al.

[11] Patent Number: **5,484,465**

[45] Date of Patent: **Jan. 16, 1996**

[54] APPARATUS FOR MUNICIPAL WASTE GASIFICATION

[75] Inventors: Wesley P. Hilliard, Huntington; Scott Barney, Ferron, both of Utah

[73] Assignee: Emery Recycling Corporation, Salt Lake City, Utah

[21] Appl. No.: 222,625

[22] Filed: Apr. 4, 1994

Related U.S. Application Data

[63] Continuation-in-part of Ser. No. 100,249, Aug. 2, 1993, abandoned.

[51] Int. Cl.⁶ C10J 3/42

[52] U.S. Cl. 48/76; 48/111; 48/66; 48/87

[58] Field of Search 48/76, 111, 69, 48/203, 207, 209, 202, 66, 68, 85.1, 85.2, 86 R, 87; 110/229

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

927,418	6/1909	Pettibone .	
1,849,279	3/1932	Cezanne .	
1,899,158	2/1933	Keller	48/66
2,143,017	1/1939	Koppers	48/66
2,306,030	12/1942	Zeuch	48/76
2,805,188	9/1957	Josenhans	202/9
2,890,107	6/1959	Flesch et al.	48/206
3,471,275	10/1969	Borggreen	48/209
3,707,129	12/1972	Kawashimo et al.	110/15
3,746,521	7/1973	Giddings	48/111
3,874,116	4/1975	White	48/209
3,918,374	11/1975	Yamamoto et al.	110/8 E
4,142,867	3/1979	Kiener	48/76
4,152,122	5/1979	Feldmann	48/111
4,306,506	12/1981	Rotter	110/229

4,308,807	1/1982	Stokes	110/257
4,309,195	1/1982	Rotter	48/76
4,459,136	7/1984	Linneborn et al.	48/111
4,530,702	7/1985	Fetters et al.	48/209
4,718,362	1/1988	Santén et al.	110/346
4,732,091	3/1988	Gould	110/229
4,977,840	12/1990	Summers	110/346
5,069,765	12/1991	Lewis	204/173
5,089,030	2/1992	Michel-Kim	48/76
5,138,957	8/1992	Morey et al.	110/234
5,213,051	5/1993	Kaneko	110/229
5,230,716	7/1993	Notestein	48/66
5,266,927	7/1993	Punelstom	48/66

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

981771 5/1951 France .

OTHER PUBLICATIONS

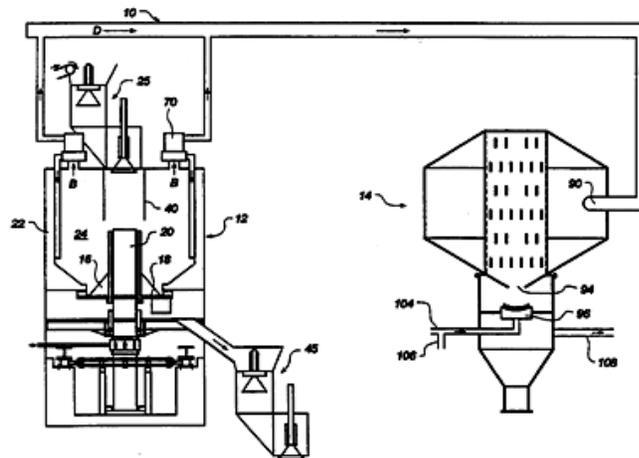
Gas Producers, pp. 1-13 (no date).

Primary Examiner—Peter Kratz
Attorney, Agent, or Firm—Madson & Metcalf

[57] ABSTRACT

Apparatus and method for gasification of waste are disclosed. Waste material is fed to the top of a first combustion chamber, and a burning, rotating annular column of waste is supported in the combustion chamber. Combustion air is introduced to the first combustion chamber at or below the support for the burning annular column of waste so that the combustion air moves upwardly through the burning column. Combustion gases are withdrawn from the top portion of the first combustion chamber. Particulates are removed and recirculated to the first combustion chamber. The combustion gases are then fed to the top portion of a second combustion chamber. Secondary combustion air and optional fuel are fed to the second combustion chamber to complete the gasification process. A relatively clean producer gas is withdrawn from the bottom portion of the second combustion chamber.

32 Claims, 10 Drawing Sheets





US005470361A

United States Patent [19]

[11] Patent Number: **5,470,361**

Linke et al.

[45] Date of Patent: **Nov. 28, 1995**

[54] **PROCESS FOR WORKING UP MUNICIPAL PLASTIC WASTE MATERIALS BY GASIFICATION**

4,978,369 12/1990 Pontow et al. 48/197 R
5,369,947 12/1994 Dammersdorf et al. 60/39.02

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

[75] Inventors: **Adolf Linke; Werner Pohl; Karl Schmid**, all of Essen; **Rolf Wetzel**, Heiligenhaus, all of Germany

3832804 3/1990 Germany 423/240 R

[73] Assignee: **Krupp Koppers GmbH**, Essen, Germany

Primary Examiner—Peter Kratz
Attorney, Agent, or Firm—Michael J. Striker

[57] ABSTRACT

[21] Appl. No.: **331,364**

In the process for gasification of municipal waste plastic waste material pieces of about a 20 mm piece size are compressed and heated at a pressure of from 40 to 80 bar until at a temperature of from 230° to 300° C. to produce an HCl-containing gas and a plastic waste material containing less than 3000 mg of HCl per kg and the HCl-containing gas produced is washed with water to produce a hydrochloric acid solution. The plastic waste material is then heated further until at a temperature of from 400° to 500° C. to form a plastic melt having a viscosity of less than 300 cSt, advantageously less than 50 cSt. This plastic melt is gasified at a pressure of 4 bar with oxygen in a flame reaction to form a crude gas containing a preponderant proportion of CO in relation to CO₂ in a gasification chamber having a central temperature of about 1600° C. The crude gas is withdrawn from the gasification reactor at a temperature of 1300° to 1600° C., quenched with a water spray to cool it until at a temperature of 700° to 900° C. and then further cooled by indirect heat transfer in a heat exchanger producing steam until at a temperature of from 220° to 300° C. The cooled crude gas is dedusted until a dust content of less than 20 mg/Nm³ of crude gas is reached and the dedusted gas is washed and desulfurized to form the product gas.

[22] Filed: **Oct. 27, 1994**

[30] Foreign Application Priority Data

Oct. 27, 1993 [DE] Germany 43 36 580.9

[51] Int. Cl.⁶ **C10J 3/06; C10K 1/02; C10K 1/06**

[52] U.S. Cl. **48/197 R; 48/209; 252/373; 423/240 R; 423/418.2**

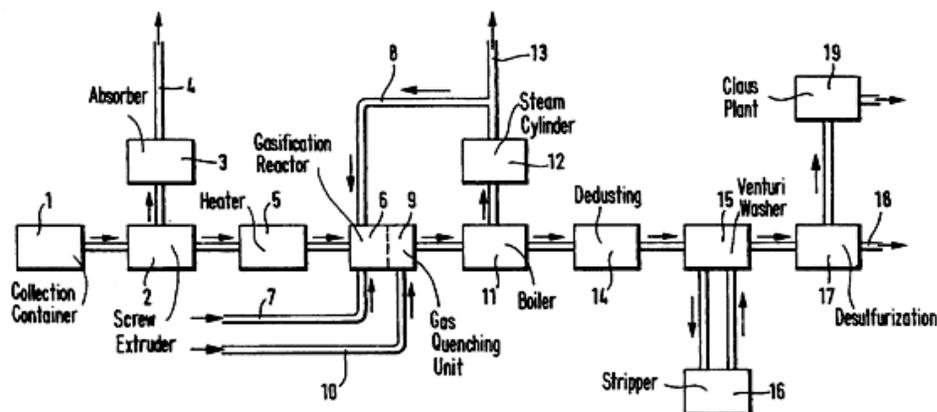
[58] Field of Search 48/197 R, 206, 48/209, 203; 252/373; 423/240 R, 418.2, 481; 585/240, 241; 588/205, 213, 220, 226, 216; 60/39.02

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

3,671,209 6/1972 Teichmann et al. 48/207
3,843,339 10/1974 Saito 48/209
3,956,414 5/1976 Oshima 585/241
4,468,376 8/1984 Suggitt 423/240 R
4,833,877 5/1989 Ahland et al. 60/39.02
4,969,931 11/1990 Wu et al. 252/373

11 Claims, 1 Drawing Sheet





US005425792A

United States Patent [19]

Bishop et al.

[11] Patent Number: **5,425,792**

[45] Date of Patent: **Jun. 20, 1995**

[54] **METHOD FOR GASIFYING ORGANIC MATERIALS**

[75] Inventors: **Norman G. Bishop, Houston, Tex.; Ricardo Viramontes-Brown, Garza Garcia, Mexico**

[73] Assignees: **Hylsa, S.A. de C.V., Monterrey, Mexico; Proler Environmental Services, Inc., Houston, Tex.**

[21] Appl. No.: **158,195**

[22] Filed: **Nov. 24, 1993**

Related U.S. Application Data

[63] Continuation of Ser. No. 879,608, May 7, 1992, abandoned.

[51] Int. Cl.⁶ **C10J 3/14**

[52] U.S. Cl. **48/197 R; 48/209; 75/493; 75/505; 252/373**

[58] Field of Search **48/197 R, 203, 206, 48/209, 210, 190; 252/373; 75/493, 505**

References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

1,270,949	7/1918	Hornsey	48/203
1,677,758	7/1928	Frank	48/210
2,276,526	3/1942	Von Fuchs et al.	
2,640,010	5/1953	Hoover	
2,805,188	9/1957	Josenhans	48/210
2,978,998	4/1961	Frankland	
3,193,496	7/1965	Hartung	
3,471,275	10/1969	Borggreen	
3,639,111	2/1972	Brink et al.	
3,687,646	8/1972	Brent et al.	
3,718,446	2/1973	Brink et al.	
3,729,298	4/1973	Anderson	
3,759,677	9/1973	White	
3,761,568	9/1973	Brink et al.	
3,788,244	1/1974	Polsak et al.	
3,817,724	6/1974	Ellis et al.	
3,842,762	10/1974	Sargent et al.	
3,848,548	11/1974	Bolejack, Jr. et al.	
3,874,116	4/1975	White	
3,936,426	6/1976	Hand	
3,938,449	2/1976	Frisz et al.	
3,938,450	2/1976	Jaronko et al.	
3,990,865	11/1976	Cybrirsky et al.	48/197 R

4,017,273	4/1977	Anderson	
4,028,068	6/1977	Kiener	
4,030,895	6/1977	Caughey	
4,042,345	8/1977	Anderson	
4,063,903	12/1977	Benington et al.	
4,095,958	6/1978	Caughey	

(List continued on next page.)

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

537244	2/1957	Canada	
1206335	6/1986	Canada	
2748785	5/1978	Germany	48/209
2751007	5/1979	Germany	
2925620A1	1/1981	Germany	
2944989A1	5/1981	Germany	
2123028	12/1982	United Kingdom	
2202547	9/1988	United Kingdom	
632724	11/1978	U.S.S.R.	
721460	3/1980	U.S.S.R.	

OTHER PUBLICATIONS

Processing of Plastic Waste and Scrap Tires into Chemical Raw Materials, Especially by Pyrolysis, Hansjörg Sinn, Walter Kaminsky, and Jörg Janning, Angew Chem. Int. Ed. Engl./vol. 15 (1976) No. 11, 660-672.

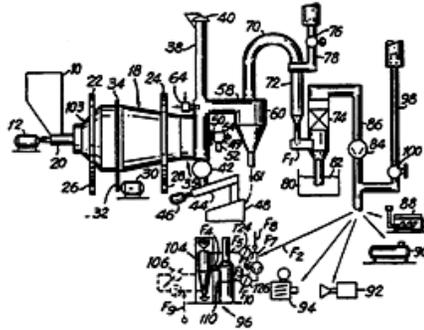
(List continued on next page.)

Primary Examiner—Peter Kratz
Attorney, Agent, or Firm—A. Thomas S. Safford

[57] ABSTRACT

A process and apparatus for gasification of organic materials (typically incorporated in domestic and industrial wastes, including auto shredder residues) to produce useful synthesis gas (primarily CO & H₂) with effectively non-toxic ash residue by means of a preferably stoichiometric burner directed into a single stage reactor containing a tumbling charge thus heated to 650° to 800° C. (below the incipient fusion temperature of the charge) resulting in thermally cracking and gasifying the organic materials in the charge and reacting the complex hydrocarbons and gas evolved with the CO₂ and H₂O generated by the burner by combustion of a fuel and oxygen-containing gas at a high flame temperature, typically 2500° to 3000° C.

18 Claims, 3 Drawing Sheets





US005423891A

United States Patent [19]
Taylor

[11] Patent Number: 5,423,891
[45] Date of Patent: Jun. 13, 1995

[54] METHOD FOR DIRECT GASIFICATION OF SOLID WASTE MATERIALS

[76] Inventor: Robert A. Taylor, 368 Ferry Point Rd., Pasadena, Md. 21122

[21] Appl. No.: 57,770

[22] Filed: May 6, 1993

[51] Int. Cl.⁶ C10J 3/20

[52] U.S. Cl. 48/197 R; 48/197 A; 48/209

[58] Field of Search 48/197 R, 197 A, 111, 48/209; 201/2, 5, 11, 25; 585/240, 241; 423/445 R, 449.7, 449.8, 449.9

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

3,008,894	11/1961	Culbertson	201/12
3,616,266	10/1971	Hall et al.	201/12
3,787,292	1/1974	Keappler	48/111
4,308,103	12/1981	Rotter	48/111
4,439,209	3/1984	Wilwerding et al.	48/111
4,448,588	5/1984	Cheng	48/111
4,557,204	12/1985	Faehle	48/197 R
4,618,735	10/1986	Bridle et al.	585/240
4,686,008	8/1987	Gibson	585/241
4,935,038	6/1990	Wolf	48/197 R
5,084,141	1/1992	Holland	585/241

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

0011037	5/1980	European Pat. Off.	48/111
3102389	9/1982	Germany	48/209
3539956	5/1987	Germany	48/209
4041284	6/1991	Germany	207/25

OTHER PUBLICATIONS

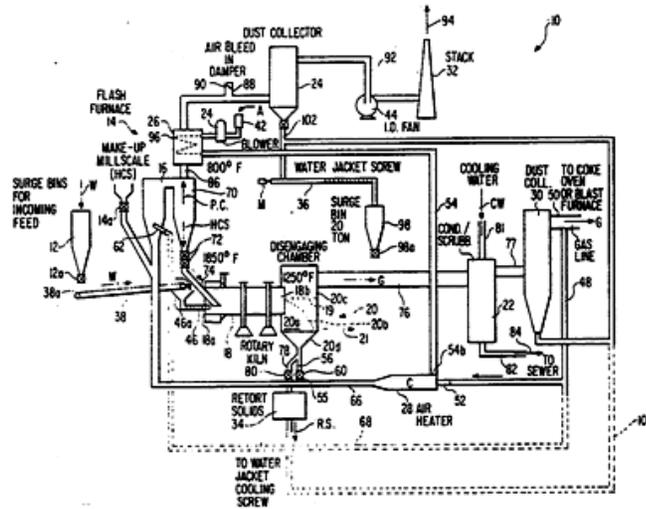
"Spent-tire pyrolysis may add bounce to recycling", Chemical Engineering, Aug. 2, 1976, p. 52.

Primary Examiner—Peter Kratz
Attorney, Agent, or Firm—Sughrue, Mion, Zinn, Macpeak & Seas

[57] ABSTRACT

Direct gasification of a high BTU content fuel gas from a hydrocarbon content solid waste material W which may include some glass content is effected by preheating heat carrier solids HCS in a flash calciner to a temperature capable of thermally cracking the hydrocarbon content of the solid waste material W directly into the high BTU content fuel gas. The HCS are separated from the products of combustion and fed into a gas sealed refractory lined horizontal axis rotary kiln retort concurrently with the solid waste W. Momentary contact and mixing of the solid waste W with the HCS in the rotary kiln in the absence of oxygen is sufficient to directly thermally crack the solid waste material into the high BTU gas product. Separated HCS are returned to the flash calciner for reheating. A trommel, coupled directly to the output of the rotary kiln retort and having a trommel screen with mesh openings smaller than glass agglomerates, but sized larger than the HCS, permits separation of the HCS and discharging of glass agglomerates from the downstream end of the trommel screen to prevent shut down of the direct gasification unit. Direct gasification of steel industry waste water treatment plant sludge, automobile shredded refuse ASR, municipal solid waste MSW and refuse derived fuel RDF and oil mill scale is effectively achieved, irrespective of glass content contaminant.

22 Claims, 3 Drawing Sheets





US005306481A

United States Patent [19]

[11] Patent Number: **5,306,481**

Mansour et al.

[45] Date of Patent: **Apr. 26, 1994**

[54] INDIRECTLY HEATED THERMOCHEMICAL REACTOR APPARATUS AND PROCESSES

[75] Inventors: Momtaz N. Mansour, Columbia, Md.; Kanda-Swamy Durai-Swamy, Torrence; David W. Warren, Sherman Oaks, both of Calif.

[73] Assignee: Manufacturing and Technology Conversion International, Inc., Columbia, Md.

[21] Appl. No.: 724,156

[22] Filed: Jul. 1, 1991

Related U.S. Application Data

[62] Division of Ser. No. 310,202, Feb. 14, 1989, Pat. No. 5,059,404.

[51] Int. Cl.⁵ C01B 3/26

[52] U.S. Cl. 423/652; 48/94; 48/111; 48/197 R; 48/209; 48/214 A; 252/373; 422/139; 422/140; 422/142; 422/190

[58] Field of Search 48/197 R, 214 A, 209, 48/94, 111; 423/652; 252/373; 422/139, 140, 142, 190

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,513,022 6/1950 Helmers et al. 423/652
2,619,415 11/1952 Hemminger 48/202
3,304,249 2/1967 Katz 423/DIG. 16

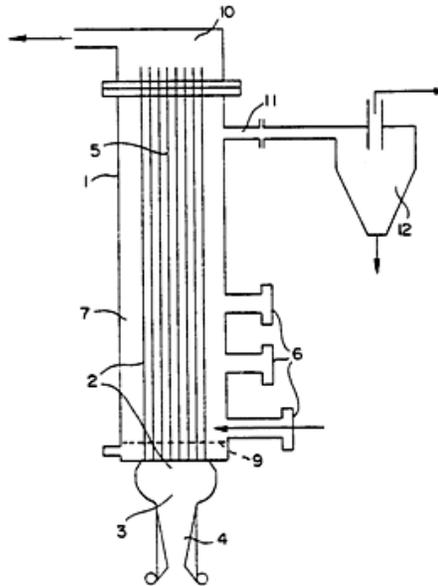
3,522,019 7/1970 Buswell et al. 423/652
3,890,112 6/1975 Aldridge 48/197 R
4,309,198 1/1982 Moss 48/197 R
4,331,451 5/1982 Isogaya et al. 423/652
4,483,691 11/1984 McShea et al. 48/197 R
4,770,626 9/1988 Zinn et al. 431/1
4,865,625 9/1989 Mudge et al. 48/197 R

Primary Examiner—Wayne Langel
Attorney, Agent, or Firm—Dority & Manning

[57] ABSTRACT

Resonant tubes of a pulse combustor are immersed in a bed of solid particles in a reaction zone to provide indirect heat from the pulsating combustion gases to the solid particles of the bed. The bed is maintained in an agitated state by a gas or vapor flowing through the bed. Reactant materials are introduced into the agitated bed and undergo reaction at enhanced rates resulting from heat transfer coefficients at least about twice as high as those of steady flow combustors and an intense acoustic pressure level propagated from the pulsating combustor into the reaction zone. The apparatus is useful, for example, to steam reform heavy hydrocarbons and to gasify carbonaceous material, including biomass and black liquor to produce combustible gas at relatively low temperatures, with steam being utilized as the bed fluidizing medium. Black liquor gasification, utilizing sodium carbonate as bed solids, results in liquor energy and chemical content recovery without smelt production.

5 Claims, 5 Drawing Sheets





US005136808A

United States Patent [19]
Calderon

[11] **Patent Number:** 5,136,808
[45] **Date of Patent:** Aug. 11, 1992

- [54] **SLAGGING GASIFICATION APPARATUS**
- [76] **Inventor:** Albert Calderon, 1065 Melrose, Bowling Green, Ohio 43402
- [21] **Appl. No.:** 521,545
- [22] **Filed:** May 10, 1990

Related U.S. Application Data

- [63] Continuation-in-part of Ser. No. 198,862, May 26, 1988, Pat. No. 4,927,430.
- [51] **Int. Cl.⁵** C10J 3/52; C10J 3/72
- [52] **U.S. Cl.** 48/62 R; 48/69; 48/76; 48/87; 48/DIG. 2
- [58] **Field of Search** 48/62 R, 69, 76, 77, 48/87, 111, DIG. 2, 65; 110/165 R, 171

References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

- | | | | |
|-----------|---------|----------|-----------|
| 2,701,755 | 2/1955 | Strasser | 48/DIG. 2 |
| 4,129,422 | 12/1978 | Wood | 48/62 R |
| 4,247,367 | 1/1981 | Reilly | 201/16 |
| 4,268,275 | 5/1981 | Chittick | 48/111 |
| 4,312,637 | 1/1982 | Loftus | 48/77 |

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

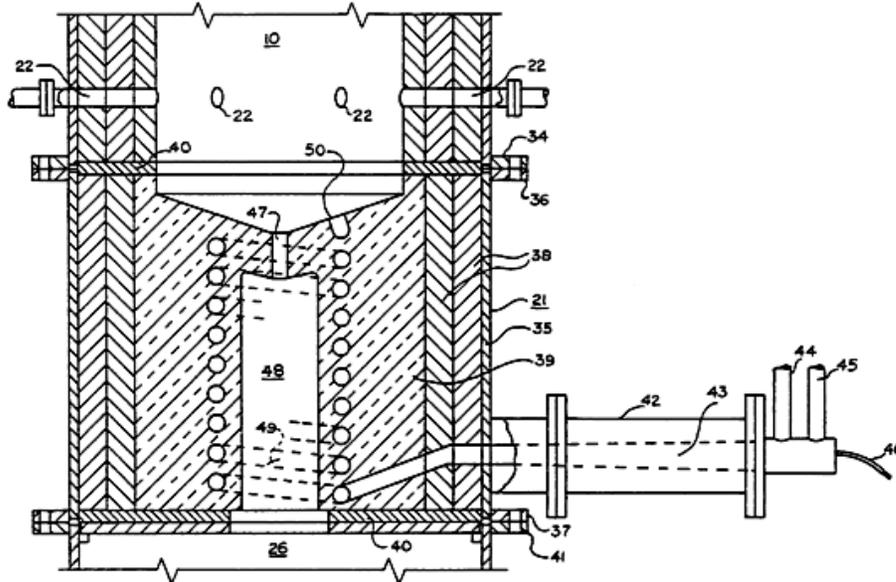
206490 11/1984 Japan 48/DIG. 2

Primary Examiner—Joyce L. Woodard
Attorney, Agent, or Firm—MacMillan, Sobanski & Todd

[57] **ABSTRACT**

A gasifier for the gasification of a fuel material includes a chamber in which the material is converted into a gas and a molten slag. A quenching apparatus is provided for cooling and solidifying the molten slag. A nozzle extends between the chamber and the quenching apparatus. The nozzle includes an orifice having an inlet end for receiving the molten slag from the chamber and an outlet end for discharging the molten slag into the quenching apparatus. A recessed zone is provided between the outlet end of the orifice and the quenching apparatus. The recessed zone may be formed within the nozzle. An electric induction heating coil provides heat in the recessed zone to prevent the solidification of the slag at the outlet end of the orifice.

18 Claims, 2 Drawing Sheets





US005104419A

United States Patent [19]
Funk

[11] Patent Number: 5,104,419
[45] Date of Patent: Apr. 14, 1992

- [54] **SOLID WASTE REFINING AND CONVERSION TO METHANOL**
- [76] Inventor: **Harald F. Funk**, 68 Elm St., Murray Hill, N.J. 07974
- [21] Appl. No.: **486,394**
- [22] Filed: **Feb. 28, 1990**
- [51] Int. Cl.⁵ **C10J 3/14; C10J 3/60; C10J 3/66**
- [52] U.S. Cl. **48/209; 48/197 R; 252/373; 518/703**
- [58] Field of Search **48/209, 197 R, 203; 201/36, 29, 2.5, 25, 37, 30; 518/703; 62/12; 252/373**

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

- 3,849,332 11/1974 Bailey et al. .
- 3,864,097 2/1975 Urban .
- 3,928,000 12/1975 Child et al. .
- 3,970,524 7/1976 Funk 201/2.5
- 4,031,189 6/1977 Gemmeke et al. .
- 4,078,973 3/1978 Choi et al. .
- 4,082,615 4/1978 Komuro et al. .
- 4,101,412 7/1978 Choi .
- 4,162,959 7/1979 Duraiswamy .
- 4,301,147 11/1981 Williams et al. .
- 4,348,487 9/1982 Goldstein et al. 48/197 R
- 4,353,713 10/1982 Cheng .
- 4,406,118 9/1983 Funk .

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

- 2460901 7/1975 Fed. Rep. of Germany 518/703

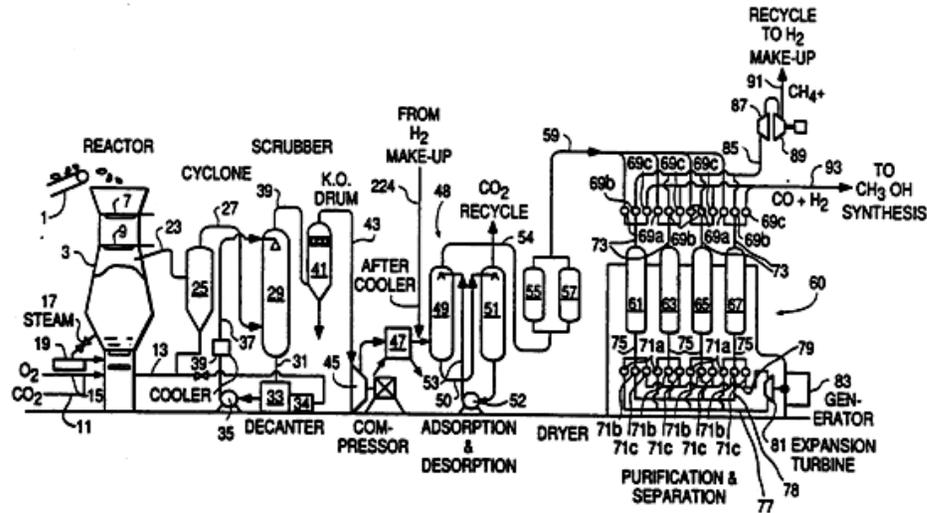
Primary Examiner—Joye L. Woodard

Attorney, Agent, or Firm—Sixbey, Friedman, Leedom & Ferguson

[57] **ABSTRACT**

A process for converting solid waste into a synthesis suitable for producing liquid fuel, comprising (a) partially oxidizing and combusting solid waste material in a closed combustion zone at a temperature of 800°–1000° C. and at a pressure below ambient to produce combustion gases by introducing into the combustion zone a gaseous oxidant comprising oxygen having a purity of at least 95% by volume and carbon dioxide in an oxygen to carbon dioxide ratio, by volume, of about 50:50, (b) conducting the combustion gases, oxygen and carbon dioxide through the solid waste material; (c) withdrawing a producer gas comprising the combustion gases and any unreacted oxygen and carbon dioxide; (d) removing particulate matter from the producer gas; (e) separating carbon dioxide from the producer gas and recycling a portion of the separated carbon dioxide to the combustion zone; (f) separating the less volatile, condensable components of the carbon dioxide-free producer gas, from the more volatile, non-condensable synthesis gas components thereof, and (g) compressing the producer gas at some time prior to the completion step (e). In a preferred embodiment, the more volatile components and at least a portion of the separated carbon dioxide from step (e) are admixed and the resulting admixed gas mixture is reacted to form methanol. Preferably, the less volatile components are converted by chemical reaction to hydrogen and the hydrogen is recycled into admixture with the producer gas at some time prior to the commencement of step (e).

38 Claims, 4 Drawing Sheets



United States Patent [19]

Mansour et al.

[11] **Patent Number:** 5,059,404

[45] **Date of Patent:** Oct. 22, 1991

- [54] **INDIRECTLY HEATED THERMOCHEMICAL REACTOR APPARATUS AND PROCESSES**
- [75] **Inventors:** Momtaz N. Mansour, Columbia, Md.; Kanda-Swamy Durai-Swamy, Torrence; David W. Warren, Sherman Oaks, both of Calif.
- [73] **Assignee:** Manufacturing and Technology Conversion International, Inc., Columbia, Md.
- [21] **Appl. No.:** 310,202
- [22] **Filed:** Feb. 14, 1989
- [51] **Int. Cl.⁵** B01J 8/18; C01B 3/02; D21C 11/12; F27B 15/14
- [52] **U.S. Cl.** 423/201; 48/62 R; 48/73; 48/77; 48/111; 48/197 R; 48/202; 48/209; 110/245; 162/30.11; 422/139; 422/146; 422/224; 423/206 R; 423/648.1; 423/659; 423/DIG. 16; 431/1
- [58] **Field of Search** 422/139, 146, 224; 423/207, 659, DIG. 16; 431/1; 48/197 R, 202, 209, 73, 77, 111, 62 R

4,529,377	7/1985	Zinn et al.	431/1
4,655,146	4/1987	Lemelson	110/188
4,682,985	7/1987	Kohl	48/197 R
4,699,588	10/1987	Zinn et al.	431/1
4,708,159	11/1987	Lockwood	431/1
4,773,918	9/1988	Kohl	48/197 R
4,951,613	8/1990	Harandi et al.	422/146

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

2301633	9/1976	France	.
8200047	1/1982	PCT Int'l Appl.	.
644013	10/1950	United Kingdom	.
665723	1/1952	United Kingdom	.

Primary Examiner—Wayne A. Langel
Attorney, Agent, or Firm—Dority & Manning

[57] **ABSTRACT**

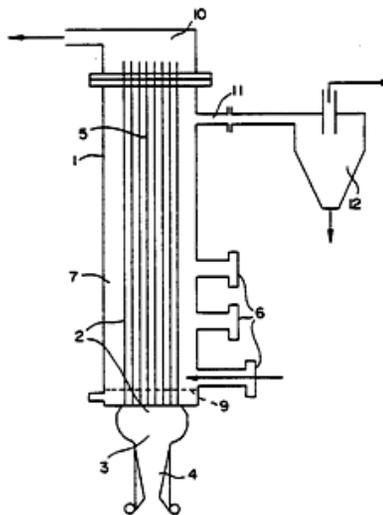
Resonant tubes of a pulse combustor are immersed in a bed of solid particles in a reaction zone to provide indirect heat from the pulsating combustion gases to the solid particles of the bed. The bed is maintained in an agitated state by a gas or vapor flowing through the bed. Reactant materials are introduced into the agitated bed and undergo reaction at enhanced rates resulting from heat transfer coefficients at least about twice as high as those of steady flow combustors and an intense acoustic pressure level propagated from the pulsating combustor into the reaction zone. The apparatus is useful, for example, to steam reform heavy hydrocarbons and to gasify carbonaceous material, including biomass and black liquor to produce combustible gas at relatively low temperatures, with steam being utilized as the bed fluidizing medium. Black liquor gasification, utilizing sodium carbonate as bed solids, results in liquor energy and chemical content recovery without smelt production.

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,539,466	1/1951	Parry	48/202
2,619,415	11/1952	Hemminger	48/202
2,623,815	12/1952	Roetheli et al.	48/73
2,680,065	6/1954	Atwell	48/202
2,683,657	7/1954	Garbo	422/146
2,937,500	5/1960	Bodine	.
2,979,390	4/1961	Garbo	48/202
3,246,842	4/1966	Huber	431/1
3,333,619	8/1967	Denis	431/1
3,606,867	9/1971	Briffa	431/1
3,966,634	6/1976	Sacks	48/202

30 Claims, 6 Drawing Sheets



- [54] **HYDROPYROLYSIS PROCESS**
 [75] **Inventors:** Alan Z. Ullman, Northridge; Jacob Silverman, Woodland Hills; Joseph Friedman, Huntington Beach, all of Calif.
 [73] **Assignee:** Rockwell International Corporation, El Segundo, Calif.
 [21] **Appl. No.:** 693,319
 [22] **Filed:** Jan. 22, 1985

Related U.S. Application Data

- [63] Continuation of Ser. No. 432,231, Oct. 1, 1982, abandoned.
 [51] **Int. Cl.⁴** C10J 3/46
 [52] **U.S. Cl.** 48/197 R; 48/206; 48/210; 201/29; 201/38; 423/655; 423/659; 585/733; 585/943
 [58] **Field of Search** 48/197 R, 202, 206, 48/209, 210, 213; 252/373; 585/733, 943; 423/648 R, 655, 659; 201/28, 29, 38

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,840,462	6/1958	Gorin	585/733
3,698,882	10/1972	Garret et al.	48/210
3,847,567	11/1974	Kalina et al.	48/202
3,874,116	4/1975	White	48/209
3,993,457	11/1976	Cahn et al.	48/197 R
4,121,912	10/1978	Barber et al.	48/197 R
4,162,959	7/1979	Duraiswamy	208/8 R
4,183,733	1/1980	Jager	48/77
4,217,201	8/1980	Chervenak	208/8 R
4,229,185	10/1980	Sass	48/197 R
4,312,638	1/1982	Koump	48/197 R
4,322,222	3/1982	Sass	48/197 R

OTHER PUBLICATIONS

Gallagher, Jr., J. E., and Marshall, H. A., "Production

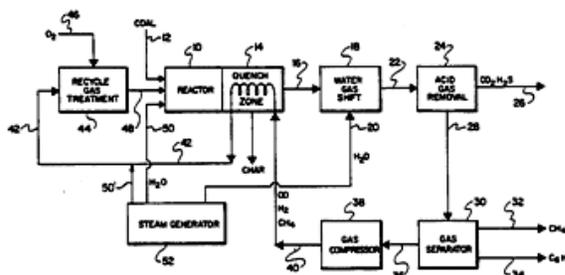
of SNG from Illinois Coal via Catalytic Gasification", *AIChE Symposium on Reactor Engineering in Processing Solid Fossil Fuels*, Nov. 1978.

Primary Examiner—Barry S. Richman
Assistant Examiner—Joye L. Woodard
Attorney, Agent, or Firm—H. Fredrick Hamann; Harry B. Field; Clark E. DeLarvin

[57] **ABSTRACT**

An improved process for producing a methane-enriched gas wherein a hydrogen-deficient carbonaceous material is treated with a hydrogen-containing pyrolysis gas at an elevated temperature and pressure to produce a product gas mixture including methane, carbon monoxide and hydrogen. The improvement comprises passing the product gas mixture sequentially through a water-gas shift reaction zone and a gas separation zone to provide separate gas streams of methane and of a recycle gas comprising hydrogen, carbon monoxide and methane for recycle to the process. A controlled amount of steam also is provided which when combined with the recycle gas provides a pyrolysis gas for treatment of additional hydrogen-deficient carbonaceous material. The amount of steam used and the conditions within the water-gas shift reaction zone and gas separation zone are controlled to obtain a steady-state composition of pyrolysis gas which will comprise hydrogen as the principal constituent and a minor amount of carbon monoxide, steam and methane so that no external source of hydrogen is needed to supply the hydrogen requirements of the process. In accordance with a particularly preferred embodiment, conditions are controlled such that there also is produced a significant quantity of benzene as a valuable coproduct.

13 Claims, 1 Drawing Figure



[54] SYSTEM AND METHOD FOR GASIFICATION OF SOLID CARBONACEOUS FUELS

[75] Inventor: Gordon H. Tucker, Enumclaw, Wash.

[73] Assignee: Everett Metal Products, Inc., Everett, Wash.

[21] Appl. No.: 284,605

[22] Filed: Jul. 20, 1981

Related U.S. Application Data

[63] Continuation of Ser. No. 142,061, Apr. 4, 1980, abandoned.

[51] Int. Cl.³ C10J 3/66

[52] U.S. Cl. 48/62 R; 48/77; 48/63; 48/111; 48/197 R; 48/202; 48/209; 422/211

[58] Field of Search 48/202, 206, 63, 64, 48/77, 111, 209, 197 R, 62 R; 201/16, 37, 2.5; 110/229; 202/113, 109, 99, 117, 121; 422/211, 187

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

927,418 7/1909 Loomis et al. 48/202
3,844,733 10/1974 Donath 48/202

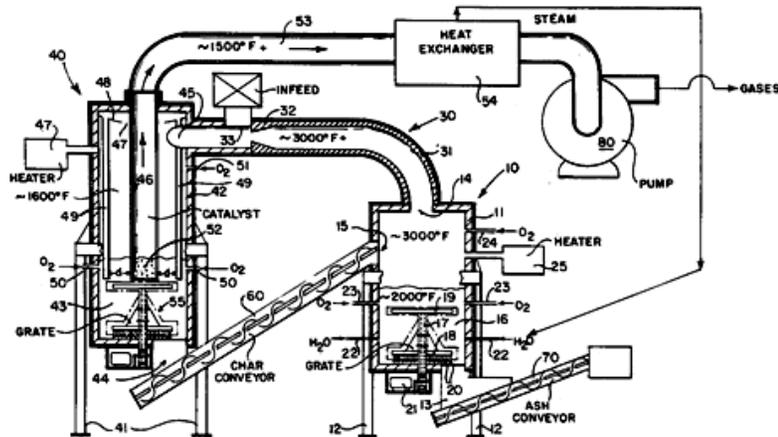
4,268,275 5/1981 Chittick 48/111
4,278,446 7/1981 Von Rosenberg, Jr. et al. 48/206

Primary Examiner—William F. Smith
Attorney, Agent, or Firm—Seed, Berry, Vernon & Baynham

[57] ABSTRACT

A system is disclosed for the conversion of solid carbonaceous fuels to combustible gases having a high energy content. The system utilizes a two-stage reaction system where a particulate fuel is entrained in a high velocity, hot gas stream emanating from a fixed-bed char reactor, the particulate fuel delivered to a gasification reactor by the hot gas stream while being rapidly heated (fast pyrolyzed). The gases produced are drawn a fixed distance through a bed of char at the bottom of the gasification reactor, after which they are withdrawn from the reactor and cooled. To promote methanation, the generated gases, after passing through the fixed bed of char in the gasification reactor, exit the reactor through a dip leg within the reactor filled with a catalyst which promotes methanation. Char from the gasification reactor is continuously removed and delivered to the fixed-bed char reactor where an oxygen-containing gas (air or oxygen) and steam are injected into the bed of char to produce the hot gas stream used to entrain the incoming particulate solid fuel.

10 Claims, 1 Drawing Figure



- [54] **PRODUCTION OF A FUEL GAS WITH A STABILIZED METAL CARBIDE CATALYST**
- [75] Inventors: Radon Tolman, Evergreen; Frank M. Stephens, Jr., Lakewood, both of Colo.
- [73] Assignee: Enecon, Inc., Golden, Colo.
- [21] Appl. No.: 202,319
- [22] Filed: Oct. 30, 1980

Related U.S. Application Data

- [63] Continuation-in-part of Ser. No. 928,506, Jul. 27, 1978, abandoned.
- [51] Int. Cl.³ C10J 3/54
- [52] U.S. Cl. 48/197 R; 48/202; 48/209; 48/210
- [58] Field of Search 48/197 R, 202, 206, 48/209, 210; 252/373; 585/733

References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

1,495,776	5/1924	Burdick	48/210
2,113,774	4/1938	Schmalfeldt	48/202
2,527,130	8/1950	Hemming	
2,589,925	5/1952	Cain et al.	
2,694,623	11/1954	Welty et al.	48/197 R
3,031,287	4/1962	Benson et al.	48/197
3,847,567	11/1974	Kalina et al.	48/202

4,118,204	10/1978	Eakman et al.	48/197 R
4,134,907	1/1979	Stephens	48/197 R
4,184,852	1/1980	Russ	48/197 R

OTHER PUBLICATIONS

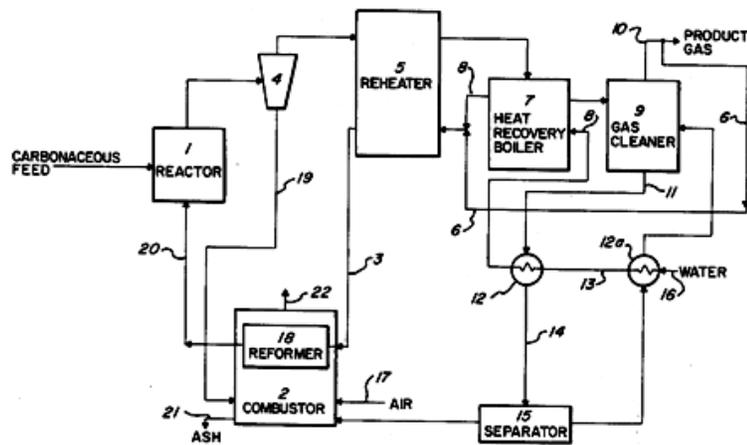
- Burton et al., Levy, Properties of Carbides, Nitrides, Borides, Advanced Materials in Catalysis, pp. 101-127, 1977.
- EPRI, "Thermodynamically Stable Forms of Elements in the Hygas Gasifier".
- Bulletin of Alloy Phase Diagrams, vol. 2, No. 1, 1981, p. 25.
- Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chem. Tech., vol. 18, 2nd Ed., 1969, pp. 125-128.

Primary Examiner—Peter F. Kratz
 Attorney, Agent, or Firm—Sheridan, Ross & McIntosh

[57] **ABSTRACT**

A fuel gas containing methane is produced from a carbonaceous material in a single reaction zone by reacting the carbonaceous material in the presence of a stabilized metal carbide catalyst and water vapor and/or carbon dioxide at a temperature of from about 500° C. to about 900° C. The water vapor and/or carbon dioxide is maintained in an amount of from about 10 to about 30 percent by volume.

27 Claims, 2 Drawing Figures



- [54] **HYBRID BIO-THERMAL LIQUEFACTION**
- [75] Inventors: David P. Chynoweth, St. Charles;
Paul B. Tarman, Elmhurst, both of Ill.
- [73] Assignee: Institute of Gas Technology, Chicago, Ill.
- [21] Appl. No.: 186,248
- [22] Filed: Sep. 11, 1980

Related U.S. Application Data

- [63] Continuation-in-part of Ser. No. 113,242, Jan. 18, 1980, Pat. No. 4,289,625.
- [51] Int. Cl.³ C12P 7/08
- [52] U.S. Cl. 435/163; 435/165; 127/37; 210/610
- [58] Field of Search 210/610, 611, 768-771, 210/774; 435/161-165; 127/36, 37

References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

- | | | | | |
|-----------|--------|-----------|-------|-----------|
| 2,312,196 | 2/1943 | St.-Leger | | 435/165 |
| 3,728,279 | 4/1973 | Salomone | | 210/611 X |
| 4,093,516 | 6/1978 | Lang | | 435/165 |
| 4,094,740 | 6/1978 | Lang | | 435/165 X |
| 4,200,523 | 4/1980 | Balmat | | 210/611 |

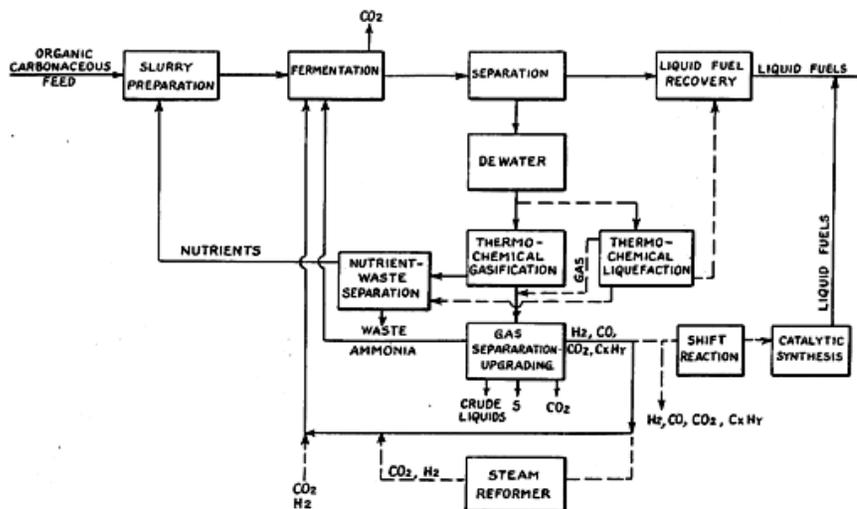
Attorney, Agent, or Firm—Thomas W. Speckman

[57] ABSTRACT

A hybrid bio-thermal liquefaction process for improved carbonaceous liquefaction to produce alcohol containing fuels wherein an organic carbonaceous feed is subjected to active fermentation producing alcohol containing liquid fuel product and fermentation residue, the fermentation residue being introduced into a thermochemical converter and at least a substantial portion of the organic carbon component of the residue converted under elevated temperature conditions producing thermochemical converter products and thermochemical residue with a portion of at least one of the thermochemical products or their derivatives, or thermochemical residue being passed to the fermentation reactor. The process provides high overall process energy efficiencies and utilizes the total agricultural biomass crop thereby greatly reducing waste disposal problems. The alcohol content (ethanolmethanol) of the liquid fuels produced can be increased by utilization of embodiments of the process emphasizing thermochemical gas production followed by catalytic synthesis while the fuel oil and gasoline content of the liquid fuels produced can be increased by embodiments of the process emphasizing thermochemical liquefaction.

Primary Examiner—Thomas G. Wyse

33 Claims, 2 Drawing Figures



[54] PROCESS FOR THE GASIFICATION OF CARBONACEOUS MATERIALS

4,229,185 10/1980 Sass 48/197 R

[75] Inventor: Allan Sass, Los Angeles, Calif.

OTHER PUBLICATIONS
"Encyclopedia of Chemical Technology", Kirk-Othmer, vol. 10, pp. 326, 372-375 (1966).

[73] Assignee: Occidental Petroleum Corporation

Primary Examiner: Peter F. Kra
Attorney Agent: Osburn, Forrest

Notice: The portion of the term of this patent subsequent to Oct. 21, 1997, has been disclaimed.

[24] Appl. No.: 183,777
[22] Filed: Sep. 3, 1980

Related U.S. Application Data

- [63] Continuation-in-part of Ser. No. 630,557, Nov. 10, 1975, Pat. No. 4,229,185, which is a continuation-in-part of Ser. No. 292,883, Sep. 28, 1972, abandoned.
- [51] Int. Cl.³ C10J 3/46
- [52] U.S. Cl. 48/197 R; 48/209; 48/210; 201/12; 201/31; 208/8 R
- [58] Field of Search 48/197 R, 209, 202, 48/206, 210, 201; 201/12, 28, 29, 31; 208/8 R

References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,560,403	7/1951	Arveson	48/202
2,608,526	8/1952	Rex	196/36
2,623,011	12/1952	Wells	48/197 R
2,634,198	4/1953	Kalbach	48/197
2,657,124	10/1953	Gaucher	48/202
2,741,549	4/1956	Russell	48/206
2,750,330	6/1956	Nelson	202/14
3,039,955	6/1962	Honhold	208/132
3,298,928	1/1967	Esterer	201/6
3,574,065	4/1971	Eddinger et al.	201/31
3,593,968	7/1971	Geddes	48/102 R
3,698,882	10/1972	Garrett et al.	48/210
3,712,800	1/1973	Schutte	48/197 R
3,736,233	5/1973	Sass et al.	48/210
3,746,522	7/1973	Donath	48/202
3,846,096	11/1974	Mallan et al.	48/202
3,985,519	10/1976	Kalina et al.	48/202

ABSTRACT

Carbonaceous material is gasified in a first pyrolysis zone substantially in an absence of heating with a solid heating media. The gasification is conducted through the turbulent flow to provide for the to effect the gasification.

Gaseous products are recovered and introduced into a second pyrolytic gasification. The second pyrolytic gasification is substantially free of free oxygen. The second pyrolysis zone is effected by heat from a heating media to the second pyrolysis zone.

Gaseous products from the second pyrolysis zone are recovered.

The char products from the second pyrolysis zone are heated to a temperature sufficient to effect the gasification.

The gaseous product from the first pyrolysis zone is separated from the char products at a lower temperature to condense a liquid product therefrom.

Liquid products produced can be recycled to the pyrolytic gasification. The pyrolytic gasification zone can be used as a conveying gas for the char products, and recycle char.

A portion of the char product can be converted to methane for pipeline gas.

in a first pyrolysis zone substantially free oxygen by heating with a solid heating media. The gasification is conducted through the turbulent flow to provide for the rapid transfer of heat

while char products are recovered and introduced into a second pyrolytic gasification. The second pyrolytic gasification is substantially free of free oxygen. The second pyrolysis zone is effected by heat from a heating media to the second pyrolysis zone.

Gaseous products from the second pyrolysis zone are

recovered and introduced into a second pyrolytic gasification.

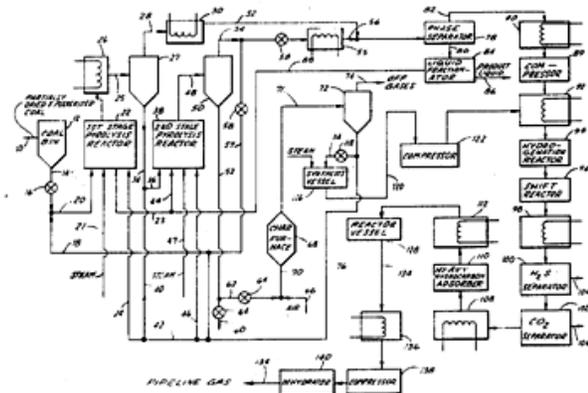
The gaseous product from the first pyrolysis zone is separated from the char products at a lower temperature to condense a liquid product therefrom.

Liquid products produced can be recycled to the pyrolytic gasification. The pyrolytic gasification zone can be used as a conveying gas for the char products, and recycle char.

A portion of the char product can be converted to methane for pipeline gas.

Figure

32 Claims, 1 Drawin



[54] PROCESS FOR PRODUCING FUEL GASES FROM CARBONACEOUS MATERIAL

[75] Inventor: Ned S. Rasor, Sunnyvale, Calif.

[73] Assignee: Rasor Associates, Inc., Sunnyvale, Calif.

[21] Appl. No.: 21,267

[22] Filed: Mar. 16, 1979

Related U.S. Application Data

[62] Division of Ser. No. 852,525, Nov. 17, 1977, Pat. No. 4,187,672.

[51] Int. Cl.³ F02C 3/28

[52] U.S. Cl. 60/39.04; 48/197 R; 48/203; 252/373; 423/415 A; 423/573 G

[58] Field of Search 48/92, 202, DIG. 2, 48/203, 197 R, 206, 209, 210; 60/39.12, 39.17, 39.04; 202/219; 201/11, 38; 252/373; 423/415 A, 648 R, 573 G

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

1,925,490	9/1933	Lichtenberger	48/92
2,126,150	8/1938	Stryker	48/209
3,040,519	6/1962	Rae	60/39.17

3,434,933 3/1969 Mansfield 201/32

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

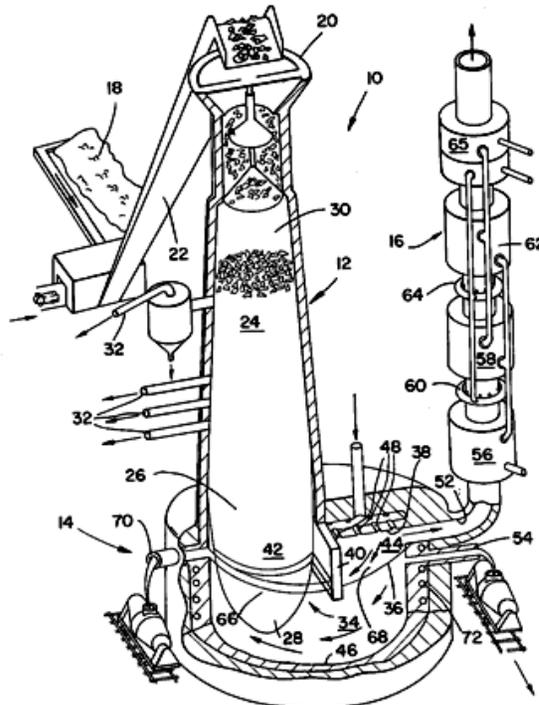
2443740	3/1975	Fed. Rep. of Germany	48/206
2521080	11/1975	Fed. Rep. of Germany	48/92
322959	12/1929	United Kingdom	48/92

Primary Examiner—Peter F. Kratz
Attorney, Agent, or Firm—Phillips, Moore, Weissenberger, Lempio & Majestic

[57] ABSTRACT

Disclosed is a process for converting crude carbon such as coal, carbonaceous wastes and the like into valuable chemical products and/or energy. A mass of solid crude carbonaceous fuel is fed into a high temperature liquid which acts as a solvent for carbon at a temperature sufficient to carbonize the mass and by which the carbon is separated from impurities. Volatile fractions are removed from the mass which acts as a distillation column. Air, or another oxygen source, is introduced into the reactor wherein it reacts with the carbon dissolved in the liquid therein, which may preferably be iron to form a hot fuel gas. The hot fuel gas is then used to produce useful energy, generally via a stepwise procedure.

33 Claims, 8 Drawing Figures



[54] PROCESS FOR THE GASIFICATION OF CARBONACEOUS MATERIALS

[75] Inventor: Allan Sass, Los Angeles, Calif.
 [73] Assignee: Occidental Petroleum Corporation, Los Angeles, Calif.
 [21] Appl. No.: 630,557
 [22] Filed: Nov. 10, 1975

Related U.S. Application Data

[63] Continuation-in-part of Ser. No. 292,883, Sep. 28, 1972, abandoned.
 [51] Int. Cl.³ C10J 3/46
 [52] U.S. Cl. 48/197 R; 48/209; 48/210; 201/12; 201/31; 208/8 R
 [58] Field of Search 48/202, 197 R, 206, 48/209, 210, 701; 201/31, 12, 28, 29; 208/8

References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,623,011	12/1952	Wells	48/197 R
2,741,549	4/1956	Russell	48/206
3,039,955	6/1962	Honnold	208/132
3,298,928	1/1967	Esterer	201/6
3,574,065	4/1971	Eddinger et al.	201/31
3,639,111	2/1972	Brink et al.	48/197 R
3,698,882	10/1972	Garrett et al.	48/210
3,712,800	1/1973	Schutte	48/197 R
3,736,233	5/1973	Sass et al.	48/210
3,846,096	11/1974	Mallan et al.	48/202
3,985,519	10/1976	Kalina et al.	48/202

OTHER PUBLICATIONS

"Encyclopedia of Chemical Technology", Kirk-Othmer, vol. 10, pp. 356, 372-375, 1966.

Primary Examiner—Peter F. Kratz

Attorney, Agent, or Firm—Forrest E. Logan

[57] ABSTRACT

Carbonaceous material is gasified in a first pyrolysis zone substantially in an absence of free oxygen by heating with a solid heating media. The carbonaceous material is conducted through the first pyrolysis zone in turbulent flow to provide for the rapid transfer of heat to effect the gasification.

Gaseous products are recovered while char products are introduced into a second pyrolysis zone for additional gasification. The second pyrolysis zone is maintained substantially free of free oxygen. Gasification in the second pyrolysis zone is effected by the transfer of heat from a heating media to the char products produced in the first pyrolysis zone.

Gaseous products from the second pyrolysis zone are recovered.

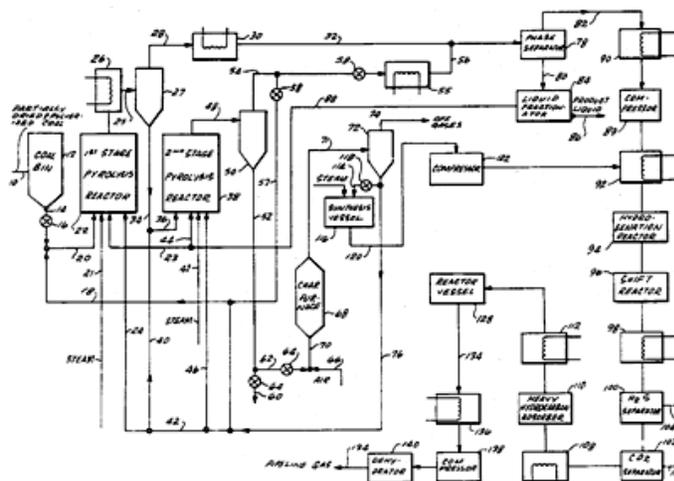
The char products from the second pyrolysis zone can be heated to a temperature sufficient for use as a solid heating media.

The gaseous product from the first pyrolysis zone, after separation from the char product, can be cooled to a lower temperature to condense a liquid product therefrom.

Liquid products produced can be recycled to the pyrolysis zones to produce additional gaseous products. The gaseous product from the second pyrolysis zone can be used as a conveying gas for the carbonaceous feed, char products, and recycle char.

A portion of the char product and the gaseous product can be converted to methane for the production of pipeline gas.

30 Claims, 1 Drawing Figure



[54] APPARATUS FOR CONVERTING CARBONACEOUS MATERIAL INTO FUEL GASES AND THE RECOVERY OF ENERGY THEREFROM

3,533,739 10/1970 Pelczarski et al. 48/92
 3,704,586 12/1972 Bruns 60/39.12
 3,985,520 10/1976 Gold 48/101

[75] Inventor: Ned S. Rasor, Sunnyvale, Calif.

[73] Assignee: Rasor Associates, Inc., Sunnyvale, Calif.

[21] Appl. No.: 852,525

[22] Filed: Nov. 17, 1977

[51] Int. Cl.² F02B 43/08; C10J 3/20

[52] U.S. Cl. 60/39.12; 48/61; 48/63; 48/76; 48/85.2; 48/92; 48/111; 196/118; 202/219; 266/162

[58] Field of Search 48/61, 62 R, 63, 73, 48/76, 77, 85.2, 89, 99, 101, 92, 111, DIG. 2, 202; 266/161, 162, 144, 197; 60/39.04, 39.12, 39.17; 202/219; 201/11; 196/118

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

701,186	5/1902	Faulkner	48/92
1,925,490	9/1933	Lichtenberger	48/92
2,593,257	4/1952	Bradley et al.	48/202
2,647,045	7/1953	Rummel	48/206
3,040,519	6/1962	Rae	60/39.17
3,084,039	4/1963	Baum	75/59
3,340,044	9/1967	MacAfee et al.	266/161
3,434,933	3/1969	Mansfield	201/32

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

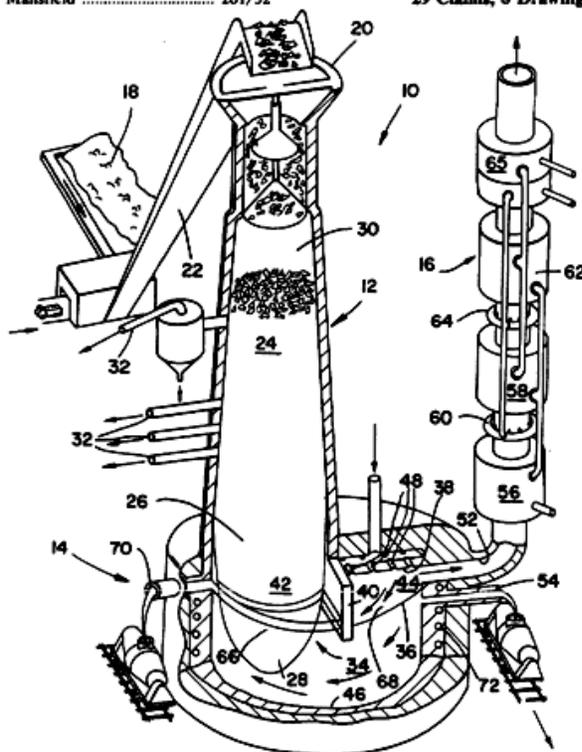
2443740	3/1975	Fed. Rep. of Germany	48/206
2521080	11/1975	Fed. Rep. of Germany	48/92
465548	5/1937	United Kingdom	48/92

Primary Examiner—S. Leon Bashore
 Assistant Examiner—Peter F. Kratz
 Attorney, Agent, or Firm—Phillips, Moore, Weissenberger, Lempio & Majestic

[57] ABSTRACT

The invention is concerned with novel apparatus and process for converting crude carbon such as coal, carbonaceous wastes and the like into valuable chemical products and/or energy. A mass of solid crude carbonaceous fuel is fed into a high temperature liquid which acts as a solvent for carbon at a temperature sufficient to carbonize the mass and by which the carbon is separated from impurities. Volatile fractions are removed from the mass which acts as a distillation column. Air, or another oxygen source, is introduced into the reactor wherein it reacts with the carbon dissolved in the liquid therein, which may preferably be iron to form a hot fuel gas. The hot fuel gas is then used to produce useful energy, generally via a stepwise procedure.

29 Claims, 8 Drawing Figures



[54] APPARATUS FOR THE PRODUCTION OF METHANE CONTAINING GAS BY HYDROGASIFICATION

[75] Inventor: Herman F. Feldmann, Worthington, Ohio

[73] Assignee: Syngas International, Ltd., Oklahoma City, Okla.

[21] Appl. No.: 857,516

[22] Filed: Dec. 5, 1977

[51] Int. Cl.² C10J 3/48; C10J 3/56

[52] U.S. Cl. 48/111; 202/99

[58] Field of Search 48/197 A, 209, 210, 48/111; 201/25; 202/99

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

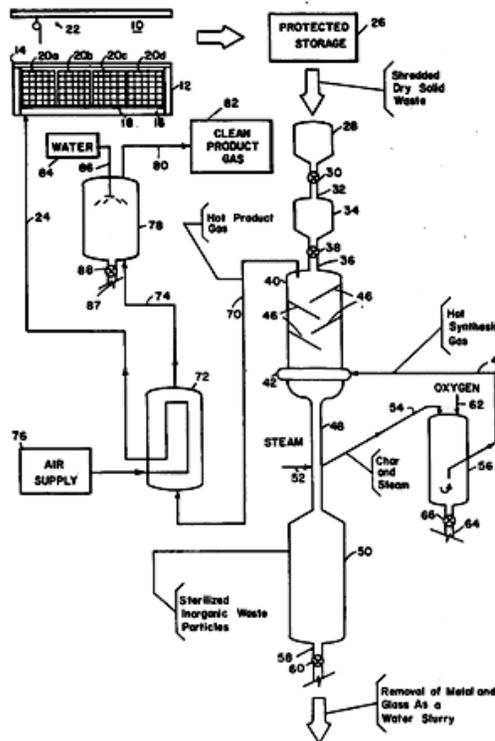
3,733,187	5/1973	Feldmann	48/209
3,736,111	5/1973	Gardner et al.	48/111
3,736,233	5/1973	Sass et al.	48/210
3,782,913	1/1974	Donat	48/210
3,985,519	10/1976	Kaling et al.	48/210
4,005,994	2/1977	Feldmann	48/209
4,077,847	3/1978	Cloi et al.	48/111

Primary Examiner—S. Leon Bashore
 Assistant Examiner—Peter F. Kratz
 Attorney, Agent, or Firm—Sidney W. Millard; Gerald L. Smith

[57] ABSTRACT

An improved system for producing methane-containing product gas by the hydrogasification process. With the system, solid municipal waste is comminuted and dried following which it is introduced to the lock hopper receivers for transference to an elongate hydrogasification reactor. Synthesis gas is introduced to a lower region of the reactor and the comminuted waste, including inorganic materials, is dried and converted to methane-containing product gas and char. The char is removed from the system by a variety of separation systems including cyclone separators or aspirators and the inorganic fractured waste materials pass through the reactor but are undamaged and in a sterile condition ideally suited for recovery. A gasification reactor is incorporated with the system which receives char from the process as well as oxygen to produce the synthesis gas utilized in the hydrogasification reactor. Where no inorganic materials are present, the organic materials may be introduced both to the gasification reactor to produce synthesis gas as well as to the hydrogasification reactor to produce char end product gas. The char is removed from the product gas and returned to the synthesis gas producing gasification reactor. Drying may be carried out utilizing a fluidized sand bed drying technique.

25 Claims, 7 Drawing Figures



[54] GASIFICATION PROCESS

[75] Inventors: David S. Mitchell; David R. Sageman, both of San Rafael, Calif.

[73] Assignee: Chevron Research Company, San Francisco, Calif.

[21] Appl. No.: 887,700

[22] Filed: Mar. 17, 1978

Related U.S. Application Data

[60] Division of Ser. No. 811,496, Jun. 30, 1977, which is a continuation-in-part of Ser. No. 727,558, Sep. 28, 1976, abandoned.

[51] Int. Cl.² C10J 3/46; C10J 3/54

[52] U.S. Cl. 48/197 R; 48/202; 48/206

[58] Field of Search 48/197 R, 202, 206, 48/210, DIG. 4; 432/197; 34/10, 57 A; 134/25 R; 208/8; 201/12, 16, 31; 423/659, DIG. 16, 659 F

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,533,026	12/1950	Matheson	34/10
2,557,680	6/1951	Odell	201/12
2,701,758	2/1955	Danulat et al.	48/206
2,868,631	1/1959	Woeckle	48/206

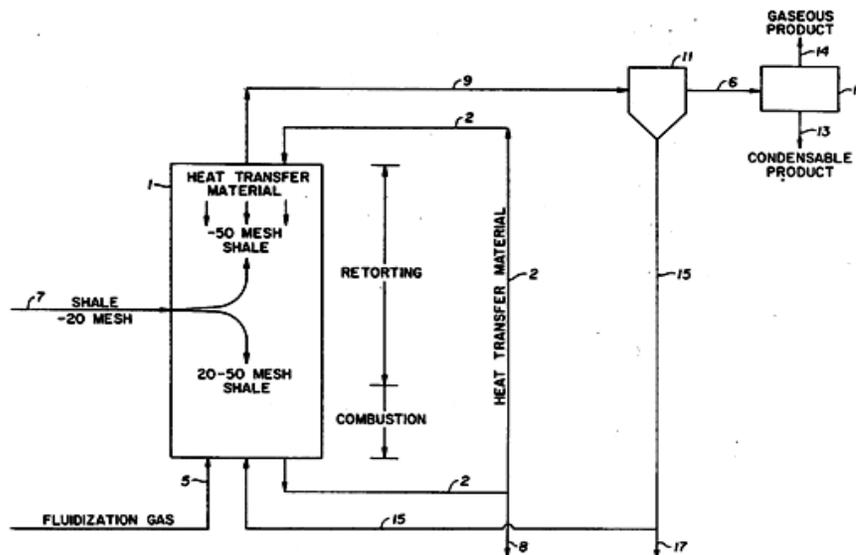
Primary Examiner—S. Leon Bashore

Assistant Examiner—Peter F. Kratz
Attorney, Agent, or Firm—D. A. Newell; R. H. Davies; R. H. Evans

[57] ABSTRACT

A continuous process and apparatus are disclosed for the retorting or gasification of hydrocarbon-containing solids such as oil shale, coal, tar sands, etc., wherein the solids are retorted or gasified in a combined entrained and fluidized bed. A solid fluidized heat-transfer material flows downwardly through a conversion zone. Subdivided hydrocarbon-containing solids are introduced into a central portion of the conversion zone, with smaller particles of the solids being entrained and moving upwardly through the conversion zone countercurrent to the flow of the fluidized heat-transfer material, and larger particles of the solids being fluidized and moving downwardly through the conversion zone concurrent with the flow of the heat-transfer material. A fluidizing gas is injected into a lower portion of the conversion zone and a portion of the solids is combusted, providing the necessary heat for the conversion reactions. Substantially plug flow of the heat-transfer solid and the hydrocarbon-containing solids is maintained by including in the conversion zone means for impeding back mixing, such as a packing material filling the conversion zone.

11 Claims, 2 Drawing Figures



[54] **APPARATUS AND METHOD FOR PRODUCING GAS**

[75] **Inventor:** Vaughn Mansfield, Gallatin, Tenn.

[73] **Assignee:** Mansfield Carbon Products, Inc., Gallatin, Tenn.

[21] **Appl. No.:** 747,194

[22] **Filed:** Dec. 3, 1976

[51] **Int. Cl.:** F23G 5/00; F23L 9/00; F23J 1/02

[52] **U.S. Cl.:** 110/235; 110/244; 110/254; 110/270; 110/165 R

[58] **Field of Search:** 201/27, 32; 110/8 R, 110/8 B, 40, 15, 116, 118, 165, 72 R, 75

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

1,598,390	8/1926	Piernay	110/8 B
2,005,812	6/1935	Thomas	110/15 X

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

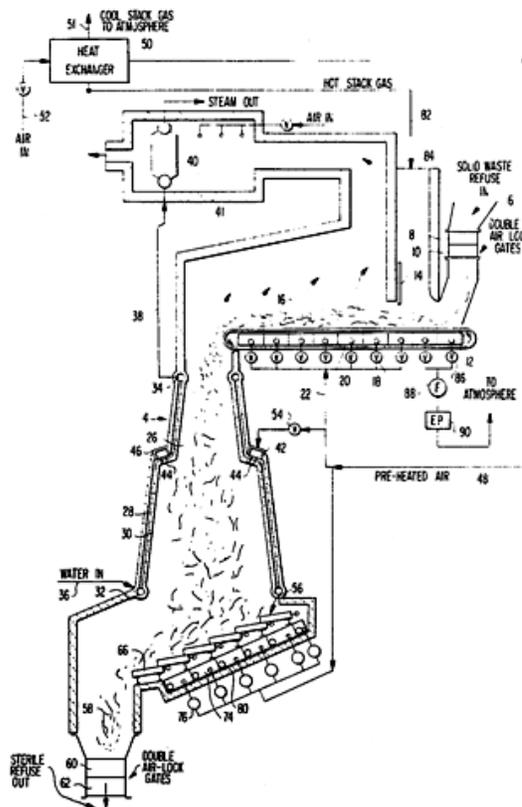
702,430	4/1931	France	110/8 B
162,597	5/1921	United Kingdom	110/8 B

Primary Examiner—Kenneth W. Sprague

[57] **ABSTRACT**

Continuously flowing solid material, such as municipal waste, is pretreated in an air-starved hot moving grate carbonizer furnace to drive off low temperature volatiles, and then further devolatilized in a shaft furnace wherein limited amounts of air are let into a downwardly moving stack of the precarbonized material at a plurality of locations spaced sufficiently apart as to preclude formation of hot spots, i.e., localized regions of intense reaction, such as would cause clinkers to be formed. Low Btu gas is exhausted from the pretreatment carbonizer and shaft furnace and sterile ash residue is discharged from the bottom of the shaft furnace.

5 Claims, 2 Drawing Figures



[54] METHOD AND APPARATUS FOR PRODUCING GAS FROM SOLID MUNICIPAL WASTE

[75] Inventor: Vaughn Mansfield, Gallatin, Tenn.

[73] Assignee: Mansfield Carbon Products, Inc., Gallatin, Tenn.

[21] Appl. No.: 747,192

[22] Filed: Dec. 3, 1976

[51] Int. Cl.² F23G 5/00

[52] U.S. Cl. 110/228; 110/234

[58] Field of Search 201/27, 32; 110/8 R, 110/10, 15, 116, 118, 165 R, 49 R

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,015,842	10/1935	Christensen	110/15
3,317,202	5/1967	Cates, Jr. et al.	110/15
3,556,025	1/1971	Holley	110/8

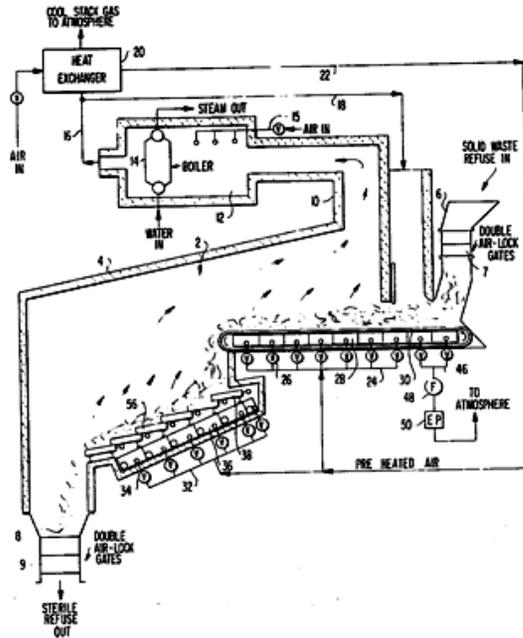
3,745,941	7/1973	Reilly	110/15
3,922,974	12/1975	Hempelmann	110/165

Primary Examiner—Kenneth W. Sprague
 Attorney, Agent, or Firm—Littlepage, Quaintance, Murphy, Richardson and Webner

[57] ABSTRACT

Solid municipal waste refuse is pre-treated by partial burning in a moving grate hot carbonizer furnace and then further burned on a reciprocating step-grate stoker in the same furnace chamber. Limited amounts of air are fed to the waste through the grates to avoid the formation of hot spots in the burning material, thereby preventing the formation of clinkers and restricting the burning of volatile matter in the refuse. Hot low-Btu gas exhausted from the furnace chamber is burned in a boiler.

7 Claims, 2 Drawing Figures



[54] **SIMULTANEOUS GASIFICATION OF COAL AND PYROLYSIS OF ORGANIC SOLID WASTE MATERIALS**

[75] Inventor: Helmut W. Schulz, Harrison, N.Y.

[73] Assignee: Dynecology Incorporated, Harrison, N.Y.

[21] Appl. No.: 675,918

[22] Filed: Apr. 12, 1976

Related U.S. Application Data

[63] Continuation of Ser. No. 492,496, July 29, 1974, abandoned.

[51] Int. Cl.² C10J 3/08; C10J 3/16

[52] U.S. Cl. 48/202; 48/206; 48/209; 252/373

[58] Field of Search 48/197 A, 202, 206, 48/209, 87, 86 A, 197 R; 252/373; 201/21

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

475,203	5/1892	Colton	48/86 A
863,817	8/1907	Whitman	48/87
1,808,672	6/1931	Lynn	48/202
2,593,257	4/1952	Bradley et al.	48/202
3,511,194	5/1970	Stookey	48/209
3,820,964	6/1974	Janka	48/209
3,841,851	10/1974	Kaiser	48/209
3,926,582	12/1975	Powell et al.	48/209

Primary Examiner—S. Leon Bashore

Assistant Examiner—Peter F. Kratz

Attorney, Agent, or Firm—Vincent P. Pirri

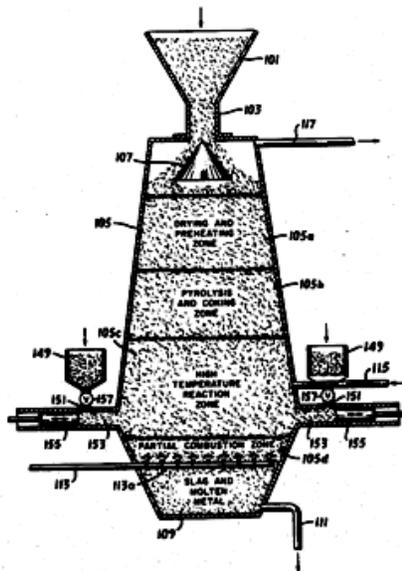
[57] **ABSTRACT**

Gaseous fuels are produced by a process which involves simultaneous gasification of coal and pyrolysis of organic solid waste materials in a pollution-free conver-

sion system. According to this process, a mixture of coal and organic solid waste materials is fed to the top of a reaction vessel such as a vertical shaft furnace or a blast furnace, wherein the feed is dried by heat exchange with the gases rising from the lower section of the reactor. Steam and an oxidant gas containing at least 75 volume percent oxygen are introduced to the bottom of the reactor for partially combusting coke and char in a partial combustion zone thereby providing the thermal driving force for the reactions in the reactor. The organic solid waste materials are pyrolyzed and the volatile components of the coal destructively distilled simultaneously in the presence of hydrogen in a pyrolysis and coking zone of the reactor wherein the organic solid waste materials are converted into char and the coal is converted into coke. The char and coke are reacted with oxygen and steam in the partial combustion zone. The descending inorganic materials are fused and the fused slag and molten metals are tapped from the bottom of the reactor. The gaseous products are removed from the top of the furnace and subjected to a product recovery section to remove the undesirable components. The ratio of hydrogen to carbon monoxide can be varied over a wide, commercially important range, by feeding secondary steam to a high temperature reaction zone intermediate the partial combustion zone and the pyrolysis and coking zone. Depending upon the ratio of hydrogen to carbon monoxide produced, the gaseous products can be used as fuel or as a synthesis gas for the production of methanol or methane.

Gaseous product containing larger quantities of methane may be produced by maintaining the reactor at elevated pressures during the process.

9 Claims, 4 Drawing Figures



- [54] **GASIFICATION OF CARBONACEOUS SOLIDS**
 [75] **Inventors:** George M. Mallan, Los Angeles; Leslie E. Compton, Claremont, both of Calif.
 [73] **Assignee:** Occidental Petroleum Corporation, Los Angeles, Calif.
 [21] **Appl. No.:** 737,279
 [22] **Filed:** Nov. 1, 1976

Related U.S. Patent Documents

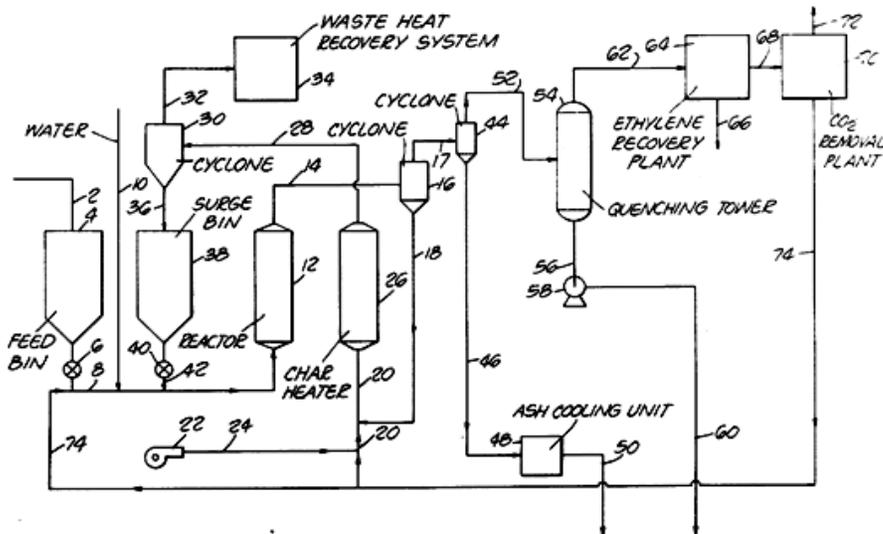
- Reissue of:**
 [64] **Patent No.:** 3,846,096
Issued: Nov. 3, 1974
Appl. No.: 299,157
Filed: Oct. 19, 1972
- U.S. Applications:**
 [63] Continuation-in-part of Ser. No. 153,358, June 15, 1971, abandoned.
 [51] **Int. Cl.²** C10J 3/16; C10J 3/46
 [52] **U.S. Cl.** 48/209; 48/202; 48/210; 252/373
 [58] **Field of Search** 48/202, 209, 210, 215; 252/373

- [56] **References Cited**
U.S. PATENT DOCUMENTS
- | | | | |
|-----------|---------|------------------|-----------|
| 3,511,194 | 5/1970 | Stokey | 48/209 UX |
| 3,615,300 | 10/1971 | Holm | 48/202 X |
| 3,671,209 | 6/1972 | Teichmann et al. | 48/209 |
| 3,687,646 | 8/1972 | Brent et al. | 48/209 |
| 3,715,195 | 2/1973 | Tassoney et al. | 48/202 X |

Primary Examiner—R.E. Serwin
Attorney, Agent, or Firm—Christie, Parker & Hale

[57] **ABSTRACT**
 A continuous process for converting particulate carbonaceous solids to gaseous hydrocarbons (from 1 to 7 carbon atoms per molecule of gas) by the rapid pyrolysis and in situ conversion of a portion of the pyrolysis product comprising heating a turbulent high velocity gaseous stream composed of carrier gas, carbonaceous solids and at least 2.0 weight percent water based upon the weight of carbonaceous solids and heating said stream in a pyrolysis zone at a temperature ranging from between about 1200° F. to about 2400° F. until at least a portion of said solids are converted to the desired gaseous hydrocarbons.

32 Claims, 1 Drawing Figure



- [54] **APPARATUS FOR PRODUCING COMBUSTIBLE GASES FROM CARBONACEOUS MATERIALS**
- [76] Inventor: Robert A. Caughey, Clinton Road, Antrim, N.H. 03440
- [22] Filed: Mar. 17, 1976
- [21] Appl. No.: 667,673
- [52] U.S. Cl. 48/111; 34/57 C; 48/101; 48/197 R; 48/209; 110/7 A; 110/7 R; 201/34; 202/129; 252/373
- [51] Int. Cl.² C10J 3/00
- [58] Field of Search 48/111, 76, 77, 101, 48/203, 209, 210, 197 R, DIG. 4; 201/33, 34; 202/129; 110/7 A, 7 R, 102; 252/373; 34/57

Attorney, Agent, or Firm—Robert T. Gammons

[57] **ABSTRACT**

A reactor for generating combustible fuel gases comprising a chamber, an inclined grate extending from adjacent the top of the chamber to near the bottom and sloping forwardly within the chamber from the top to the bottom, said grate dividing the chamber into a primary chamber at the forward side of the grate and an antechamber at the rear side, a conveyor for delivering a solid fuel such as wood chips and other chopped-up woody material to the upper end of the grate at a rate to maintain a continuous bed of fuel from top to bottom, a blower for delivering primary air to a plenum chamber at the downwardly facing side of the grate to sustain combustion of the fuel at the lower end of the bed and to generate sufficient heat above the place of combustion to effect destructive distillation of a portion of the fuel in the bed above the place of combustion said primary air at said place of combustion converting the charcoal remaining after distillates have passed off descending from the place of distillation to CO and ash, an ash pit at the lower end of the grate for receiving the ash, a conveyor situated in the ash pit for removal of the ash to make room for descent of the fuel from above and a port in the forward wall of the mixing chamber at the downwardly facing side of the grate thru which the mixed distillate and CO are removed.

[56] **References Cited**

UNITED STATES PATENTS

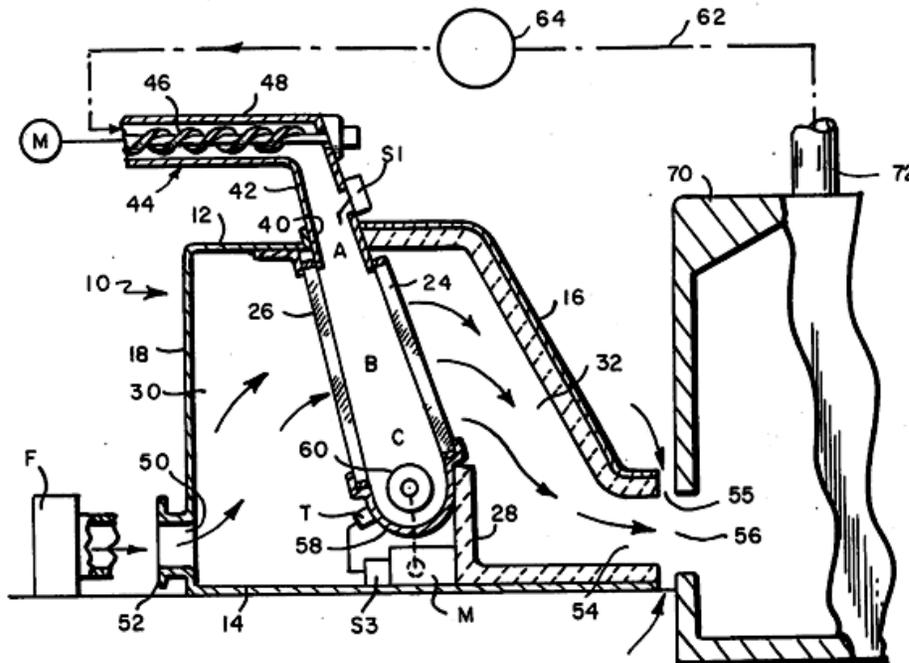
1,423,527	7/1922	Johns	201/33
1,813,156	7/1931	Gilchrist	110/7 R
1,832,092	11/1931	Burnside	48/203
2,187,872	1/1940	Winkler et al.	48/DIG. 4
2,866,696	12/1958	Godel	48/203
3,722,433	3/1973	Kramer	110/7 R
3,852,048	12/1974	Pyle	48/209

FOREIGN PATENTS OR APPLICATIONS

351,494	6/1931	United Kingdom	48/76
---------	--------	----------------------	-------

Primary Examiner—Robert L. Lindsay, Jr.
Assistant Examiner—George C. Yeung

17 Claims, 6 Drawing Figures



[54] **TREATING WASTE MATERIALS TO PRODUCE USABLE GASES**
 [76] Inventor: **Harald F. Funk, 68 Elm St., Murray Hill, N.J. 07974**
 [22] Filed: **Apr. 4, 1975**
 [21] Appl. No.: **565,045**

Related U.S. Application Data

[63] Continuation-in-part of Ser. No. 486,562, July 8, 1974, abandoned, which is a continuation-in-part of Ser. No. 252,610, May 12, 1972, abandoned.

[52] **U.S. CL.**..... **201/2.5; 201/25; 201/29; 201/30; 201/36; 201/37; 201/38**
 [51] **Int. CL.**²..... **C10B 31/02; C10B 51/00; C10B 21/18; C10B 57/12**
 [58] **Field of Search**..... **201/25, 29, 30, 36-38, 201/2.5**

[56] **References Cited**
UNITED STATES PATENTS

1,777,449	10/1930	Rath	201/2.5
1,781,934	11/1930	Snyder	201/2.5
1,839,277	1/1932	Thomsen	201/30
2,160,341	5/1939	Reichert	201/36
3,362,887	1/1968	Rodgers	201/21

3,525,673	8/1970	Cameron	201/25
3,562,115	2/1971	Dunlop	201/29
3,565,784	2/1971	Schlinger et al.	201/37
3,577,338	5/1971	Gifford	201/38
3,668,077	6/1972	Ban	201/29
3,702,039	11/1972	Stookey	201/25

OTHER PUBLICATIONS

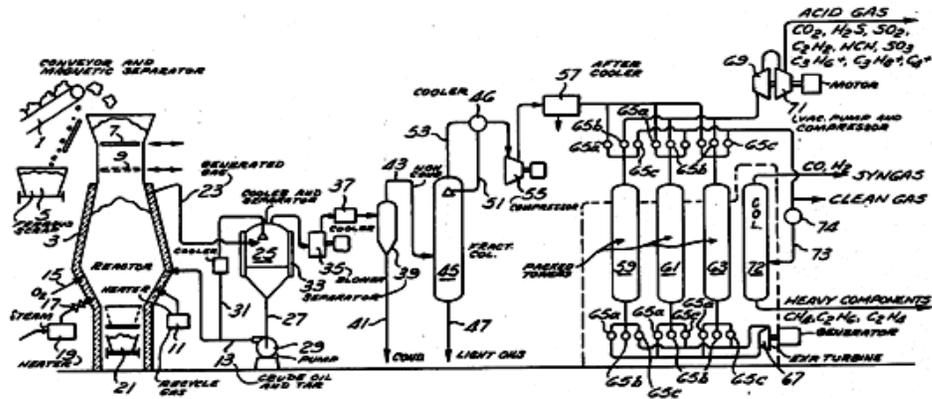
Cryogenic Engg — Scott 1959 Van Nostrand, Princeton, N.J. pp. 28-31.
Websters New World Dictionary, World Publishing Co. N.Y. 1968, pp. 219, 264.

Primary Examiner—Jack Sofer
Attorney, Agent, or Firm—David A. Burge Co.

[57] **ABSTRACT**

Solid waste, including municipal, agricultural, industrial, vegetable and animal matter, garbage and waste paper, is progressively converted by means of partial oxidation and distillation into gas under controlled temperature and pressure conditions and the gas is made suitable for industrial and chemical uses by being purified and separated into its main components or ingredients.

12 Claims, 4 Drawing Figures





US 20060144304A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication** (10) **Pub. No.: US 2006/0144304 A1**
(26) **Prigmore et al.** (43) **Pub. Date: Jul. 6, 2006**

(54) **GASIFICATION APPARATUS AND METHOD**

Publication Classification

(76) Inventors: **Robert Marshall Prigmore,**
Carmarthen (GB); **Brian Davies,**
Carmarthen (GB)

(51) **Int. Cl.**
F23G 5/12 (2006.01)
F23L 1/00 (2006.01)
C10J 3/46 (2006.01)
F23B 90/00 (2006.01)

Correspondence Address:
**DENNISON, SCHULTZ, DOUGHERTY &
MACDONALD**
1727 KING STREET
SUITE 105
ALEXANDRIA, VA 22314 (US)

(52) **U.S. Cl.** **110/229; 110/315; 48/197 R;
110/341**

(57) **ABSTRACT**

(21) Appl. No.: **10/546,809**

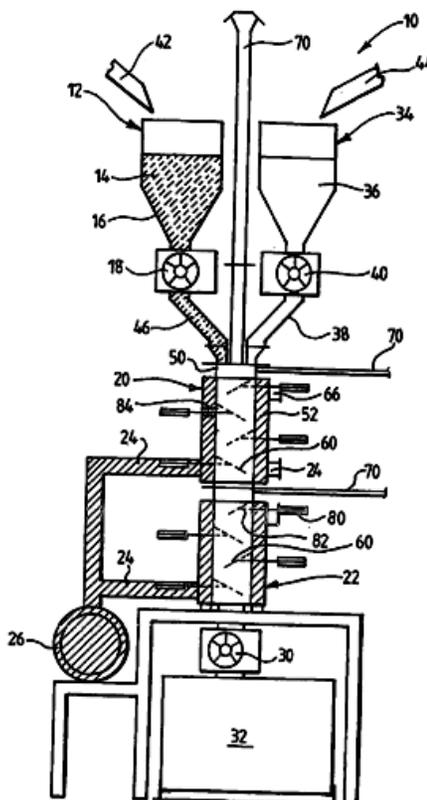
(22) PCT Filed: **Mar. 2, 2004**

(86) PCT No.: **PCT/GB04/00872**

(30) **Foreign Application Priority Data**

Mar. 7, 2003 (GB) 0305224.8

An apparatus and method for the treatment of particulate organic waste material, the apparatus comprising: a hopper means having flow control means for controlling flow rate of the waste material; a pyrolysis unit having (i) a heating means for heating the material, and (ii) a means in the form of a cascade of vanes for controlling rate of flow there-through; means for removing gaseous products generated in the pyrolysis unit, the gaseous products being recycled; and residual treated waste material collection means.



Obsérvese que las referencias a literatura no de patentes se limitan a unas cuantas publicaciones que se repiten una y otra vez, mismas que por esa razón deben ser de interés para establecer la evolución de la tecnología:

“The Solid Waste Dilemma: An Agenda for Action”, Toxic Subst. J., vol. 9, No. 1, pp. 9-54 (1989).

Bitler et al., U.S. patent application Ser. No. 08/149,343, **“Process and System for the On-Site Remediation of Lead Contaminated Soil and Waste Battery Casings”**.

Bitler et al., U.S. patent application Ser. No. 08/274,829, **“Process for Remediation of Lead—Contaminated Soil and Waste Battery Casings”**.

Buelt et al., **“In Situ Vitrification of Transuranic Waste: An Updated Systems Evaluation and Applications Assessment”**, PNL-4800 Supp. 1, pp. ix-xiv and 79-86 (Mar. 1987). .

Carter et al., **“Municipal Solid Waste Feasibility of Gasification Plasma Arc, Industrial and Environmental Applications of Plasma”**, Proceedings of the First International EPRI Plasma Symposium, CMP Report No. 90-9, pp. 13-1-13-13 (Mar. 1990). .

Chapman, **“Evaluation of Vitrifying Municipal Incinerator Ash”**, Ceramic Transactions: Nuclear Waste Management IV, Ceramic Transactions, American Chemical Society, vol. 23, pp. 223-233 and 349-394 (1991).

Denison et al., **“Recycling & Incineration: Evaluating the Choices”**, pp. 104-145 and 177-200 (1990). .

Graef et al., **“Product Distribution in the Rapid Pyrolysis of Biomass/Lignin for Production of Acetylene”**, American Chemical Society, pp. 293-312 (1981).

Hamilton et al., **“Modular DC Graphite Arc Melter Systems for the Ultimate Disposal of Hazardous and LLW Type Wastes”** (available at least as early as Fall 1996).

Hamrick, **“Biomass-fueled Gas Turbines”**, Clean Energy From Waste and Coal, ACS Symposium Series 515, American Chemical Society, pp. 78-89 (1993).

Johansson et al., **“Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity”**, Island Press, pp. 726-729, 734-747 (1993).

Superheated plasma could solve nation’s hazardous, toxic waste disposal problems, The Corpus Christi Caller Times, Apr. 22, 1995 pA4. .

Inductive Plasma Torch for Environmental recycling, a publication of Los Alamos National Laboratory, LALP-95-17, two pages. .

Plasma Technology Used to Destroy Asbestos, U.S. Army Corps of Engineers, one page.

Plasma Torch Demonstrates Underground Classification at SRS, Westinghouse Savannah River Company, two pages.

Asbestos Abatement/Destruction Using Plasma Arc Technology, U.S. Army Corps of Engineers, two pages, Feb. 1998.

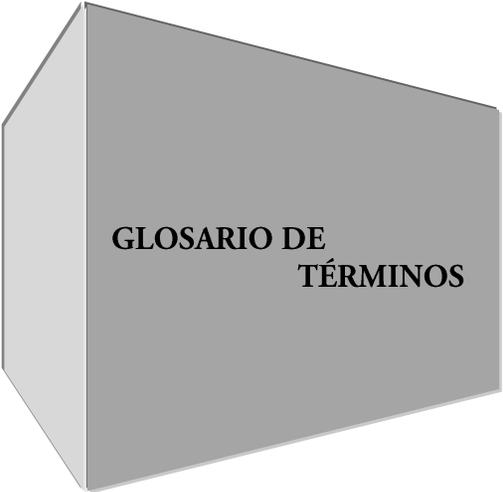
Vitrification, Electro-Pyrolysis, Inc, Wayne, Pa. four pages.

Plasma Afterburner for Treatment of Effluents from Solid Waste Processing, Defense Sciences Engineering Division, six pages. .

Plasma Arc Destruction of Hazardous Wastes, Naval Research Labobratory, one page.

Plasma Arc Torch Technology, Construction Industry Intsitute Fact Sheet, four pages.

Es de llamar la atención a la aparición reiterativa de la empresa **Integrated Environmental Technologies, LLC** (Richland, WA) en relación con el empleo de tecnología de plasma de arco.



**GLOSARIO DE
TÉRMINOS**

GLOSARIO

Basura. Sinónimo de residuos sólidos municipales y de desechos sólidos.

Basurero. Botadero, vertedero o vaciadero.

Botadero. Lugar donde se arrojan los residuos a cielo abierto en forma indiscriminada sin recibir ningún tratamiento sanitario. Sinónimo de **vertedero**, **vaciadero** o **basurero**.

Contenedor. Recipiente de capacidad variable empleado para el almacenamiento de residuos sólidos.

Desecho sólido. Sinónimo de residuos sólidos municipales y de basura.

Entidad de aseo urbano. Persona natural o jurídica, pública o privada, encargada o responsable en un municipio de la prestación del servicio de aseo.

Escombrera. Área destinada para la eliminación de escombros y restos de demolición no aprovechables (materiales o depresiones) o creadas por el hombre (por ejemplo, canteras abandonadas).

Escombro. Desecho proveniente de las construcciones y demoliciones de casas, edificios y otro tipo de edificaciones.

Gestión. Véase **manejo**.

Limpieza pública. Sinónimo de **aseo urbano**.

Lixiviado. Líquido que percola a través de los residuos sólidos, compuesto por el agua proveniente de precipitaciones pluviales, escorrentías, humedad de la basura y descomposición de la materia orgánica que arrastra materiales disueltos y suspendidos. Sinónimo de **percolado**.

Lodo. Líquido con gran contenido de sólido en suspensión, proveniente de la mezcla profusa de agua y tierra, por operaciones como el tratamiento de agua, de aguas residuales y otros procesos similares.

Manejo. Conjunto de operaciones dirigidas a dar a los residuos el destino más adecuado de acuerdo con sus características, con la finalidad de prevenir daños o riesgos para la salud humana o el ambiente. Incluye el almacenamiento, el barrido de calles y áreas públicas, la recolección, la transferencia, el transporte, el tratamiento, la disposición final y cualquier otra operación necesaria.

Percolado. Sinónimo de **lixiviado**.

Reciclaje. Proceso mediante el cual los materiales segregados de los residuos son reincorporados como materia prima al ciclo productivo.

Relleno de seguridad. Relleno sanitario destinado a la disposición final adecuada de los residuos industriales o peligrosos.

Relleno sanitario. Técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los residuos sólidos municipales. Comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte, por lo menos diariamente y el control de los gases y lixiviados y la proliferación de vectores, a fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población.

Residuos sólidos. Cualquier material incluido dentro de un gran rango de materiales sólidos, también algunos líquidos, que se tiran o rechazan por estar gastados, ser inútiles, excesivos o sin valor. Normalmente, no se incluyen residuos sólidos de instalaciones de tratamiento.

Residuo sólido especial. Residuo sólido que por su calidad, cantidad, magnitud, volumen o peso puede presentar peligros y por lo tanto, requiere un manejo especial. Incluye los residuos sólidos de establecimiento y salud, productos químicos y fármacos caducos, alimentos expirados, desechos de establecimientos que usan sustancias peligrosas, lodos, residuos voluminosos o pesados que, con autorización o ilícitamente, son manejados conjuntamente con los residuos sólidos municipales.

Residuos sólido municipal. Residuo sólido o semisólido proveniente de las actividades urbanas en general. Puede tener origen residencial o doméstico, comercial, institucional, de la pequeña industria o del barrido y limpieza de calles, mercados áreas públicas y otros. Su gestión es responsabilidad de la municipalidad o de otra autoridad gubernamental. Sinónimo de **basura** y **desecho sólido**.

Residuo peligroso. Residuo sólido o semisólido que por sus características tóxicas, reactivas, radiactivas, corrosivas, inflamables, explosivas o patógenas plantea un riesgo sustancial real o potencial a la salud humana o al ambiente cuando su manejo se realiza en forma conjunta con los residuos sólidos municipales, con autorización o en forma clandestina.

Residuo sólido domiciliario. Residuo que, por su naturaleza, composición, cantidad y volumen, es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento similar.

Residuo sólido comercial. Residuo generado en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como almacenes, depósitos, hoteles, restaurantes, cafeterías y plaza de mercado.

Residuo sólido institucional. Residuo generado en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, así como en terminales aéreas, terrestres, fluviales o marítimos y edificaciones destinadas a oficinas, entre otras entidades.

**RECOPILACIÓN DE LA
LITERATURA RELEVANTE
SOBRE EL TEMA**

PATENTES

Adolf Linke, Werner Pobl, Karl Schnid, and Rolf Werzel., *Process for Working Up Municipal Plastic Waste Materials by Gasification.*, U.W. Patent Number 5470361, November, 1995.

Albert Calderon., *Slagging Gasification Apparatus.*, *U.S. Patent Number*, 5136808, August, 1992.

Alexander G. Fassbender, *Sewage Treatment System.*, *U.S. Patent Number* 6893566 B2, May, 2005.

Allan Sass, *Process for the Gasification of Carbonaceous Materials.*, *U.S. Patent Number* 4322222,

March, 1982.

Allan Sass, *Process for the Gasification of Carbonaceous Materials.*, *U.S. Patent Number* 4229185, October, 1980.

Allan Z. Ullman, Northdridge, Jacob Silvernan, and Joseph Friedman, *Hydropylorysis Process.*, *U.S. Patent Number* 4597776, July, 1986.

Alvi, Obaid, et. al., *Plasma arc decomposition of hazardous wastes into vitrified solids and non-hazardous gasses*, Núm. 5,451,738, United States Patent, September 19, 1995.

Bebber, Hans J., Heinrich-Otto Rossner, and Gebhard Tomalla, *Plasma Torch with Hollow Fluid Cooled Nozzle.*, U.S. Patent Number 4645899, 1987.

Bell, Christy W., Charles H. Titus, and John K. Wittle., *Apparatus for the Decomposition of Hazardous Material and the Like.*, U.S. Patent Number 4431612, 1984.

Bellan, Paul M., *Method and Apparatus for Stabilizing Electric Furnace Arcs Using and Externally Applied Magnetic Field.*, U.S. Patent Number 4815097, 1989.

Bitler et al., US. Patent application Ser. No. 08/149,343, *Process and System for the On-Site Remediation of Lead Contaminated Soil and Waste Battery Casings.*

Bitler et al., US. Patent application Ser. No. 08/247,829, *Process for Remediation of Lead-Contaminated Soil and Waste Battery Casings.*

Bitler, John A., and John P. Baranski., *Process for Remediation of Lead-Contaminated Soil and Waste Battery*, U.S. Patent Number 5284504, 1994.

Brouet, Michel G., *Method and Device for Controlling the Erosion of the Electrodes of a Plasma Torch*, U.S. Patent Number 4683367, 1987.

Camacho, David P. And Salvador L. Camacho., *Plasma Arc Bulk Air Heating Apparatus*., U.S. Patent Number 4625092, 1986.

Camacho, Salvador L. and David P. Camacho, *Plasma Arc Torch*, U.S. Patent Number 4587397, 1986.

Camacho, Salvador L., and Louis J. Circeo, Jr. *Apparatus and Method for the Recovery of Fuel Products from Subterranean Deposits of Carbonaceous Matter Using a Plasma Arc*, U.S. Patent Number 4067390, 1978.

Camacho, Salvador L., *Apparatus for Vitrification of Fine Particulate Matter*., U.S. Patent Number 5497710, 1996.

Camacho, Salvador L., *Mehod for Vitrification of Fine Particulate Matter and Products Produced Thereby*., U.S. Patent Number 5399833, 1995.

Camacho, Salvador L., *Plasma Arc Heating Apparatus and Method*., U.S. Patent Number 469446, 1987.

Camacho, Salvador L., *Plasma Pyrolysis and Vitrification of Municipal Waste*., U.S. Patent Number 5544597, 1996.

Camacho, Salvador L., *Process for Plasma Pyrolysis and Vitrification of Municipal Waste*, U.S. Patent Number 5634414, 1997.

Camacho, Salvador L., *Refuse Converting Apparatus using a Plasma Torch*, U.S. Patent Number 5143000, 1992.

Camacho, Salvador L., *Refuse Converting Method and Apparatus Utilizing Long Arc Column Forming Plasma Torches*, U.S. Patent Number 3779182, 1973.

Camacho; Salvador L. (Raleigh, NC), *Plasma arc heating apparatus and method*, US Patent 4694464, July 30, 1986.

Carter, George W., and Andreas Tsangaris., *Municipal Solid Waste Disposal Process*., U.S. Patent Number 5280757, 1994.

Carter; George W. (Ottawa, CA), Tsangaris; Andreas (Ottawa, CA), *Plant for gasification of waste*, 2184653 CA, January 25, 1994.

Cesare Saccani, *Plant for the Hot Treatment of Waste Gases From Municipal Waste Incinerators.*, U.S. Patent Number 6814011 B 2, November, 2004.

Chang, Kuo-Ching, Shin-Tsung Tseng, and Jain-Sheng Huang., *Plasma Torch-Jet Liquid Waste Treatment Device.*, U.S. Patent Number 5363781, 1994.

Charles H. Titus, Daniel R. Cobm., and Jeffrey E. Surma, *Arc Plasma-Melter Electro Conversion System for Waste Treatment and Resource Recovery.*, U.S. Patent Number 5666891, September, 1997.

Charles H. Titus, Daniel R. Cobm., and Jeffrey E. Surma, *Tunable Molten Oxide Pool Assisted Plasma-Melter Vitrification Systems.*, U.S. Patent Number 5756957, May, 1998.

Charles H. Titus, Daniel R. Cotm and Jeffrey E. Surma., *Arc Plasma-Melter Electro Conversion System for Waste Treatment and Resource Recovery.*, U.S. Patent Number 5666891, September, 1997.

Charles H. Titus, Daniel R. Cotm and Jeffrey E. Surma., *Tunable Molten Oxide Pool Assisted Plasma-Melter Vitrification Systems.*, U.S. Patent Number 5756957, May, 1998.

Cline, George H., Dale C. Edward, Bob G. Landberg, and Kurt G. Winkler., *Method and System for Incineration and Detoxification of Semiliquid Waste.*, U.S. Patent Number 4989522, 1991.

Crater, Geurge W., procede Délimination de dechets urban solides municipal soil waste disposas process, CA 2076199, sept,10,1993.

David H. Mitchell and David R. Sageman, *Gasification Process.* U.S. Patent Number 4137053, June, 1979.

David P. Chynoweth and Paul B. Torman, *Hybrid Bio-Thermal Liquefaction.*, U.S. Patent Number 4334026, June, 1982.

Dighe, Shyam V., and Charles B. Wolf., *Plasma Fired Feed Nozzle.*, U.S. Patent Number 4761793, 1988.

Do, Robert T.; Gary L. Leatherman, *Plasma pyrolysis, gasification and vitrification of organic material*, Núm. 6,987,792, United States Patent, January 17, 2006.

Dyos, Gordon Thomas, *Plasma Torches.*, U.S. Patent Number 3830428, 1974.

Eschenbach, Richard C., *Method for Heating Gases.*, U.S. Patent Number 3294952, 1966.

Francois-Régis Mahrer, *Apparatus for Receiving and Conditioning Organic Waste by Anaerobic Bioconversion.*, U.S. Patent Number 6059972, May, 2000.

Gage, Robert M., *Arc Torch Process with Reactive Gases.*, U.S. Patent Number 2862099, 1958.

George M. Mallss, Leslie E. Compton, *Gasification of Carbonaceous Solids.*, U.S. Patent Number 29132, July, 1977.

Gordon H. Tucker, *System and Method for Gasification of Solid Carbonaceous Fuels.*, U.S. Patent Number 4385905, May, 1983.

Hanus, Gary J., Todd J. Stahl, and Salvador L. Camacho, *Convertible Plasma Arc Torch and Method of Use.*, U.S. Patent Number 5362939, 1994.

Harald F. Funk, *Solid Waste Refining and Conversion to Methanol.*, U.S. Patent Number 5104419, April 1992.

Haun, Rob E., Neil C. Elmer, and Robin A. Lampson, *Arc Plasma Torch Having Tapered-Bore Electrode.*, U.S. Patent Number 5239162, 1993.

Heberlein, Joachim V.R., and Maurice G. Fey, *Magnetic Field Stabilized Transferred Arc Furnace.*, U.S. Patent Number 4495625, 1985.

Hedberg, Gorand J., and Elleng E. Knights., *Destruction of Hydrocarbon Material.*, U.S. Patent Number 5484978, 1996.

Helmut W. Schulz, *Simultaneous Gasification of Coal and Pyrolysis of Organic Solid Waste Materials.*, U.S. Patent Number 4052173, October, 1977.

Herald F. Funk, *Solid Waste Refining and Conversion to Methanol.*, U.S. Patent Number 5104419, April, 1992.

Herald F. Funk, *Treating Waste Materials to Produce Usable Gases.*, U.S. Patent Number 3970524, July, 1976.

Herman F. Feldmann, *Apparatus for the Production of Methane Containing Gas by Hydrogasification.*, U.S. Patent Number 4152122, May, 1979.

Houseman, John, *Solid Arc Reactor Method.*, U.S. Patent Number 3533756, 1970.

Ivanov, Vladimir, Pavel P. Kuilik, and Alexis N. Logoshin, *Method of Control of Plasma Stream and Plasma Apparatus.*, U.S. Patent Number 5489820, 1996.

Janic; Dusan (Columbus, IN), Gilmore; Chris (Columbus, IN), K, US Patent 6817338, February 4, 2002.

Joseph Frank Pierce, Jr., *Feeding System for Fuel Gas Generator.*, U.S. Patent Number 7083763 B1, August, 2006.

Joseph Frank Pierce, Jr., *Method and System for Converting Waste into Electricity.*, U.S. Patent Number 7017347 B1, Mar, 2006.

Joseph Frank Pierce, Jr., *Method for Converting Waste into Electricity.*, U.S. Patent Number 6886340 B1, May, 2005.

Kane, J.S., and Peter R. Shaefer, *Pressure Retract Arc Torch.*, U.S. Patent Number 3242305, 1966.

Kent F. Schien, Scott A. Moseley and Gary E. Winkler., *Methods and Systems for Converting Waste into Energy.*, U.S. Patent Number 7105088 B2, September, 2006.

Koichi Mizuno, Ibaraki, Takeshige Wakabayashi, Yutaka Koinuma, Reiji Aizawa, Satoshi Kushiya, Satoru Kabayashi, Hideo Obuchi, Toyonobu Yoshida, Nishikata, Bunkyo-ku Tokyo, Yoshiro Kubota, Tokyo; Takanobu Amano, Tokyo; Hisachi Komaki, Tokyo and Shoji Hirakawa, Tokyo., *Apparatus for Decomposing Halogenated Organic Compound.*, U.S. Patent Number 5187344, February, 1993.

Kulkarni, Prabhakar., *Method for Treatment of Hazardous Waste in Absence of Oxygen.*, U.S. Patent Number 5138959. 1992.

Labrot, Maxime Didier Pineau, and Jean Feuillerat, *Plasma Torch for Noncooled Injection of Plasmagene Gas.*, U.S. Patent Number 5262616, 1993.

Labrot, Maxime Didier Pineau, and Jean Feuillerat, *Tubular Electrode for Plasma Torch and Plasma Torch Provided with such Electrodes.*, U.S. Patent Number 4891490, 1990.

Labrot, Maxime, Serge G.R. Muller, Jean Feuillerat, and Patrick Lautissier, *Plasma Torch Provided with an Electromagnetic Coil for Rotating Arc Feet.*, U.S. Patent Number 5132511. 1992.

Ligon, Sr.; James T. (Almont, MI), Porter; Stephen P. (Imlay City, MI), *Variable apex back support*, US Patent 5518294, May 23, 1994.

M.P. Schlienger, *Apparatus and Method for High Temperature Disposal of Hazardous Waste Materials*, U.S. Patent 4770109, 1988.

Maher I. Boulog and Jerzy Jurewicz, *High Performance Induction Plasma Torch with a Water-Cooled Ceramic Confinement Tube*, U.S. Patent Number 5200595, April, 1993.

Mahrer Fran, *Apparatus for receiving and conditioning organic waste by anaerobic bioconversion*, Núm. 6,059,972, United States Patent, May 9, 2000.

Manabe, Tosikatu, Tetsuo Gejyo, and Yasuzi Hamura, *Plasma Torch*, U.S. Patent Number 3614376, 1971.

Marhic, Gerard, Didier Schaff, and Francis Remy, *Plasma Torches*, U.S. Patent Number 4625094, 1986.

Mclaughlin, David F., Shyam V. Dighe, and William R. Gass., *Plasma Vitrification of Waste Materials*, U.S. Patent Number 5637127, 1997.

Michael Tendler, Philip Rutberg and Guido van Oost, *Plasma based waste treatment and energy production*, *Plasma Phys. Control. Fusion* 47 (2005) A219–A230.

Momtaz N, Mansour, Kanda Swamy, Drai-Swamy and David W. Warren., *Indirectly Heated Thermochemical Reactor Processes*, U.S. Patent Number 5536488, July, 1996.

Momtaz N. Mansour, Kanda-Swamy, Drai-Swamy and David W. Warren., *Indirectly Heated Thermochemical Reactor Apparatus and Processes*, U.S. Patent Number 5306481, April, 1994.

Momtaz N. Mansour, Kanda-Swamy, Durai-Swamy and David W. Warren, *Indirectly Heated Thermochemical Reactor Apparatus and Processes*, U.S. Patent Number 5059404, October, 1991.

Momtaz, N., Mansour, Kanda-Swamy Durai-Swamy and David W., Warren., *Endothermic Spent Liquor Recovery Process*, U.S. Patent Number 5637192, June, 1997.

Multiple Plasma Generator Hazardous Waste Processing System. Number 2,457335. Pending Filed February 10, 2004. Canada.

Multiple Plasma Generator Hazardous Waste Processing System. Number 6,817,388. February 11th, 2004. USA.

Multiple Plasma Generator Hazardous Waste Processing System. Number PCT/CA04/00183. Pending. Australia, Brazil, China, Europe, Israel, India, Japan, South Korea, Mexico, Malaysia, New Zealand, Philippines, Singapore, South Africa.

Municipal Solid Waste Disposal Process. Number 0655083. Issued October 28th, 1998. Germany, Spain, France, United Kingdom, Ireland, Italy.

Municipal Solid Waste Disposal Process. Number 2,076,199. Issued November 9, 2004. Canada.

Municipal Solid Waste Disposal Process. Number 294398. Issued February 13, 1995. South Korea.

Municipal Solid Waste Disposal Process. Number 5,280,757. Issued January 25th 1994. Canada.

Municipal Solid Waste Disposal Process. Number 682313. Issued April 9, 1998. Australia.

Ned S. Razor, *Apparatus for converting Carbonaceous Material into Fuel Gases and the Recovery of Energy Therefrom.*, U.S. Patent Number 4187672, February, 1980.

Ned S. Razor, *Process for Producing Fuel Gases From Carbonaceous Material.*, U.S. Patent Number 4244180, June, 1981.

Norman G. Bishop and Ricardo Viramontes-Brown, *Apparatus For Gasifying Organic Materials.*, U.S. Patent Number 5851246, December 1998.

Norman G. Bishop and Ricardo Viramontes-Brown., *Method and Apparatus for Gasification of Organic Materials.*, U.S. Patent Number 5656044, August, 1997.

Norman G. Bishop, Ricardo Viramontes-Brown., *Method for Gasifying Organic Materials.*, U.S. Patent Number 5425792, June, 1995.

Obaid U., Alvi, Richardson and Irfan A., *Plasma Arc Decomposition of Hazardous Wastes into Vitrified Solids And Non-Hazardous Gases.*, U.S. Patent Number 5451738, September, 1995.

Obaid U., Alvi, Richardson and Irfan A., *Plasma Arc Decomposition of Hazardous Wastes into Vitrified Solids And Non-Hazardous Gases.*, U.S. Patent Number 5451738, September, 1995.

Pasquini, Pierre, and Jacques Nuns, *Method for Equalizing Wear to Prolong the Lifespan of a Plasma Torch Electrode.*, U.S. Patent Number 5376768, 1994.

Pasquini, Pierre, Marxime Labrot, Jean-Pierre Serrano, and Didier Pineau, *Plasma Torch Having a Longitudinally Mobile Arc Root, and Process for Controlling the Displacement Thereof.*, U.S. Patent Number 4847466, 1989.

Pierce, Jr.; Joseph Frank, *Feeding system for fuel gas generator*, Núm. 7,083,763, United States Patent, August 1, 2006.

Pierce, Jr.; Joseph Frank, *Long lasting torch*, Núm. 7,098,421, United States Patent, August 29, 2006.

Pierce, Jr.; Joseph Frank, *Method and system for converting waste into electricity*, Núm. 7,017,347, United States Patent, March 28, 2006.

Pierce, Jr.; Joseph Frank, *Method for converting waste into electricity*, Núm. 6,886,340, United States Patent, May 3, 2005.

Pineau, Didier, M.J.M., and Yves H.G., Valy., *Method for the Destruction of Chemically Stable Waste.*, U.S. Patent Number 4980092, 1990.

Plant for Gasification of Waste. Number 2,184,653. Pending Filed September 4, 1996. Canada.

Plant for Gasification of Waste. Number 6,155,182. Issued December 5th, 2000. USA.

Plant for Gasification of Waste. Number P19703232. Pending, Malaysia.

Ponghis, Nikolas G. *Electric Arc Plasma Torch.*, U.S. Patent Number 4596918, 1986.

Radon Tolma, E. Frank M. Stephens, Jr., *Production of a Fuel Gas With a Stabilized Metal Carbide Catalyst.*, U.S. Patent Number 4372755, February, 1983.

Ramakrishnan, Subramania, Walter T. Oppenlander, Alan E. Mundy, and Ian M. Ogilvy, *Electric Arc Reactor Having Upstream and Downstream Electrodes.*, U.S. Patent Number 5296672, 19974.

Randalls; Leon C. (New York, NY), *Production of methanol from organic waste material by use of plasma jet*, US Patent 4339546, March 23, 1981.

Robert A. Caughey, *Apparatus for Producing Combustible Gases from Carbonaceous Materials.*, U.S. Patent Number 4030895, June, 1977.

Robert A. Taylor., *Method for Direct Gasification of Solid Waste Materials.*, U.S. Patent Number 5423891, June, 1995.

Robert Marschall Prigmore, *Gasification Apparatus and Method.*, U.S. Patent Number US2006/0144304 A1, July, 2006.

Robert T. Do. and Gary L. Leatherman, *Plasma Pyrolysis, Gasification and Vitrification of Organic Material.*, U.S. Patent Number 6987792 B2, January, 2006.

Sakuragi, Shunichi, and Naoya Tsuramaki, *Plasma Torch Having Cylindrical Velocity Reduction Space Between Electrode End and Nozzle Orifice.*, U.S. Patent Number 5591356, 1997.

Salvador L. Camacho, *Plasma Pyrolysis and Vitrification of Municipal Waste.*, U.S. Patent Number 5544597, August, 1996.

Schien, Kent F.; et. al., *Methods and systems for converting waste into energy*, Núm. 7,105,088, United States Patent, September 12, 2006.

Schlienger, Max P., *Apparatus and Method for High Temperature Disposal of Hazardous Waste Material*, U.S. Patent Number 5005494, 1991.

Schlienger, Max P., *Apparatus for High Temperature Disposal of Hazardous Waste Materials.*, U.S. Patent Number 5136137, 1992.

Schlienger, Max P., *Rotatable Plasma Torch.*, U.S. Patent Number 4912296, 1990.

Schoumaker, Henry R.P.J., *Plasma Curtain of Two or More Plasmas*, U.S. Patent Number 3786306, 1974.

Shang-I Chang, *Fluidized Bed Reactor System for Integrated Gasification.*, U.S. Patent Number 4597771, July, 1986.

Shang-I Chang, *Integrated Gasification Apparatus.*, U.S. Patent Number 4448588, May, 1984.

Shang-I Chang, *Integrated Gasification Process.*, U.S. Patent Number 4353713, October, 1982.

Simmons, Orien W., *Electric Arc Melting Furnace.*, U.S. Patent Number 2652440, 1953.

The Solid Waste Dilemma: An Agenda for Action, Toxic Subst. J. Vol. 9 No. 1, pp. 9-54, 1989.

Tsantrizos, Peter, Raynald Lachance, Bruce Hehshaw, and Lakis T. Marvropoulos., *High Enthalpy Plasma Torch.*, U.S. Patent Number 5147998, 1992.

Tylko, Jozef K., *Treatment of Matter in Low Temperature Plasmas.*, U.S. Patent Number 4361441, 1982.

Vaughn Mansfiel, *Apparatus and Method for Producing Gas.*, U.S. Patent Number 4109590, August, 1978.

Vaughn Mansfiel, *Method and Apparatus for Producing Gas from Solid Municipal Waste.*, U.R. Patent Number 4091748, May, 1978.

Vavruska, *John S.*, *Induction Steam Plasma Torch for Generating a Steam Plasma for Treating a Feed Slurry.*, U.S. Patent Number 5611947, 1997.

Wesley P. Hillard, and Scott Barney., *Apparatus for Municipal Waste Gasification.*, U.S. Patent Number 5484465, June, 1996.

Wesley P. Hillard., *Oblate Spheroid Shaped Gasification Apparatus and Method of Gasifying a Feedstock.*, U.S. Patent Number 5787822, August, 1998.

Wesley P. Hilliard, Scott Barney., *Method for Municipal Waste Gasification.*, U.S. Patent Number 5573559, November, 1996.

White; Robert J. (Pinole, CA), *Synthesis gas manufacture*, US Patent 3874116, April 27, 1973.

Wolf, Charles B., and George A. Kemeny, *Multiple Annular Electrode Gas Arc Heater with a Magnetic Arc Spinner.*, U.S. Patent Number 3309550, 1967.

Wolf, Charles B., George A. Kemeny, and Serafino M. De Croso, *Electrode for an Arc Furnace Having a Fluid Cooled Arcing Surface and a Continuously Moving Arc Thereon*, U.S. Patent Number 3385987, 1968.

Wolf, Charles B., Shyam V. Dighe, Paul E. Marting, Raymond F. Taylor, Jr., and William J. Melilli., *Plasma Torch with Extended Life Electrodes.*, U.S. Patent Number 5004888, 1991.

Wolf, Charles B., Thomas N. Meyer, Maurice G. Fey, and John E. Heidrich, *High Power Arc Heater.*, U.S. Patent Number 4535225, 1985.

Wolf; Charles B. (Irwin, PA), Fey; Maurice G. (Pittsburgh, PA), Azinger, Jr.; Frederick A. (Pittsburgh, PA), *A Arc heater with integral fluid and electrical ducting and quick disconnect facility*, US Patent 3,832,519, August 11, 1972.

Wong, Alfred Y. and Andreas Kuthi., *Electrodeless Plasma Torch Apparatus and Methods for the Dissociation of Hazardous Waste.*, U.S. Patent Number 5288969, 1994.

Wulff, Heinrich., *Process and Equipment for the Treatment of a Material by Means of an Arch Discharge Plasma*, U.S. Patent Number 3852061, 1974.

ARTÍCULOS TÉCNICOS

AD-NETT Technical summary, Economics of Anaerobic Digestion of Agriculture Waste, Technical Summary, October 1998, Ian Higham, AEA Technology Environment, www.ad-nett.com.

AD-NETT Technical summary, Legislation in different European countries regarding implementation of anaerobic digestion Åke Nordberg Swedish Institute of Agricultural Engineering, PO Box 7033, SE-750 07 Uppsala, SWEDEN ake.nordberg@jti.slu.se, www.ad-nett.com.

AD-NETT Technical summary, environmental Aspects of Biogas Technology written by Barbara Klingler, German Biogas Association, www.ad-net.com.

Air Quality Management, Special feature. "Dioxins: what and where?". Enero 2001. (falta autor y páginas)

Ambulkar, A. R.; Shekdar, A. V. Prospects of biomethanation technology in the Indian context: a pragmatic approach. Resources, Conservation and Recycling. Elsevier Science Ltd, Oxford, UK: 2004. 40: 2, 111-128. 12 ref. Journal article.

An overview of the global waste to-energy industry

Análisis del Mercado de los Residuos Sólidos Municipales Reciclables y Evaluación de su Potencial de Desarrollo, Secretaría de Ecología. Octubre-Noviembre 1999.

Anders Lagerkvist, *Academic Research on Solid Waste in Sweden 1994-2003*, Waste Management 26, pp. 277-283, 2006.

Babbit, H. E.; et. al., "The biological digestion of garbage with sewage sludge", *Engineering Experiment Station*, núm. 287, November 1936.

Bern Calaminus and R. Stahlberg, Continuous in-line Gasification/Vitrification Process for Thermal Waste Treatment: Process Technology and Current Status of Projects, Waste Management 18, pp. 547-556, 1998.

Buelt et al., In Situ Vitrification of Transuranic Waste: An Updated Systems Evaluation and Applications Assessment, PNL-4800 Supp. 1, pp. ix-xiv and 79-86, Marzo 1987.

Borjesson, P.; Berglund, M., Environmental systems analysis of biogas systems - Part I: Fuel-cycle emissions. Biomass and Bioenergy. Elsevier, Oxford, UK: 2006. 30: 5, 469-485. 25 ref. Journal article.

By Enviros Consulting Ltd and University of Birmingham with Risk and Policy Analysis Ltd, Open University and Maggie Thurgood, Review of Environmental and Health Effects of Waste Management: Municipal Solid Waste and Similar Wastes. Enviros, The University of Birmingham.

Campbell C.E., "Incineration: Tested & True", *Chemical Engineering*, Vol. 104, No. 5, Mayo 1997, pp. 142-145.

Cecchi, F., Taverso, P.G., Mata-Alvarez, J., Clancy, J., Zaror, C. (1988). State of the Art of R&D in the Anaerobic Digestion of Municipal Solid Waste in Europe, *Biomass*, No. 16, pp. 257-284.

Chapman, *Evaluation of Vitrifying Municipal Incinerator Ash.*, Ceramic Transactions: Nuclear Waste Management IV, Ceramic Transactions, American Chemical Society, vol. 23, pp. 223-233 and 349-394, 1991.

Dario Martino, *Municipal Solid Waste Gasification Reactions for H₂ Generation.*, Michigan State University.

David Lamar, *Integrated Environmental Technologies, LLC, 1935 Butler Loop, Richland, WA 99352, (509) 946-5700, <http://www.inentec.com/>, The designer/engineer for the medical waste plasma unit in Holulu, HI.*

David Liscinsky, *Biomass Gasification and Power Generation Using Advanced Gas Turbine Systems*, Final Report. United Technologies Research Center. October 2002.

De Baere, L., Verstraete, W. (1985). Anaerobic fermentation of semisolid and solid substrates, Laboratory, of Microbial Ecology, pp 195-208, State University of Ghent, Belgium.

De Baere, L., (1999). Anaerobic Digestion of Solid Waste: State of the Art, *Water, Science Technology* Vol. 41, No. 3, pp 283-290.

Del Val, Alfonso, "Civilización como desperdicio y cloaca", *Alfoz*, núm. 36, Madrid, 1993.

Denison et al., *recycling & Incineration: Evaluating the Choices.*, pp. 104-145 and 177-200. 1990.

DuTemp Waste to Energy, Plasma Arch Reactor Facility.

Edgar Fernando Castillo M., Diego Edison Cristancho, and Victor Arellano A., *Study of the Operational Conditions for Anaerobic Digestión of Urban Solid Wastes*, *Waste Management* 26, pp. 546-556, 2006.

Futeau de Laclos, H., Desbois, S. And Saint-Joly, C. (1997). Anaerobic digestion of Municipal Solid Organic Waste: Valorga full-scale plant in Tilburg, The Netherlands. *Water, Science Technology* Vol. 36, No. 6-7, pp 457-462.

Energy recovery from New York City solid wastes

Ganapathy V., "Heat Recovery Boilers: The Options". *Chemical Engineering Progress*, Vol. 88, No. 2., Febrero 1992, pp. 59-64.

Ganapathy V., "Recover Heat from Waste Incineration", *Hydrocarbon Processing*, Septiembre 1995, pp.51-56.

Gauvin, W.H., "Some Characteristics of Transferred-Arc Plasmas", *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, Vol. 9, No. 1, 1989 (Supplement).

Golueke, H. G., "Composting manure by anaerobic methods", *Compost Sci.*, 1(1), March 1981, 48-53.

Gotaas, H. B. "Sanitary disposal and reclamation of organic wastes", *WHO Monograph Series*, Núm. 31, 1956.

Graef et al., *Product Distribution in the Rapid Pyrolysis of Biomass/Lignin for Production of Acetylene*, American Chemical Society, pp. 193-312. 1981.

H. Boerrigter, H.P. Calis, D.J. Slort, H. Bodenstaff, A.J. Kaandorp, H. den Uil, and L.P.L.M. Rabou, *Gas Cleaning for Integrated Biomass Gasification (BG) and Fischer-Tropsch (FT) Systems. Experimental demonstration of two BF-FT systems ("Proof-of-Principle")*, ECN-C-04-056, December 2004.

H. Christopher Frey, *New Methods for Assessment of Pollution Prevention Technologies: Integration of Probabilistic Process Modeling and Design: Life-Cycle Analysis; and Regional Environmental Benefits Assessment.*, North Carolina State University, September 2003.

Hamrick, *Biomass-fueled Gas Turbines.*, Clean Energy From Waste And Coal, ACS Symposium Series 515, American Chemical Society, pp. 78-89. 1993.

Hamrick, *Biomass-fueled Gas Turbines*, Clean Energy From Waste And Coal, ACS Symposium Series 515, American Chemical Society, pp. 78-89. 1993.

Hideya Nishiyama, Toshiki Shimizu and Takehiko Sato, *Performance Evaluation of Arc Ash Melting Systems byh Computational Simulation*, ISIJ International, Vol. 44, No. 2, pp. 268-174, 2004.

Hitachi Metals, Environmental Systems Company, +81-3-5765-4701+htt://www.hitgachi-metals.co.jp/e/prod/prod07/p07_2_02.html, The co-developer of the only commercial plasma arc facility disposing of MSW, the 166-tpd plant in Utashinai, Japan.

Holder R., Golesworthy T., Davis P., “Waste to Energy: Controlling Gaseous Emissions”. *Industrial Environmental Management*. Agosto 1998.

Hu Suh, Shy C., “Health Effects of Waste Incineration: A Review of Epidemiologic Studies”, *Journal of the Air & Waste Management Association*, Vol. 51, Julio 2001, pp. 1100-1109.

Igor Matveev and Svetlana Matveeva, *Non-Equilibrium Plasma Igniters and Pilots for Aerospace Application*., American Institute of Aeronauticas and Astronautics.

Recovered Energy System, A process for recycling waste through plasma gasification and converting it into energy and pther valuable products, Busines plan and proposal, Recovered Energy Business plan , May, 2003.

Ivan B. Georgiev and Boris I. Mihailov, *Some General Conclusions From the Results of Studies on Solid Fuel Steam Plasma Gasification*, FUEL, Vol. 71, 1992.

J.W. Sears, R.C. Eschenbach, and R. A. Hill, *The Plasma Centrifugal Furnace: A Method for Stabilization and Decomposition of Toxic and Radioactive Wastes*, Waste Management 10, 165, 1990.

JFE Ash Melting Furnace Technology., New Products & Technologies. JFE Technical Report No. 3, July 2004.

Johansson et al., *Renewable Energy: Sources for Fuels and Electicity*, Island Press, pp. 726-729, 734-747. 1993.

Kayhanian, M. (1995). Biodegradability of the organic fraction of municipal solid waste in a high solid anaerobic digester, *Waste Management & Research* 13, 123-136.

Kayhanian, M., et. al., “Two-Stage Process Combines anaerobic and aerobic phases”, *Biocycle*, 32(3), March 1981, 48-53.

Klepeis J.E., “To Treat Hazardous Wastes”. *Hydrocarbon Processing*, Diciembre 1989. (Faltan págs)

Kolak, Nicholas P., Thomas G. Barton, Chun C. Lee, and Edward F. Peduto, “Trial Burns – Plasma Arc Technology”, *Nuclear and Chemical Waste Management*, Vol. 7, pp 37-41, 1987.

Kovacs, K. L., Kovacs, A. T., Maroti, G., Bagi, Z., Csanadi, G., & Perei, K. et al. (2004). Improvement of biohydrogen production and intensification of biogas formation. *Reviews in Environmental Science and Technology*, 3(4), 321-330. Retrieved October 19, 2006, from Biological Sciences database.

Lagerkist, A., Chen, H. (1993). Control of Two Step Anaerobic Degradation of Municipal Solid Waste (MSW) by enzyme addition, *Water, Science Technology* Vol. 27, No. 2, pp 47-56.

Leite O.C., “Burn Wastes Cost-effectively”, *Hydrocarbon Processing*, Mayo 1998, pp. 119-126.

Leite O.C., “Cleaning up Incineration Exhaust”. *Environmental Engineering World*, Julio – Agosto 1996.

Liu, T., Ghosh, S., (1997). Phase Separation During Anaerobic Fermentation of Solid Substrates in an Innovative Plug-flow Reactor, *Water, Science Technology* Vol. 36, No. 6-7, pp 303-310.

Louis Circeo, A research and development center headed by Louis Circeo, a pioneer in the development of waste disposal applications for plasma arc technology.

M. Brossa and E. Pfender, *Probe Measurements in Thermal Plasma Jets*, *Plasma Chem. Plasma Process.* 8. 75 (1988).

Mac Rae, D.R., “Plasma Arc Process Systems, Reactor, and Applications”, *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, Vol. 9, No. 1, 1989, (Supplement).

Maillo, A., “Nuevas Tecnologías, Recuperación de la energía de los residuos. *Revista entorno*, 10.

Masao Takuma, Yuuji Kaihara and Akihiro Yamada, *Contribution of Waste to Energy Technology to Global Warming.*, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd, *Technical Review*, Vol. 41, No. 4, August, 2004.

Matsuda, J. Current status of energy utilization from livestock waste - utilization of biogas from livestock waste. (The present situation of animal wastes management technologies for the harmony with environment) [Japanese] *Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery*. Japanese Society of Agricultural Machinery, Omiya City, Japan: 2004. 66: 1, 8-11. 4 ref. Journal article.

Themelis Nickolas J., YOUNG HWAN KIM; "Material and Energy Balances in a Large-Scale Aerobic Bioconversion Cell", Waste management & research, 2002, vol. 20, no3, pp. 234-242 (25 ref.)

Mixed Waste Facility Risk Assessment for a Commercial Plasma-Based Gasification and Vitrification System, Jaraysi, Massimino, Domingo, et al, *WM99 Oral Session 53*, March, 1999

Compound Shaft-Reactor-Plasma-Mixing-Destruction-Chamber Approach, Jens Hetland. 1. Ph.D. and Steinar Lynum MSc, July, 2001.

Murphy, J. D., & McCarthy, K. (2005). The optimal production of biogas for use as a transport fuel in Ireland. *Renewable Energy*, 30(14), 2111-2127. Retrieved October 19, 2006, from Environmental Sciences and Pollution Mgmt database.

Murphy, J. D., & McKeogh, E. (2006). The benefits of integrated treatment of wastes for the production of energy. *Energy (Oxford)*, 31(2-3), 294-310. Retrieved October 19, 2006, from Environmental Sciences and Pollution Mgmt database.

Murphy, J. D., & McKeogh, E. (2004). Technical, economic and environmental analysis of energy production from municipal solid waste. *Renewable Energy*, 29(7), 1043-1057. Retrieved October 19, 2006, from Environmental Sciences and Pollution Mgmt database.

Murphy, J. D., McKeogh, E., & Kiely, G. (2004). Technical/economic/environmental analysis of biogas utilization. *Applied Energy*, 77(4), 407-427. Retrieved October 19, 2006, from Environmental Sciences and Pollution Mgmt database.

N. Lapa, J.F. Santos Oliveira, S.L.Camacho. L.J. Circeo, *An ecotoxic risk assesment of residue materials produced by the plasma pyrolysis/Vitrification (PP/V) process*, *Waste Management* 22 (2002) 335-342.

Ni-Bin Chang, Eric Davila, Brian Dyson and Ron Brown, *Optimal Design for Sustainable Development of a Material Recovery Facility in a Fast-Growing Urban Setting*, *Waste Management* 25, pp. 833-846, 2005.

Novak R.G., "Recovering Energy from Hazardous Waste Incineration", *Chemical Engineering*, Vol. 91, Marzo 19, 1984, pp. 146-154.

Pavan, P., Battistoni, P., Cecchi, F., Mata-Alvarez, J., (1999). Two-Phase Anaerobic Digestion of Source Sorted Organic Fraction of Municipal Solid Waste (OFMSW) Performance and Kinetic Study, *Water, Science Technology Vol. 41, No. 3*, pp. 111-118.

Pearl Moy, *A Health Risk Comparison of Landfill Disposal and Waste-to-Energy (WTE) Treatment of Municipal Solid Wastes in New York City (NYC)*, Earth Engineering Center, Columbia University, June, 2005.

Phillips J.B and M.A Hindawi., "Recovery of Energy from Wastes". *Pollution Engineering*. Septiembre 1996.

Plasma Afterburner for Treatment of Effluents from Solid Waste Processing, Defense Sciences Engineering Divisio, six pages.

Plasma Arc Destruction of Hazardous Wastes, Naval Research Labobratory, one page.

Plasma Arc Systems, CMPS&F – Environment Australia, Appropriate Technologies for Treatment of Scheduled Wastes, *Review Report # 7*, November, 1997.

Plasma Arc Technologies, Construction Engineering & Management, Purdue University June, 2000.

Plasma Arc Torch Technology, Construction Industry Institute Fact Sheet, four pages.

Plasma Gasification Waste Treatment Technology, White Paper, Resorption Canada Limited, April, 2001.

Plasma Heat: Wordwide Developments using A Demonstrated, Unique Heat Source for Waste Treatment & Industrial Applications, Camacho, Nunn, and Benda, March, 2000.

Plasma Power, Kimberly Link-Wills, Georgia Tech Alumni Online, Summer, 2002.

Q.Y. Hant, T.W. Or, Z.P. Lu, J. Heberlein and E. Pfender, dc Thermal Plasma Deposition of Diamond Films, *Thermal Plasma Applications in Materials and Metallurgical Processing*, (N. El-Kaddah, ed.), TMS, Warrendale, Pennsylvania, pp. 277-291, 1992.

R. Eden, *The Gasification of Domestic Waste for Energy Recovery and Waste Minimization.*, Organics Ltd, The Barclay Centre, University of Warwick Science Park, Coventry, CV4 7EZ, United Kingdom.

R.F. Chianelli, *The Plasma Converter System (PCS)*.

R.W. Beck, Inc., *Review of Plasma Arc Gasification and Vitrification Technology for Waste Disposal*, January 2003.

Rabl A. and J.V. Spadaro, "Health Risks of Air Pollution from Incinerators: a Perspective". *Waste Management and Research Waste*, Vol. 16, pp. 365-388.

S. Consonni, M. Giugliano and M. Grosso, *Alternative Strategies for Energy Recovery From Municipal Solid Waste Part A: Mass and Energy Balances*, *Waste Management* 25, pp. 123-135, 2005.

S. Consonni, M. Giugliano and M. Grosso, *Alternative Strategies for Energy Recovery From Municipal Solid Waste Part B: Emission and Cost Estimates*, *Waste Management* 25, pp. 137-148, 2005.

S. Paik, P.C. Huang, J. Heberlein, and E. Pfender, *Determination of the Arc-Root Position in a dc Plasma Torch*, *Plasma Chem. Plasma Process*, 13, 379-397, 1993.

Shook J.R., "Recover Heat from Flue Gas", *Chemical Engineering Progress*, Vol. 87, No. 6, Junio 1991, pp.49-54.

Singh, K. J.; Sooch, S. S. Comparative study of economics of different models of family size biogas plants for state of Punjab, India. *Energy Conversion and Management. Pergamon Press*, Oxford, UK: 2004. 45: 9/10, 1329-1341. 8 ref. Journal article.

Te Solena Group, Dennis Millir, Chief Scientist, Ronald Reagan Building and Intl Trade Center, 1300 PennsylvaniaAve., Washington D.C. 20004, (202) 682-2405.

Technical Discussion of Why Plasma Gasification is the Only Answer., Recovered Energy System Technical Brief.

The Construction Research Center at the Georgia Institute of Technology, Dr. Louis J. Circeo, *Georgia Tech Tesearch Institute*, Atlanta, GA 30332-0837, (404) 894-2070.

The Solid Waste Dilemma: An Agenda for Action, *Toxic Subst. J.* Vol. 9 No. 1, pp. 9-54, 1989.

Themelis, N.J., Kim H.Y., Material and Energy Balances in a Large-Scale Aerobic Bioconversion Cell. *Waste Management and Research*, 2002, 20, pp 234-242.

Themelis, N.J, An Overview of the Global Waste-to-energy Industry. *Waste Management Word* (www.iswa.org), 2003-2004. *Review Issue*, July-August 2003, pp. 40-47.

Themelis, N.J., Kim, H.Y., and Brady, Mark., Energy Recovery From New York City Solid Wastes. *ISWA Journal: Waste Management and Research*, 2002:20, 223-233.

Timothy C. Merkel, Raghubir P. Gupta, Suresh C. Jain, Brian S. Turk and Daniel C. Cicero, *A Hybrid Gas Cleaning Process for Production of Ultraclean Syntas*.

Westinghouse Plasma Corporation, Dan Lazzrd, Plasma Center – Waltz Mill Site, Madison, PA 15663 (724) 722-7052 <http://www.westinghouse-plasma.com/>, The co-developer of the only commercial plasma are facility disposing of MSW, the 166-tpd plant in Utashinai, Japan.

Plasma Technology, *A Regulatory Overview of Plasma Technology Report of the Plasma Technology Subgroup Interstate Technology and Regulatory Cooperation Work*, June, 1996.

Word, R., “Rotary Kiln Incinerators: The Right Regime”, *Mechanical Engineering*, III, Núm. 9, September 1989.

INFORMES TÉCNICOS

Acciona, *El proceso de gasificación y vitrificación de residuos por plasma con optimización de la producción eléctrica, presentación*. spi.

Amour et Poubelles. Service de l'environnement, Ginebra (Suiza), 1991.

Amulya, K. N., La energía después de Río. Iniciativa Energética internacional (Energía 21 e.) ISBN 92-1-12670-1, Instituto de Estocolmo para el Medio Ambiente, s. l., 1997.

Aumônier, S. (1997). Life Cycle Assessment of Anaerobic Digestion: A Literature Review. RDA/SR-97002. Washington, DC: Resource Development Associates. Work performed by Ecobalance, Arundel, West Sussex, United Kingdom.

Basler & Hofmann Ing. Y Pl. AG. Mesure pour enrayer la consommation des boissons en boîte, OFEFP, Suiza, 1988.

Blue ridge environmental defense league, *Incineración y gasificación: una comparación tóxica*, 12 de abril, 2002.

Boletín de la bolsa de Subproductos industriales. Consejo superior de cámaras de Comercio, Industria y Navegación de España, Madrid (España), s. a.

Borlin, Max, *Stratégie économique de la durabilité*. Société de Banque Suisse, Suiza, 1987.

Brinkman, J., Baltissen, T., and Hamelers, B. (1997). Development of a Protocol for Assessing and Comparing the Quality of Aerobic Composts and Anaerobic Digestates. RDA/SR-97001. Washington, DC: Resource Development Associates. Work performed by Bioclear Environmental Biotechnology, Groningen, The Netherlands.

Carbotech, A.G., *Prévenir et valoriser pour diminuer les déchets spéciaux*. OFEFP, Suiza. 1992.

Center For Hazardous Waste Management, *Impediments To The Implementation of Alternative Technologies.*, New York State Center For Hazardous Waste Management, Buffalo, New York, January 11-12, 1990.

Center for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies (CADDET) Center for Renewable Energy, UK, (1998), *Upgrading of Biogas to Natural Gas Quality*, Technical Brochure No. 154.

CEPAL, Gestión ambientalmente adecuada de residuos sólidos. Comisión económica para la América Latina-CEPAL, Chile, 1997.

China: Reciclaje de desechos orgánicos en la agricultura, Boletines sueltos de la FAO. FAO, Roma, 1977.

Codinach, Eulalia, Les escombraries. Diputación de Barcelona, Barcelona (España), 1992.

Compilación de obras sobre reciclaje. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, Venezuela, s. a.

Concawe, Best Available Techniques to Reduce Emission from Refineries, Bruselas 1999.

Concawe, Oil Refinery Waste Disposal Methods, Quantities and Cost 1993 Survey. Bruselas 1995.

Costa, F., et. al., Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización, Consejo superior de Investigaciones Científicas, Murcia (España), 1991.

Déchets et recyclage. Legue Pour la Propreté en Suisse, Zurich (Suiza), 1991.

Del Val, Alfonso, et. al., La insostenible situación de los residuos en España, World Watch Institute, Madrid (España), 1995.

Déschets, l'art d'accommoder le restes. Centre Georges Pompidou, París (Francia), 1984.

Diagnóstico situacional del manejo de los residuos sólidos de hospitales administrados por el Ministerio de Salud. Ministerio de Salud-Dirección General de Salud, Lima, 1995.

Diaz, L. F.; et al., Resource recovery from municipal solid wastes, Boca Raton, s. l., 1982.

Dioxinas y furanos. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medioambiente, Madrid (España), 1996.

Draft Technical Guidelines on The Environmentally Sound Management of Pops as Waste, UNITED NATIONS.

Durán, X, et. al., "El reciclaje, una estrategia ecológica para el sistema", Medi Ambient, tecnologia i Cultura, Barcelona (España), 1991.

Earthquake Waste Symposium, PNUMA, International Environmental Technology Centre, Osaka, 1995.

El manejo integral de desechos sólidos. APROSAC, Panamá, 1997.

Elías, Xavier, Combustión y Destrucción Térmica. Técnicas de Recuperación Energética, s. p. i.

Elías, Xavier, Tecnologías Avanzadas para el Manejo de Residuos Hospitalarios, CPML y UPB, Medellín (Colombia), 2001.

Eliminación de residuos sólidos urbanos. Técnicas Francesas. Ministère del Environnement, Francia, s. a. (Label France).

EPA. Combustion and Air Pollution Control Requirements for New Municipal Waste Incinerators. USA 1996.

EPA. Operational Parameters for Hazardous Waste Combustion Devices. USA. 1993.

EPA. Study of Selected Petroleum Refining Residuals. Part. USA 1996.

EPA. Waste Minimization for Selected Residuals in the Petroleum Refining Industry, USA 1996.

Fiches documentaires. n'en jetez plus!. Agence nationale pour la Recuperation et L'Élimination des Déchets, Anger Cedex, s. l., s. a.

Flynn, J. R.; et. al., Trace chemical characterization of pollutants occurring in the production of landfill gas from the shoreline regional park sanitary landfill, mountain view, California. Pacific gas and electric Co., USA, 1981.

Fundación Mapfre, Implicación ambiental de la Incineración de los Residuos Urbanos, Hospitalarios e Industriales, Itsemap Ambiental, s. l., 1994.

General Accounting Office, Environmental Protection: EPA's and States' Efforts to "Reinvent" Environmental Regulation., United States General Accounting Office, Publication GAO/T-RCED-98-33. Washington: GPO, 1997.

General Accounting Office., Hazardous Waste: Remediation Waste Requirements can Increase the Time and Cost of Cleanups., United States General Accounting Office, Publication GAO/RCED-98-4. Washington: GPO, 1997.

Gestión de Residuos especiales, Generalidad de Cataluña. Departamento del Medio Ambiente, Junta de Residuos, Barcelona (España), s. a.

Gil, Bercero, J. R.; Maria Rosa Gómez Antón, Los plásticos y el tratamiento de sus residuos, UNED, Madrid (España), 1997.

Global Alliance For Incinerator Alternatives, *Incineración por gasificación, pirólisis y plasma*,

Golding, Andrea; Andrea Fusser, *Verpackungen, Umweltbelastungen und Strategien zur Vermeidung*, Stiftung Ökologie und Landbau, Karlsruhe (Alemania), 1992.

Gollands, Marck, Edward Peduto, Joanna Hall, and Howard Schiff, *Stack Testing of the Mobile Plasma Arc Unit.*, Publication EPA/600/S2-87/013, 1987.

Habersatter, K., et al., *Bilan écologique des matériaux d'emballage. État en 1990*, OFEFP, Suiza, 1991.

Ham, R. K.; et al., *Recovery, processing and utilization of gas from sanitary landfills*. U. S. EPA, Cincinnati (USA), 1979.

Hare, Tony, *Los residuos domésticos*. S. M., Madrid (España), 1992.

Haxo, H. E.; et al., *Lining of waste impoundment and disposal facilities*. U. S. EPA, Cincinnati, USA, 1983.

Hoffelner, W., A. Chrubasik, R.C. Eschenbach, MR. Funkschilling, and B. Pellaud, *Plasma Technology for Rapid Oxidation, Melting, and Vitrification of Low/Medium Radioactive Waste.*, Nuclear Engineering International, October 1992.

Igor Matveev and Svetlana Matveeva, *Non-Equilibrium Plasma Igniters and Pilots for Aerospace Application.*, American Institute of Aeronautics and Astronautics.

Incinerators in Disguise Case Studies of Gasification, Pyrolysis, and Plasma in Europe, Asia, and the United States.

Incinerators in Disguise. Case Studies of Gasification, Pyrolysis, and Plasma in Europe, Asia, and the United States, April 2006.

Integrated Waste Management Disaster Plan, California Integrated Waste Management Board, California (USA), 1995.

International Union For Electroheat, *Plasma Technology for a Better Environment*, France, Plasma Technology Working Group, 1992.

JFE Ash Melting Furnace Technology., New Products & Technologies. JFE Technical Report No. 3, July 2004.

John Zink Company, *Hazardous Waste Disposal by Thermal Oxidation*. USA 2001.

Josa, J., Destrucción de residuos tóxicos por plasma. s. e., s. l., 1987.

La gestión municipal de los residuos sólidos urbanos. 2 ts, Diputación de Barcelona, España, 1993.

La récupération. Rue Dáuteuil, Paris (Francia), s. a.

Laplume, Héctor, Manejo de Residuos Hospitalarios, Sociedad Argentina de Infectología, Argentina, 1991.

Lars Sorum, *Characterisation of MSW for Combustion Systems*, Technical Report, February 2001.

Lauritzen, E. K., Disaster Waste Management. Technical Paper, s. l., s. a.

Lewandowski, D.A. Economics of Heat Recovery in the Thermal Oxidation of Wastes, Technical Paper, Process Combustion Corporation. USA 1998.

Lewandowski, D.F. Process Design Philosophy for Waste Combustion/Destruction Systems, Technical Paper, Process Combustion Corporation. USA 1998.

Life After Fresh Kills: Moving Beyond New York City's Current Waste Management Plan, (Dec 2001), Columbia University's Earth Institute, Earth Engineering Center, Center for Urban Research and Policy of Columbia's School of International and Public Affairs.

Los residuos sólidos urbanos. Amigos de la tierra y comunidad de Madrid, Madrid (España), 1993.

Lusk, P. (1996). Deploying Anaerobic Digesters: Current Status and Future Possibilities. This report was prepared for the National Renewable Energy Laboratory under NREL Subcontract No. CAE-6-13383-01 and sponsored by the Regional Biomass Energy Program of the US Department of Energy.

Masao Takuma, Yuuji Kaihara and Akihiro Yamada, Contribution of Waste to Energy Technology to Global Warming., Mitsubishi Heavy Industries, Ltd, Technical Review, Vol. 41, No. 4, August, 2004.

Matinez Orgado, Carlos, Residuos Tóxicos y Peligrosos, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid (España), 1988.

Medio ambiente en Europa: El Informe Dobrís, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid (España), 1998.

National Assembly for Wales. Managing Waste Sustainably. UK 2001.

National Environmental Policy Plan, To Choose or to Lose. Ministry of Housing, Physical, Planning and Environment, La Haya, 1990.

OPS, Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe, Washington, USA, 1998.

OPS, Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales, OPS/CEPIS, Washington (USA), 1997.

OPS, Manejo de los desechos médicos en los países en desarrollo. OPS, Washington, USA, 1997.

OPS, Residuos sólidos municipales. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, OPS, s. l., 1991.

Paddock, T., "Dioxins and Furans: Where They Come From". Academy of Natural Sciences, USA 1989.

Pfeffer, J.T.; J.C. Liebman, Biological conversion of organic refuse to methane. University of Illinois, 1975.

Plan Autonómico de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos de la Comunidad de Madrid 1997-2005, Boocm, Madrid (España), 1998.

Plan Nacional de Residuos Urbanos 2000-2006, BOE, Madrid (España), 2000.

Plastic Waste. Resource Recovery and Recycling in Japan. Plastic Waste Management Institute, Japón, 1985.

Polo, Ángel, Muestreo, Análisis y Tecnologías de Tratamiento. s. e., s. l., 2001.

Primer catalogo español de buenas prácticas. Ciudades para un futuro más sostenible. Habitat II. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, España, 1996.

Proyecto Plasma., Alternativa de Producción de Gas de Síntesis a Partir de la Gasificación por Plasma., PEMEX – Petroquímica.

Reciclaje y productos reciclados: situación del sector en la Comunidad de Madrid. Centro del Producto Reciclado, Madrid (España), 2001.

Recovery of plastics waste. Le recyclage des déchets de matières plastiques. Comisión de las comunidades Europeas, s. l., 1988.

Reduce, Recupera, Recicla. Amigos de la tierra, Madrid (España), 1992.

Réduction et recyclage des déchets d'emballage. OCDE, París (Francia), 1992.

Regional Information Service Centre for South East Asia on Appropriate Technology (RISE-AT) (Nov 1998), Review of current status of Anaerobic Digestion Technology for treatment of MSW.

Residuos Patogénicos Especiales, Recolección de Residuos. ECOSUR, s. l., s. a.

Residuos Sanitarios. Departamento de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente, España, 1994.

Residuos sólidos urbanos. Secretaria de Estado para las Políticas del Agua y Medio Ambiente, Madrid (España), 1992.

Residuos Tóxicos y Peligrosos. Tratamiento y eliminación. Ministerio de Obras Públicas y Transporte, España, 1991.

Review of Environmental and Health Effects of Waste Management: Municipal Solid Waste and Similar Wastes.

Rodríguez, José Maria, Inertización de Residuos Tóxicos y Peligrosos, Tembleque. Green Waste, 1997.

Sampling, Ch., Analysis, risk assessment and risk management of dioxin emissions from MSW incinerators Rappe. Dioxin 91, Nort Carolina, USA, 1991.

Hydrogen Production., Startech Environmental Corp. issue of Fuel Cells Today, Dec 10, 2003.

Scanarc PlasmaTechnologies AB, *The Non-Transferred Plasma Generator*.

Scanarc PlasmaTechnologies AB, PyroArc, *Gasification and Pyrolysis Treatment of 4a5ardo6s Waste*,

Singh, R. B., "Bio-gas plant generating methane from organic waste", Gobar Gas Research station, India.

Southern Sydney Waste Board, Pre-Treatment and Stabilization Study, Final Report, Nolan-ITU PTY Ltd. May 1999.

Steven Cohen, Solid Waste Management Alternatives for the City of New York, The Earth Institute at Columbia University.

Strategic and Sustainable Development of Distributed and Alternative Renewable Energy Project., Solena Group.

Starttech environmental corp., *Transformación de desechos orgánicos e inorgánicos tanto peligrosos como no peligrosos, así como productos secundarios, en bienes de consumo seguros y valiosos*, CONAE, Veracruz, 22 junio, 2006.

Suárez, Ofelia, La basura es un tesoro. Cultura del reciclaje, agricultura natural no contaminante y otras vías hacia una sociedad ecológica, Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, Venezuela, 1981.

The Commercial Viability of Plasma Arc Technology., Solena Group.

Tratamiento de residuos sólidos urbanos, Universidad de Coruña, España, 2001.

U.S. Environmental Protection Agency, Characterization of Municipal Solid Waste in the US 1996 Update, Report No. EPA530-R-97-015, (June 1997) Franklin Associates, Ltd.

U.S. Environmental Protection Agency, Municipal Solid Waste in the US 1999: Facts and Figures, Municipal and Industrial Solid Waste Division Office of Solid Waste.

U.S. Department of Energy, *A Comparison of Gasification and Incineration of Hazardous Wastes, Final Report*, March 30, 2000.

UNAM, Manejo de residuos Sólidos (envasado y recolección). Clínicas Odontológicas, U. N. A. M., México, s. a.

Wandzia Grycz; Scott P. Johnson; Carl W. Mosher; MGWB Committee Agenda, Update on cusp project, March 3, 2004.

Warmer Bulletin. World Resource Fundatin, Valencia (España), s. a.

Waste Treatment Technology., Plasma Gasification, April, 2001.

Wikey, M. L., et al., Methane from landfills: preliminary assessment workbook. Argone National Laboratory Report ANL/CNSU, 1982.

Zimmerman, R. E.; et. al., Landfill gas recovery-A technology status report, ANL/CNSV- TM, 1983.

TRABAJOS PRESENTADOS EN REUNIONES Y CONGRESOS

Beckstrom, B.D., "Thermal Treatment Systems for Petroelum Refinery Wastes", NPRA Annual meeting, USA 1992.

Burkhard, R., W. Hoffenlner, and R.C. Eschenbach., Recycling of Metals from Waste with Thermal Plasma, Presented at the 3rd European East-Waste Conference and Exhibition on Materials and Processes, Strasbourg, FR, 1992.

Caltenco, E. J.L. y L. F. Robles., "Análisis Energético y Ecológico de Recuperadores de Energía", Presentado en XII Seminario Nacional sobre el Uso Racional de la Energía, ATPAE. México 1995. Carter et al., *Municipal Solid Waste Feasibility of Gasification Plasma Arc, Industrial and Environmental Applications of Plasma*, Proceedings of the First International EPRI Plasma Symposium, CMP ReportnO. 90-9, PP 13-1-13-13, Marzo 1990.

Chandler, A., Jewell, W. Gossett, M., Van Soest, J., Robertson., B. (1980). Predicting Methane Fermentation Biodegradability, Biotechnology and Bioengineering Symposium, No. 10, 93-107.

Columbia University's, Workshop in Applied Earth System Policy Analysis, Final Workshop Report.

Funfschilling, M.R., and R.C., Eschenbach, A Plasma Centrifugal Furnace for Treating Hazardous Waste, Muttentz, Switzerland., Presented at Electrotech 92, Montreal, Canada, 1992.

Hartmann, H.; Ahring, B. K. Anaerobic digestion of solid wastes IV. Selected papers from the IWA 4th International Symposium, Copenhagen, Denmark; 31 August-2 September 2005. Journal Issue Conference Proceedings. Water Science and Technology. IWA Publishing, London, UK: 2006. 53: 8, v-vi + 1-290.

Hoffelner, W., Th, Muller, M.R. Funfschilling, A. Jacobi, R.C. Eschenbach, H.R. Lutz, and C. Vuilleumier, New Incineration and Melting Facility for Treatment of Low Level Radioactive Wastes in Switzerland., Presented at the 1994 Incineration Conference, Houston, TX, 1994.

Horne, G., "Treatment o Waste Liquids and Vapors through Thermal and Catalytic Incineration", Presented at the meeting of the *American Institute of Plant Engineers*, Illinois, USA 1994.

J.V.R. Heberlein, *New developments in Non-Transferred Plasma Torch Technology, Proceedings of the 2nd Japanese Symposium on Plasma Chemistry*, p. 131, 1989.

J.V.R. Heberlein, W.J. Melilli, S.V. Dighe, and W.H. Reed, *Adaptation of Non-Transferred Plasma Torches to New Applications of Plasma Systems, Proceedings of the Workshop on Industrial Plasma Applications, edited by M.I. Boulos (Pugnochiuso, Italy), p.1, 1989.*

Klages, S.; Jager, P.; Niebaum, A.; Dohler, H.; Schneichel, H. W.; Helm, M.; Oyenhausen, B.; Philipp, W., Biogas-plants: sanitation requirements for substrates, technology and costs. [German] Landtechnik. *Landwirtschaftsverlag GmbH, Munster-Hiltrup, Germany: 2005. 60: 1, 38-39. 1 ref. Journal article.*

Kusch, S.; Morar, M. V.; Oechsner, H.; Jungbluth, T., Research on the production of biogas in solid-phase digestion systems using agricultural substrates. Buletinul Universitatii de Stiinte Agricole si Medicina Veterinara Cluj-Napoca. Seria Agricultura. *University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj-Napoca, Romania: 2005. 61: 289-294. 8 ref. Journal article Conference paper.*

Leite, O.C., “Incineration Systems and Energy Recovery for Hazardous Hydrocarbons and Salts”, *17th International Conference on Incineration and Thermal Treatment Technologies, USA 1998.*

Lewandowski, D.A., “Optimized Design and Operating Parameters for Minimizing Emissions During Thermal Oxidation”, Presented at *88th Annual Meeting of the Air and Waste Management Association, USA 1995.*

Lusk, P. (1997). Anaerobic Digestion and Opportunities for International Technology Transfer. *The Third Biomass Conference of the Americas; August 24-29, 1997, Montreal, Québec. UK: Pergamon Press, pp. 1211-1220.*

Lusk, P.L., Moser, M. (1996). Anaerobic Digestion – Yesterday, Today and Tomorrow. *Ninth European Bioenergy Conference; June 24-27, 1996, Copenhagen, Denmark. UK: Pergamon Press; pp. 284-289.*

M.R. Funfschilling, W. Bernhard, R.C. Eschenbach, *Test Results with the Plasma Centrifugal Furnace at Muttenz, Switzerland, Proceedings of the 1991 Incineration Conference (Knoxville, Tennessee).*

Martínez Bermúdez, L., “Control y manejo de los desechos sólidos de la industria de refinación del petróleo”. *Convención Nacional del IMIQ, México 1999.*

Melton, P.F., John Zink Company. “Spent Caustic Incineration Systems”. En Cuarto Foro de Avances de la Industria de la Refinación, Instituto Mexicano del Petróleo, México 1998.

Menard, J. F.; Lesage, P.; Deschenes, L.; Samson, R. Comparative life cycle assessment of two landfill technologies for the treatment of municipal solid waste. *International Journal of Life Cycle Assessment*. Ecomed Publishers, Landsberg, Germany: 2004. 9: 6, 371-378. 11 ref. Journal article.

Omstead, D.R., Jeffries, T.W. Naughton, R., Harry, P. (1980). Membrane-Controlled Digestion: Anaerobic Production of Methane and Organic Acids, *Biotechnology and Bioengineering Symposium* No. 10, 247-258.

R.C. Eschenbach, *Plasma Centrifugal Furnace for Destroying Hazardous Wastes*, Proceedings of the 1st International EPRI Symposium, 1990.

R.C. Eschenbach, *Use of Plasma Torches for Melting Special Metals and for Destroying and Stabilizing Hazardous Wastes*, *Proceedings of the Workshop on Industrial Plasma Applications*, edited by M. Boulos (Pugnochiuso, Italy), pp. 127-136, 1989.

Rozzi, A.; Remigi, E. Methods of assessing microbial activity and inhibition under anaerobic conditions: a literature review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands: 2004. 3: 2, 93-115. many ref. Journal article Conference paper.

Sartwell, Bruce D. Development of a Plasma Arc System for the Destruction of U.S. Department of Defense Hazardous Waste., *Proceedings of the 1997 International Conference on Incineration and Thermal Treatment Technologies*, Oakland, CA, 1997.

T.G. Barton, *Problem Waste Disposal by Plasma Heating*, *Int. Recycling Congress* (Berlin), Vol. I, pp. 733-763, 1979.

T. Watanabe, W. Wang, J. Heberlein, and E. Pfender, and W. Herwig, *Woltage and Current Fluctuations in Wire Arc Spraying as Indications for Coating Properties*, *Proceedings of the 9th National Thermal Spray Conference, Thermal Spray: Practical Solutions for Engineering Problems*, edited by C. C. Berndt, published by ASM International, pp. 577-583, 1996.

Wollhardt, F., "Plantas de incineración de residuos industriales especiales, Residuos Tóxicos", *en Simposio VDMA*, Técnicas para la Protección del Medio Ambiente, 1989.

GUÍAS Y MANUALES

Arpel, Evaluación de Proyectos Relacionados con la Energía, Uruguay, 1999.

Arpel, Manejo de Residuos Líquidos de Refinerías, Uruguay, 1992.

ASME, Hazardous Waste Incineration, A Resource Document, USA, 1988.

Basler, Andreas, et. al., Le manuel écologique pour le petites et moyennes entreprises, Vetrpack S. A., Suiza, 1992.

Canter, Larry W., Manual de evaluación de impacto ambiental, McGraw Hill, Madrid (España), 1999.

Draft Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Pops as Waste. United Nations Environment Programme, June 2001.

EPA, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, Vol. I: Stationary and Area Sources, USA, 1995.

EPA, Profile of the Petroleum Refining Industry, USA, 1995.

Guía de capacitación, Gestión y Manejo de desechos sólidos Hospitalarios. Programa Regional de desechos Hospitalarios, convenio ALA 91/33, entre la Unión Europea y los Gobiernos de Centroamérica, 1998.

Guía para el Manejo Interno de Residuos Sólidos en centros de Atención a la Salud. Cepis, 1996.

Guidance on Metals and Hydrogen Chloride Controls for Hazardous Waste Incinerators”, USEPA, IV, 1989.

Handbook of Environmental Control, CRC, s. l., 1989.

IMP, Manual de Pre calentamiento de Aire, México, 1985.

IE Power Inc., Series 5900 chopper plasma power supplies, brochure.

Le traitement des déchets municipaux solides. Guide á l'usage des responsables locaux, Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo, 1981.

Recycling Officer's Handbook, Friends of the Earth, Londres (Inglaterra), 1991.

Rickman, S. (ed), Handbook of Incineration of Hazardous Wastes, CRC Press Inc., San Diego, USA, 1990.

Secretaria General de la Energía y Recursos Minerales, Incineración de residuos sólidos urbanos, Manuales de energías renovables, No 2. IDEA, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, s. l., 1992.

The anaerobic Digestion and the Valorga Process, Jan 1999. Literature and brochures provided by the company.

LIBROS

Ahrens, T.; Weiland, P. *Electricity production from agricultural waste through valorisation of biogas*. (Integrated Environmental Technology Series) Resource recovery and reuse in organic solid waste management. IWA Publishing, London, UK: 2004. 395-410. 13 ref. Book chapter.

Babbitt, H. E., *Sewerage and sewage treatment*. 6a ed., John Wiley & Sons, New York (USA), 1947.

Bernard Leroy, Jean, *Los desechos y su tratamiento*, Fondo de Cultura Económica, México, 1987.

Bilitewsky, B., et. al., *Waste Management*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Alemania, 1994.

Blobaum, R., “*Biogas production in China*”, en Biogas and alcohol production, Emmaus, PA: J. G. Press, 1980.

Bonner T., B. Desai, et al., *Hazardous Waste Incineration Engineering*, Noyes Data Corporation, New Jersey, 1981.

Brunner, C.R. *Hazardous Waste Incineration*. Segunda Edición, McGraw Hill, New York, 1993.

Brunner, C.R., *Hazardous Air Emissions from Incineration*, Primera Edición, Chapman and Hall, New York, 1985.

Brunner, C.R., *Incineration Systems Handbook*, Incinerator Consultants Incorporated, USA, 1996.

Burton, D.J. and K. Ravishankar, *Treatment of Hazardous Petrochemical and Petroleum Wastes*, Noyes Publications, New Jersey, 1989.

Committee on Health Effects of Waste Incineration, *Waste Incineration & Public Health*. National Academy Press, USA, 1999.

Dean, Robert B (ed.), *Incineration of Municipals Waste*, Academic Press, s. l., 1988.

Doménech, Xabier, Química Ambiental. *El impacto ambiental de los residuos*, Mariguano, Madrid (España), 1994.

Edelmann, W., Baier, U., & Engeli, H. (2005). In Guiot S. R., Pavlostathis S. G. and van Lier J. B.(Eds.), *Environmental aspects of the anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid wastes and of solid agricultural wastes*. Alliance House 12 Caxton Street London SW1H 0QS UK: IWA Publishing. Retrieved October 19, 2006, from Environmental Sciences and Pollution Mgmt database.

El-Haleagi, M. M. (ed), *Biogas technology, transfer, and disposal*, Elsevier, New York USA, 1984.

Elías, Xavier, *Reciclaje de Residuos Industriales*, Díaz de Santos, Madrid (España), 2000.

Feynman, Jerome, Ed. *Plasma Technology in Metallurgical Processing*, London: Institute of Physics, 1995.

Freeman, M. (ed.), *Incinerating Hazardous Wastes*, Technomic Publishing Co., Pennsylvania, USA, 1988.

Ganapathy, *Waste Heat Boiler Deskbook*, Fairmont Press Inc., USA, 1991.

GIL Negrete, Andrés, *Tecnologías Asistidas por plasma*, McGraw Hill de Electrotecnologías, Madrid (España).

Goldstick, R. and A. Thumann, *Principles of Waste Heat Recovery*, The Fairmont Press Inc., USA, 1986.

Gross, Boleslav, Bronislav Gycyz, and Konstantin Miklossy, Eds. *Plasma Technology*, Trans. Zdenek Rudinger. London: Iliffe Books Ltd, 1968.

Haight, M. (2005). In Guiot S. R., Pavlostathis S. G. and van Lier J. B.(Eds.), *Assessing the environmental burdens of anaerobic digestion in comparison to alternative options for managing the biodegradable fraction of municipal solid wastes*. Alliance House 12 Caxton Street London SW1H 0QS UK: IWA Publishing. Retrieved October 19, 2006, from Biological Sciences database.

Haug, R.T. (1993). *The Practical Handbook of Composting Engineering*, chapter 2, pp 10, Lewis Publishers.

Herráez, Isabel, et. al., *Residuos urbanos y medio ambiente*, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid (España), 1989.

Hickman, L.H., (1999). *Principles of Integrated Solid Waste Management*, American Academy of Environmental Engineers Publication.

Holmes, J. R., *Practical waste management*, John Wiley & Sons, New York (USA), 1983.

Johansson et al., *Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity*, Island Press, pp. 726-729, 734-747. 1993.

Kamrin, M.; P. Rogers, *Dioxins in the environment*, Hemisphere Publishing Corp., s. l., 1985.

Kiang, Y.H., *Waste Energy Utilization Technology*, Marcel Dekker Inc., New York, 1981.

Lagrega, Michael D., *Hazardous Waste Management*, McGraw Hill, New York, USA, 1994.

Major, D. W., et. al., *Hazardous Waste Treatment On-Side and In Situ*. Oxford (Inglaterra), 1992.

Mc Harry, Jan, ed.; *Ángel Muñoz, Reducir, Reutilizar, Reciclar*, s. e., Madrid (España), 1995.

Mc Kenna J.D., Mycock J.C., et al., *Air Pollution Control Engineering and Technology*, CRC Press Inc., Lewis Publishers, USA, 1995.

Metcalf & Eddy (1985). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal & Refuse*, Mc Graw-Hill.

National Renewable Energy Laboratory (NREL), Colorado, US (1992) Data *Summary of Municipal Waste Management Alternatives*, Volume X

Niessen, W.R., *Combustion and Incineration Processes*, Tercera Edición, Marcel Dekker Inc., New York, 2002.

Raize, Yuri P., *Gas Discharge Physics*., New York: Springer-Verlag., 1987.

Reynolds, J.P., *Hazardous Waste Incineration Calculations, Problems and Software*, John Wiley and Sons Inc., New York, 1991.

Rickman, W.S., *CRC Handbook of Incineration of Hazardous Wastes*, CRC Press Inc., USA, 1990.

Roth, J., *Industrial plasma engineering*, Institute of Physics Publishing, Bristol (Inglaterra), 1995.

Santoleri, J., J. Reynolds and L. Thodore, *Introduction to Hazardous Waste Incineration*, Second Edition, John Wiley, USA, 2000.

Schanbacher, F., Willett, L., Borger, D., Neiswander, R., & Gratz, M. (2005). In Havenstein G. B. (Ed.), *Bioprocesses associated with anaerobic digestion of manures and food wastes for the production of biogas* NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY COLLEGE OF AGRICULTURE AND LIFE SCIENCES. Retrieved October 19, 2006, from Environmental Sciences and Pollution Mgmt database.

Seoáñez, Calvo Mariano, *Residuos: problemática, descripción, manejo, aprovechamiento y destrucción*, Mundi-Prensa, Madrid (España), 2000.

Stegemann, J. A. and J. Scheneider, *Leaching potential of municipal waste incinerator bottom ash as a function of particle size distribution*, M. y Rogers, P. Dioxins in the Environment. Hemisphere Publishing Corp., s. l. 1985.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., and Vigil, S., (1993). *Integrated Solid Waste Management*, chapter 9, McGraw-Hill, New York.

Tchobanoglous, George J., et. al., *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. McGraw- Hill, Madrid (España), 1996.

Tchobanoglous, George; et. al., *Gestión integral de residuos sólidos*, McGraw Hill, 1994.

Theodore, L., Introduction to Hazardous Waste Incineration. John Wiley & Son Inc., New York, USA, 1987.

Varela, Ramón, et. al., *Os residuos na Galiza*. Bahía, Coruña (España), 1996.

Vogler, John, Work from Waste. *Recycling Wastes Create Employment*, Intermediate Technology Publications Ltd., Londres (Inglaterra), 1981.

NORMAS Y LEYES

Dirección General de Normas, Norma Mexicana: NMX-AA-067-1985, Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de la relación carbono / nitrógeno, Dirección General de Normas, Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, México, 1985.

Ley 10/1998 de residuos. BOE, Madrid (España), 1998.

Ley 11/1997 de Envases y Residuos de envases, BOE, Madrid (España), 1997.

NOM-052-ECOL-19993 “que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente”

Proyecto de Norma Oficial Mexicana. PROY-NOM-098-ECOL-2000, Protección Ambiental. Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.

Secretaria del Medio Ambiente, Norma Ambiental para el Distrito Federal: NADF-007-RNAT-2004, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal, Secretaria del Medio Ambiente, México, 2004.

Section 1003, Public Law 103-160, National Defense Authorization Act for Fiscal Year 1994.

Toxicidad de las Dioxinas, Normas Informativas N° 1. Grupo Sabater-Tobella, Barcelona (España), 1993.

TESIS

B. W. Yu, A Model for Chemical Vapor Deposition of Diamond in a Radio-Frequency Induction Thermal Plasma, Ph.D. Thesis, University of Minnesota-Minneapolis, 1994.

Cota S. G., Estudios de degradación de residuos peligrosos mediante plasma térmico. Facultad de Química, UNAM. México, 1998.

Diaz, F. L., Energy recovery through biogasification of municipal solid wastes and utilization of thermal wastes from an energy-urban-agro-waste complex. Doctoral Dissertation, University of California, Berkeley, 1976.

García, A.C., Evaluación de la factibilidad técnica-económica para el diseño de un sistema de recuperación de energía residual condensante, Facultad de Química, UNAM, México, 1997.

López V. B., Proyecto para la construcción de una planta generadora de biogas a partir de desechos orgánicos generados en la central de abastos del D. F., Facultad de Química, UNAM. México 2001.

Marín G. F., Diseño técnico-ambiental para la instalación de una planta de incineración de residuos sólidos en el Estado de México, Facultad de Química, UNAM. México 1995

N.P. Tnadian, Heat Transfer in RF Plasma Sintering: A Modeling and Experimental Study, Ph.D. Thesis, University of Minnesota-Minneapolis, 1994.

Ortinez, B. O., Proceso de incineración y formación de dioxinas y furanos, Facultad de Química, UNAM, México 2001.

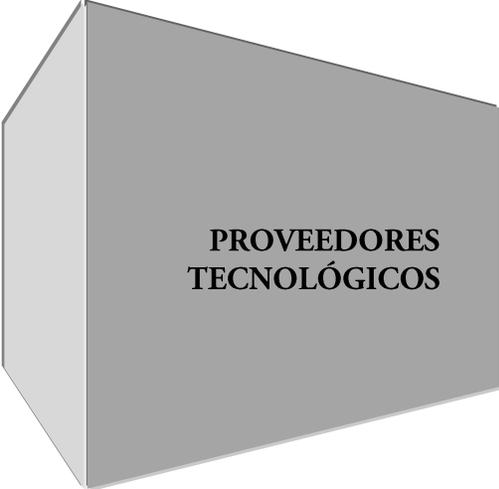
P. C. Huang, A Turbulent Swirling Arc Model and a Two-Fluid Turbulence Model For Thermal Plasma Sprays, Ph.D. Thesis, University of Minnesota-Minneapolis, 1993.

R. Spores, Analysis of the Flow Structure of a Turbulent Thermal Plasma Jet, Ph. D. Thesis, University of Minnesota-Minneapolis, 1989.

Ramos, D. J., La recuperación de Energía en equipos de incineración de desechos sólidos, Facultad de Química, UNAM, México 1992.

S. Malmberg, Analysis of the Plasma Jet Structure, Particle Motion, and Coating Quality During dc Plasma Spraying, Ph.D. Thesis, University of Minnesota-Minneapolis, 1994.

S.A. Wutzke, Conditions Governing the Symptomatic Behavior of an Electric Arc in a Superimposed Flow Field, Ph. D. Thesis, University of Minnesota-Minneapolis, 1967.



**PROVEEDORES
TECNOLÓGICOS**

ID	Nombre del Proveedor	Tecnología	Materia Prima Principal	Materia Prima Secundaria	Estado de Desarrollo	País	URL	Escala
1	AAT Biogas	Anaerobic Digestion	Biosolids	MSW	Commercial	Austria	http://www.aat-biogas.at/AAT_GmbH_Cox.html	
2	Abengoa	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels				Spain	http://www.abengoa.es/	
3	ACM Polyflow	- Not Determined			Pilot	USA	?	
4	Adherent Technologies, Inc	Pyrolysis	Tires	Plastics		USA	http://www.adherent-tech.com/	
5	Advanced Alternative Energy (AAEC)	Combustion	Biomass	MSW	Not actively promoted	USA	http://www.aecorp.com/power.html	Small
6	AEA Technology	Engineering Company			Engineering Company	UK	http://www.aeat-env.com/	
7	AgSTAR	Anaerobic Digestion	MSW		Research	USA	http://www.epa.gov/agstar/index.html	
8	Ahlstrom Corporation	Combustion				Finland	http://www.ahlstrom.com/	
9	Aitos As	- Not Determined				Norway		
10	Alchemix	Carbon-Water Reforming				USA	http://www.alchemix.us/	
11	Alcyon Cleaning Technology	- Not Determined				Switzerland		
12	Alentec	Engineering Company				USA	http://www.alentecinc.com/	
13	Alpha Recycle	Cryogenic shredding	Tires			France		
14	Alpha-Gamma Technologies	Engineering Company	MSW			USA	http://www.alpha-gamma.com/index.htm	
15	Alpine Technologies	Engineering Company	Biosolids		Engineering Company	USA	http://www.alpinetechnology.com/	
16	Alstom	Gasification	ASR	Plastics	Commercial	France	www.alstom.com/	small to
17	AMAT	Pyrolysis	Tires			UK	http://www.amat-ltd.com/index_amat.htm	
18	American Plasma Corp.	Plasma Arc				USA		
19	AnAerobics, Inc.	Anaerobic Digestion	Organic waste streams	Sludge		USA		
20	Anamax Group	Liquid Biofuels	Waste cooking oil		Commercial	USA	http://www.anamax.com/	
21	Anco Engineers	Engineering Company				USA	www.ancoengineers.com/	
22	Andco-Torax	Gasification				- Not Determined		
23	Ande Scientific	- Not Determined				UK		
24	Anglia Encrops	Energy Crops				UK	http://www.encrops.co.uk/	
25	Arcus Umwelttechnik	- Not Determined				Germany		
26	Arge Biogas	Anaerobic Digestion	Biosolids			Austria	http://www.naturschutzbund.at/arge_biogas.html	
27	Argonne National Lab	Sorting/recycling/recovery	Plastics		Pilot Plant & '100 t/day Commercial Scale design'	USA	http://www.es.anl.gov/htmls/pe4-abs.html	
28	Arkel Sugar	Engineering Company	Biomass			USA	http://www.arkel.com/	
29	Arkenol	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels				USA	http://www.arkenol.com/	
30	Arrow Ecology	Anaerobic Digestion	MSW		Commercial	Israel	http://www.arrowecology.com/	
31	Austrian Energy and Environment	Gasification	Biomass	Sludge	Commercial	Austria	http://www.aee.co.at/en/index.html	
32	B9 Energy Biomass LTD.	Gasification	Biomass			UK	http://www.b9energy.co.uk/	
33	Babcock & Wilcox Volund	Gasification	Biomass	MSW	Commercial	Denmark	http://www.volund.dk/	medium to large
34	Babcock Borsig	Gasification	Biomass		reference plant operating	Austria	www.bb-power.at/	small to medium
35	Balboa Pacific	Pyrolysis	MSW		Demonstration	USA		
418	BASSE_Sambre ERI sa	- Not Determined			Commercial	Belgium		
36	BAV Umwelttechnik	- Not Determined				- Not Determined		
37	BC International	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels			?	USA	http://www.bcintlcorp.com/	
38	Berlie Technologies	Sludge Drying	Biosolids		Engineering Company	Canada	http://www.berlie-tech.com/english/profile/index.html	
39	Beven Recycling	Pyrolysis	Tires			UK		
40	BG Technologies	Gasification	Biomass		fully commercial	USA		very small to small
41	Bio Oxidation	Pyrolysis			?	USA	?	

ID	Nombre del Proveedor	Tecnología	Materia Prima Principal	Materia Prima Secundaria	Estado de Desarrollo	País	URL	Escala
42	BioConverter Park, LLC	- Not Determined				- Not Determined	?	
414	BioConverter, LLC	Anaerobic Digestion	Organic waste		pre commercial	USA	http://www.bioconverter.com/	3000 t/d
44	Bioengineering Resources Inc.	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels	Biomass	MSW	Demonstration	USA	?	
43	Bioengineering Resources Inc.	Gasification	Biomass	MSW	Demonstration	USA	?	
45	biogasworks.com	Anaerobic Digestion			Database	Austria	http://www.biogasworks.com/Goodies/VEND97CA.htm	
46	Biomass Energy Foundation	Gasification	Biomass		database	USA		
47	Bio-mass Systems, Inc.	Gasification	MSW			USA	?	
48	Biometrics/Biofine	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels	Cellulose			USA	http://www.biometricsma.com/toc.htm	
49	Bioplan	Aerobic/Composting	MSW	Biosolids	Commercial	Norway		
50	Bioplex Ltd.	Anaerobic Digestion	Organic waste streams		Commercial	UK	http://www.bioplexLtd.com/index.shtml	
51	Bioset	Aerobic/Composting	Biosolids		Commercial	USA	http://www.bioset.com/	
52	Biothane	Typical Waste Water Treatment	Waste water		Commercial	USA	http://www.biothane.com/default.aspx?sel=1	
53	Black & Veatch	Consultancy			Consultancy	USA	http://www2.bv.com/energy/ecc/biomass.htm	
408	BLT Enterprises	- Not Determined				- Not Determined	?	
54	Bondfield Construction	Typical Waste Water	Waste water		Commercial	Canada	http://www.bondfield.com/index2.html	
55	BP	Pyrolysis	Plastics		?	- Not Determined		
56	BPI Projects	Pyrolysis	Tires		Demonstrator	UK		small
413	Brelsford Engineering, Inc.	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels	MSW				http://www.brelsfordenginc.us/index.html	
57	Brightstar Environmental	Gasification	MSW		Commercial	USA	http://www.brightstarenvironmental.com/	
58	Brightstar Environmental	Pyrolysis	MSW		Commercial	USA	http://www.brightstarenvironmental.com/	
59	BTA (Biotechnische Abfallverwertung)	Anaerobic Digestion	MSW	Sorted	Commercial/Status?	Germany	http://www.bta-technologie.de/	
60	BTG (Biomass Tech. Group)	Pyrolysis	Biomass			Netherlands	http://www.btgworld.com/	
61	BTG (Biomass Tech. Group)	Supercritical Water	Biomass			Netherlands	http://www.btgworld.com/	
416	Burbank Grease Services LLC	- Not Determined			Commercial	USA		
62	Cal Recovery	Consultancy			Consultancy	- Not Determined	http://www.calrecovery.com/home.htm	
63	CalBiogas, Inc.	Gasification	Biomass		?	USA	?	
64	Cambrian Energy	Consultancy			Consultancy	- Not Determined	?	
65	Camp, Dresser, & McKee Inc.	Consultancy			Consultancy	- Not Determined	http://www.cdm.com/Home+Page.htm	
66	Canada Composting	Anaerobic Digestion	MSW	Sorted	Commercial	Canada	http://www.canadacomposting.com/	
67	CCI US Corporation	Anaerobic Digestion				USA	http://www.canadacomposting.com/	
68	CE-CERT	Hydrogasification	Sludge	Clean Wood	Research	USA	http://www.cert.ucr.edu/	
70	Changing World Technologies	Pyrolysis	MSW	Turkey parts		USA	http://www.changingworldtech.com/	
71	Chateau Energy Group	Plasma Arc	Tires			USA		
72	Chematur Engineering	Supercritical Water				Sweden	http://www.chematur.se/	
73	Chemrec	Gasification	Black Liquor		Demonstrator	Sweden	www.chemrec.se/	medium to large
74	Chiptec	Gasification	Biomass			USA	http://www.chiptec.com/	
75	Choren Industries	Gasification	MSW	Biomass	Pilot Plant	Germany	http://www.choren.de/e_html/eunter_10.htm	
76	CiTec	Anaerobic Digestion	MSW		Commercial	Finland	http://www.citec.fi/	
77	Clear-Green Environmental, Inc	Anaerobic Digestion	Organic waste streams		Commercial	Canada		
78	Coalite	Pyrolysis	Coal			UK		
79	CoGas	Combustion				NL	http://www.cogas.nl	
80	Colebrand Limited	Engineering Company	MSW			UK	http://www.colebrand.com/waste1.htm	
81	Colorado Commission on Higher Education	University				USA	http://www.state.co.us/cche/	

ID	Nombre del Proveedor	Tecnología	Materia Prima Principal	Materia Prima Secundaria	Estado de Desarrollo	País	URL	Escala
82	Columbia University	University	MSW			USA	http://www.seas.columbia.edu/earth/EECIWM.html	
83	Community Power Corp.	Gasification	Biomass		Demonstration	USA	http://www.goopc.com/	
84	Compact Power	Gasification	MSW	Sorted	Demonstration	UK	http://www.compactpower.co.uk/	
85	Conrad Industries	Pyrolysis	Plastics		?	USA		
86	Conversion Processes Corporation for Future	Pyrolysis	Biomass			USA	?	
87		Anaerobic Digestion	Biomass			USA	http://www.pipeline.com/~dglickd/CFR.html	
88	Costich Company	Stirling Engine				USA	http://members.tripod.com/costich/	
89	Covanta	Combustion			Commercial	USA	http://www.covantaenergy.com/wte.asp	
90	CPL Biomass	Gasification	Sludge		pilot scale	UK		small to medium
91	CR&R Inc. (Solag)	Gasification	MSW	Unsorted	Commercial	USA	http://www.solagdisposal.com/solag/index.html	
92	Cratech	Gasification				USA		
93	Creative Recycling Technologies Inc	Pyrolysis	Tires			- Not Determined	?	
94	C-Tech Innovation	Consultancy	MSW			UK	http://www.ctechinnovation.com/	
95	Cyntech Technologies	- Not Determined	Tires	Plastics		USA	http://www.cynt.com/	
96	DOE Biomass Program	Government Energy	Biomass		Research	USA	http://www.eere.energy.gov/biomass/	
97	Donson Engineering &	Engineering Company				Canada	http://www.donson.com/	
99	Down Stream Systems, Inc.	Gasification				Canada	http://www.downstreamsystems.com/downstreamsystems001.htm	
100	DPS Energy	Gasification	Biomass			USA		
101	Dr. Mühlen GmbH & Co.	Gasification	Biomass	MSW	Demonstration	Germany	http://verwertung.dm1-2.de/page/main.php?Lang=English	
102	DryVac Environmental	Sludge Drying	Biosolids			USA	http://www.dryvac.com/welcome.html	
103	DTE Biomass	Anaerobic Digestion	Landfill		Commercial	USA	http://www.dtebe.com/aboutus/aboutus.html	
104	Dufferin Organics Processing Center	Anaerobic Digestion	MSW	Sorted	Commercial	Canada	http://www.city.toronto.on.ca/greenbin/opf.htm	
105	Dutch State Mines	Pyrolysis	Plastics		?	- Not Determined		
106	Dynamotive	Pyrolysis	Biomass		Pilot Plant	Canada	http://www.dynamotive.com/profile/	
107	E&A Environmental Consulting	Aerobic/Composting	MSW	Biosolids	Consultancy	USA	http://members.aol.com/eaenviron/	
108	Earth Power	Anaerobic Digestion	Food waste	MSW		- Not Determined	http://www.earthpower.com.au/	
109	Earth Tech, Inc.	Engineering Company	MSW	Biosolids		USA	http://www.earthtech.com/	
110	Ebara	Gasification	MSW	ASR	Commercial	Japan	http://www.ebara.co.jp/en/	medium to large
111	Ebara -Zurich	Gasification	Plastics		Commercial	Switzerland	http://www.ebara.ch/	
112	ECN	Hydrogasification			Research organization	Netherlands	http://www.ecn.nl/	
113	Eco Electric Power Company	- Not Determined				USA		
114	ECO Naturgaas Handels GmbH	Anaerobic Digestion				Germany	http://www.biogas4all.de/index.html	
115	Eco Tec	Anaerobic Digestion	MSW		Commercial	Finland	?	
116	Eco Valley Utahinai	Plasma Arc				Japan		
117	Eco Waste Solutions	Pyrolysis	MSW	Unsorted	Commercial	Canada	http://www.ecosolutions.com/	
118	Eco Waste Technologies	Supercritical Water	Water			USA		
119	EcoCorp, Inc.	Anaerobic Digestion				USA	http://www.ecocorp.com/	
120	Ecomake Finland	Gasification	Tires			Finland		
121	Econergy	Combustion	Biomass		Commercial	UK	http://www.econergy.ltd.uk/	
122	Ecopark, Barcelona	Ecoparks	MSW			Spain		
123	EcoTechnology, Inc.	Gasification	Biosolids		Demonstrator	USA	http://www.ecotechnologyinc.com/	
124	ECVM (European Council of Vinyl Manufactures)	Pyrolysis	Plastics		Industry organization	EU	http://www.ecvm.org/	
125	Electro-Farming	Gasification	Biomass	MSW		Germany	http://www.electro-farming.de/e_index.htm	

ID	Nombre del Proveedor	Tecnología	Materia Prima Principal	Materia Prima Secundaria	Estado de Desarrollo	País	URL	Escala
126	Elettroambiente	Plasma Arc			Electric Utility	Italy		
127	Elf Atochem North America Inc	Pyrolysis	Plastics		?	- Not Determined		
128	EMCON/OWT, Inc	Anaerobic Digestion	MSW		Engineering Company	USA	http://www.emconinc.com/services/index.asp	
129	Emery Energy Company, LLC	Gasification	MSW	Biomass	Pilot Plant	USA		
130	Encore Environmental Solutions	Plasma Arc	Hazardous Waste		?	- Not Determined		
131	Energy and Environmental Research Center	Pyrolysis	Plastics		?	- Not Determined	http://www.undeerc.org/default.asp	
132	Energy Answers Corp.	Engineering Company				USA	http://www.energyanswers.com/	
133	Energy Power Resources Limited	Combustion	MSW	Biomass	Commercial	UK	http://www.epri.co.uk/	
148	Energy Product of Idaho (EPI)	Gasification	Biomass			USA	http://www.energyproducts.com/index.htm	
134	Enerkem	Gasification	MSW	Biomass	Commercial	Canada	http://www.enerkem.com/	
135	EnerTech Environmental, Inc.	Supercritical Water			Pilot Plant & '100 t/day Commercial Scale design'	USA	http://www.enertech.com/	
136	Enerwaste	Combustion	MSW	Unsorted	Commercial	USA	http://www.enerwaste.com/index.html	
137	Enichem Elastomers America Inc.	Pyrolysis	Plastics		?	- Not Determined		
138	Ensyn	Pyrolysis	Biomass		Commercial	Canada	http://www.ensyn.com/index.htm	
139	Entec Environment Technology	Anaerobic Digestion	Biosolids		Commercial	Austria		
140	Entech International	Consultancy	Biomass		Consultant	USA	http://www.jxj.com/suppands/iswa/companies/149	
141	Entropic Technologies	Pyrolysis	MSW			USA	?	
142	Enviro Asia	Typical Waste Water Treatment	Waste water			China		
144	Environmental Power Corp (EPC)	Anaerobic Digestion				USA	http://www.environmentalpower.com/index.html	
145	Environmental Products & Technologies Corp.	Aerobic/Composting	Animal wastes			USA	http://www.eptcorp.com/index.html	
146	Environmental Services Association	Industry organization	MSW	Biosolids	Industry organization	UK	http://www.esauk.org/	
147	Environmental Waste International	Pyrolysis	Tires	Hospital Waste	Commercial	Canada	http://www.ewmc.com/Home.html	
149	ESI: Environmental Solutions International: Enersludge	Pyrolysis	Waste water	Biomass		Australia	www.viron.com.au/	
150	Euro plasma	Plasma Arc			?	EU	?	
151	European Recycling Network	Industry organization			Industry organization	EU		
152	Ferrite	Gasification				USA	http://www.ferriteinc.com/	
153	Ferrite	Pyrolysis				USA	http://www.ferriteinc.com/	
154	Filter Tech. Corp.	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels				- Not Determined	?	
155	Flex Energy	Microturbine	Biomass			USA	http://www.flexenergy.com/	
156	Foster Wheeler Energia Oy	Gasification	Biomass	MSW	Commercial	Finland	http://www.fwc.com/	
157	Future Energy Resources Corp. (FERCO)	Gasification	Biomass		Demonstrator	USA		
158	Gas Technology Institute (GTI)	Gasification			RD&D organization (fossil and renewable gasifiers)	USA	http://www.gastechnology.org/webroot/app/xn/xd.aspx?it=enweb&xd=gtihome.xml	
159	GBB	Consultancy			Consultancy	USA	http://www.gbbinc.com/index.html	
160	GEEER	Combustion			RD&D organization	USA		
161	Genehol	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels				- Not Determined	?	
162	Genencor	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels	Biomass		Research	USA	http://www.genencor.com/wt/gcor/ethanol	
163	General Atomics	Supercritical Water	MSW	Biomass	Demonstration	USA	http://www.ga.com/	
164	Georgia Institute of Technology	Plasma Arc			Research	USA	http://www.gatech.edu/directories.php	
165	Geosyntec Consultants	Consultancy			Consultancy	USA	http://www.geosyntec.com/	
166	Gibros Pec	Engineering Company				Netherlands		
167	Global Energy (Cinc.)	Gasification				USA	?	
168	Global Energy Solutions	Pyrolysis	MSW	Unsorted	?	USA	http://www.teamges.com/ges_frm.htm	
415	Global Renewables -UR-3R Process® incorporating ISKA® Percolation	- Not Determined				Australia	www.grl.com.au/	

ID	Nombre del Proveedor	Tecnología	Materia Prima Principal	Materia Prima Secundaria	Estado de Desarrollo	País	URL	Escala
169	GM	Pyrolysis	ASR			USA		
170	Graveson Energy Management (GEM)	Pyrolysis	MSW		Demonstration	UK	http://www.gem-ltd.co.uk/	
171	Green Mountain Technologies	Aerobic/Composting	MSW	Biosolids	Commercial	USA	http://www.gmt-organic.com/	
172	Green Star Products, Inc.	Liquid Biofuels				USA	http://www.greenstarusa.com/	
173	Green Triangle International (GTI)	Plasma Arc				- Not Determined		
174	Greenfinch	Anaerobic Digestion	Food waste	Green Waste	Demonstration	UK	http://www.greenfinch.co.uk/index.html	
175	GreenMan Technologies	Cryogenic shredding	Tires			USA		
176	Greve (See TPS)	Gasification				Italy		
177	GRRO (Global Resource Recovery Organization)	Sludge Drying	Biosolids	Organic Waste Streams		USA	http://www.grro.net/Index.html	
178	GTS Duratek	Pyrolysis	ASR	Hazardous waste	not actively promoted	USA		medium to large
179	Guépard Energy Inc.	Anaerobic Digestion	Animal wastes		Commercial	USA		
180	HAASE Energietechnik	Anaerobic Digestion	Biosolids	Animal Waste	Commercial	Germany	http://www.haase-energietechnik.de/en/	
181	Hawkins Industries	Plasma Arc	Hazardous Waste			USA		
182	HDR Consultants	Consultancy			Consultancy	USA	http://www.hdrinc.com/	
183	Hebco International	Pyrolysis	Tires	ASR	not actively promoted	Canada		not defined
184	Hera	Plasma Arc				Spain	http://www.heraholding.com/	
185	Herhof Umwelttechnik	Engineering Company				Germany	http://www.herhof.de/inhalt.htm	
186	Heuristic Engineering's EnviroCycler	Gasification	Biomass		semi-commercial	Canada		small to medium
187	Hitachi Metals Environmental Systems Company	Plasma Arc	MSW	Unsorted	Commercial	Japan	http://www.hitachi-metals.co.jp/e/index.html	
188	HMI Rolf Maurer	Gasification	Coal	Biomass		USA		
189	Hondo Chemical	Liquid Biofuels				USA	http://www.hondoinc.com/	
190	Host	Gasification	Biomass	Animal Waste	demonstrator being commissioned	Netherlands	www.host.nl/	small to medium
191	Hydroprocessing	Engineering Company	Organic waste streams			USA		
192	Hydroxyl	Typical Waste Water Treatment	Waste water		Commercial	Canada	http://www.hydroxyl.com/municipal/index.html	
193	IBR (International Bio Recovery Corp.)	Aerobic/Composting	Organic waste streams		Demonstration/Pilot	Canada	http://www.ibrcorp.com/about.html	
194	IEA Bioenergy	Government Energy Organizations	Biomass	MSW	International Energy Agency	International	http://www.ieabioenergy.com/IEABioenergy.php	
195	IEA Task 29	Socio-Economic Assessments	Biomass		International Energy Agency	International		
196	IEA Task 32	Combustion	Biomass		International Energy Agency	International	http://www.ieabcc.nl/	
197	IEA Task 33	Gasification			International Energy Agency	International	http://www.gastechnology.org/webroot/app/xn/xd.aspx?it=enweb&xd=iea/homepage.xml	
198	IEA Task 34	Pyrolysis	Biomass	MSW	International Energy Agency	International	http://www.pyne.co.uk/pyne/	
199	IEA Task 35	Techno-Economic Assessments	Biomass		International Energy Agency	International	www.vtt.fi/ene/bioenergy/	
200	IEA Task 36	Government Energy Organizations	MSW		International Energy Agency	International	http://www.ieabioenergy.com/ourwork.php?t=36#36	
201	IEA Task 37	Anaerobic Digestion	Landfill	MSW	International Energy Agency	International		
202	IEA Task 39	Liquid Biofuels	Biomass	MSW	International Energy Agency	International	http://www.forestry.ubc.ca/task39/GT4/Frames/index.html	
203	IET Energy/Entech	Gasification	MSW	Tires	Demonstrator	UK	www.ietenergy.com/	small to medium
204	Improved Converters, Inc.	Gasification	Coal	Biomass		USA	www.improvedconverters.com/	
406	Improved Converters, Inc.	Gasification	MSW	Petcoke		USA	http://www.improvedconverters.com	
205	Indaver	Ecoparks	MSW	Industrial waste	Commercial	Belgium	http://www.indaver.be/index.php?id=21	
206	Integrated Environmental Technologies (I.E.T.)	Plasma Arc			Commercial	USA	http://www.inentec.com/	
207	International Combustion Systems, Inc.	- Not Determined				- Not Determined	?	
405	International Environmental Solutions	Pyrolysis	Biosolids	Fireworks	Demonstration	USA	http://www.frantechutah.com/t/wastetopower/pyrolysis.htm	
208	Interstate Waste Technologies	Gasification	MSW		Commercial	USA	http://www.interstatewastetechnologies.com/	
421	Interstate Waste Technologies	Pyrolysis	MSW		Commercial	USA	http://www.interstatewastetechnologies.com/	

ID	Nombre del Proveedor	Tecnología	Materia Prima Principal	Materia Prima Secundaria	Estado de Desarrollo	País	URL	Escala
209	Iogen	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels	Biomass		Demonstration	Canada	http://www.iogen.ca/	
210	ISKA	Anaerobic Digestion	MSW		Commercial	Germany	www.iska-gmbh.de/	
211	ISWA	Industry organization				Denmark	http://www.iswa.org/	
212	JF Ventures Ltd.	Pyrolysis	Biomass	MSW	Demonstration	Canada		
213	JND Thermal Process	Pyrolysis	MSW	Biomass	design stage; bench & pilot scale tests	UK	www.jnd.co.uk/	medium
214	KARA Energy Systems	Gasification	Biomass		reference plant	Netherlands	www.kara.nl/	small
215	Kearns Disintegration of Canada	- Not Determined				Canada	?	
216	Kenaiden	Anaerobic Digestion				Canada	http://www.kenaiden.ca/01_corporateprofile.html	
217	Kiefer Landfill Replacement	Anaerobic Digestion	MSW			USA	http://www.sacpublicworks.net/sacgreenteam/	
218	Kinetrics	Gasification				Canada	http://www.kinetrics.com/en/story/	
219	Kompogas	Anaerobic Digestion	MSW		Commercial	Switzerland	http://www.kompogas.ch/en/index.html	
220	Kvaerner Oiland Gas As/Scanarc Plasma	Plasma Arc				Norway/Sweden		
221	Lee & Ro	Engineering Company	Biosolids		Engineering Company	USA	http://www.lee-ro.com/	
222	Life Energy Technology Holdings	Gasification				- Not Determined		
224	Linde-KCA-Dresden	Aerobic/Composting	MSW		Commercial	Germany	http://www.linde-kca.com/	
225	Linde-KCA-Dresden	Gasification	PVC		Commercial	Germany	http://www.linde-kca.com/	
223	Linde-KCA-Dresden	Anaerobic Digestion	MSW		Commercial	Germany	http://www.linde-kca.com/	
226	Lotepro Environmental	Engineering Company	Biosolids		Engineering Company	USA	http://www.loteproesg.com/Spa_23_31.htm	
227	Lurgi Energie	Gasification	MSW	Plastics	Commercial	Germany	http://www.lurgi-lentjes.com/english/nbs/index.html	
228	Lurgi PSI	Liquid Biofuels	Biomass			USA	http://www.lurgi-psi.com/	
229	Malahat Energy	Gasification	MSW	Biomass	Demonstration	Canada	http://www.malahatenergy.com/de/Home.asp	
230	Masada	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels			pre commercial	USA	http://www.masada.com/mocopro.html	
231	MCA Recycling USA	- Not Determined	Biosolids			USA	?	
232	McMullen	Pyrolysis	MSW		bench scale/conceptual	USA		medium to large
426	McNeil Technologies	Consultancy	Biomass		Commercial	USA	http://www.mcneiltech.com	
233	MCX Environmental Energy Corp.	Consultancy	Biomass	MSW		USA	http://www.mcxeec.com/index.htm	
234	MEI Power Corp.	- Not Determined				- Not Determined	?	
235	Metso Minerals	Pyrolysis	Tires		patented	Finland	http://www.metsominerals.com/	
236	MFU-GmbH	Gasification	Biomass	MSW	pilot scale, 1st commercial plant being built	Germany		small to medium
237	Microgy Cogeneration Systems, Inc.	Anaerobic Digestion				- Not Determined	http://www.microgy.com/	
238	Minergy	Pyrolysis	Biosolids		Commercial	USA	http://www.minergy.com/	
239	Mitsui Babcock	Engineering Company				USA	http://www.mitsuibabcock.com/live/welcome.asp?id=2	
240	MPM Technologies, Skygas	Plasma Arc	MSW	Hazardous waste	no sales	USA	http://www.mpmtech.com/skygas.html	
241	MSE Technology Applications, Inc.	Plasma Arc	Hazardous Wastes		Pilot plant, near commercial	USA	http://www.mseinc.com/	
242	MTCI ThermoChem	Gasification	MSW	Sludge	semi-commercial	USA		medium to large
243	Naanovo Energy Inc	Combustion	MSW	Biomass		Canada	www.naanovo.com/	
244	Nathaniel	Gasification	Organic waste streams		not actively promoted	USA		small to medium
245	National Recovery Technologies, Inc.	Sorting/recycling/recovery	MSW	Plastics		USA	http://www.nrt-inc.com/index.htm	
246	Natur Tech Composting Systems	Aerobic/Composting	MSW	Biosolids	Commercial	USA	http://www.composter.com/composting/naturtech/	
247	Navigant Consulting	Consultancy				USA	http://www.navigantconsulting.com/A559B1/navigantnew.nsf/FCNTDSDPHMRead?OpenForm&Cat1=LA0	
248	Neozyme	Biocatalysts				USA		
249	NESA (Umicore)	Pyrolysis	Biosolids	Sludge	Commercial	Belgium	http://www.nesasolution.com/	small to medium
250	Netcen	Consultancy			Consultancy	UK	http://www.netcen.co.uk/html/waste_min.htm	

ID	Nombre del Proveedor	Tecnología	Materia Prima Principal	Materia Prima Secundaria	Estado de Desarrollo	País	URL	Escala
251	Nextpath Environmental	- Not Determined				- Not Determined	?	
252	Nexus Technologies	Pyrolysis			Demonstration	France		
253	Nippon Steel	Gasification	MSW	Plastics	Commercial	Japan	http://www.kita.or.jp/kita-e/ki27.htm#top	
254	NKK Steel	Gasification	ASR	MSW	pilot	Japan	http://www.jfe-holdings.co.jp/en/environment/11.html	medium to large
255	No-Burn.org Gaia- Global alliance for incinerator alternatives	Environmental Group				- Not Determined	http://www.no-burn.org/resources/index.html	
256	Noell	Gasification				Germany		
257	North American Power Co.	Pyrolysis	MSW			USA	www.napower.com/	
258	Nova Energie GmbH	Anaerobic Digestion				Switzerland	http://www.novaenergie.ch/default.htm	
259	Novozymes	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels	Biomass			Denmark	www.novozymes.com/	
260	N-Viro International Corporation	Aerobic/Composting	Biosolids	MSW	Commercial	USA	http://www.nviro.com/technology/index.htm	
261	Olympus Technologies, Inc.	Anaerobic Digestion	Waste water			USA	http://www.oti.cc/	
262	ONR-Arisystems	Anaerobic Digestion	Animal wastes			USA		
263	Onsite Power Systems	Anaerobic Digestion			Demonstration	USA	http://www.onsitepowersystems.com/	
264	Ontario Hydro Technologies	Pyrolysis	Hospital Waste	MSW	Demonstration	Canada	http://www.oceta.on.ca/	
265	Orenda Aerospace	Pyrolysis	Biomass			Canada	http://www.orenda.com/AMES/AMES_Biofuel/am	
266	Organic Energy Systems	Gasification	Biomass			- Not Determined		
267	Organic Power	Gasification	MSW	Biomass	bankrupt	Norway		small
268	Organic Waste Systems	Anaerobic Digestion	MSW		Commercial	Belgium	http://www.ows.be/	
269	Organic Waste Systems Ltd	Aerobic/Composting	MSW	Sorted	Commercial	UK		
419	Organic Waste Systems, Inc.	Anaerobic Digestion	MSW			USA	http://www.ows.be/	
270	Organics	Anaerobic Digestion	Landfill			- Not Determined	http://www.organics.com/mainindex.htm	
271	Organo Corporation	Supercritical Water	Waste water			- Not Determined	http://www.organo.co.jp/english/	
272	Outspoken Industries	Aerobic/Composting	MSW	Sorted	pre commercial	USA	http://www.hotrotsystems.com/	
423	Ozmotech	Pyrolysis	Plastics			Australia	http://www.ozmotech.com.au/	
424	Ozmotech	Gasification	MSW			Australia	http://www.ozmotech.com.au/	
273	Pacific Northwest National Lab	Liquid Biofuels	Biomass	MSW	Research	USA	http://www.pnl.gov/biobased/bcf.stm	
274	Pacific Waste Consulting	Consultancy			Consultancy	USA		
275	PCG Electric/Biosphere Process	- Not Determined				- Not Determined		
276	Pearson	Gasification				USA		
277	PEAT, International	Plasma Arc	Hazardous Waste		pilot	USA	http://www.peat.com/	
278	Petrofina (FINA Inc)	Pyrolysis	Plastics			- Not Determined		
279	Phoenix Solutions Co.	Plasma Arc			Component manufacturer	USA	http://www.phoenixsolutionsco.com/main/index.php	
407	Pinnacle	Anaerobic Digestion				USA		
280	PKA Umwelttechnik	Gasification	Sludge		Demonstrator	Germany		medium
281	PKA Umwelttechnik	Pyrolysis	MSW	ASR	Commercial	Germany		medium
282	Plasma Environmental Technologies	Plasma Arc	Hazardous Waste		Not Commercial	Canada	http://www.plasmaenvironmental.com/index.asp?counter=counter_id	
283	Plasma Waste Conversion Corp	Plasma Arc				- Not Determined	?	
284	Plas-Sep	Sorting/recycling/recovery	Plastics		Demonstration	Canada	http://www.oceta.on.ca/profiles/plassep/plassep_tech.html	
323	Plastic Energy LLC (SMUDA)	Pyrolysis	Plastics	Tires	pre commercial	USA	www.smuda.com/	
285	Power Energy Fuels	Gasification	MSW	Biomass	pre commercial	USA	http://www.powerenergy.com/index.html	
286	Power Generating, Inc.	Combustion	Biomass		Lab scale	USA	http://www.powergeneratinginc.com/	
287	PR Power	Plasma Arc	Tires		pre commercial	USA	?	
288	Precision Energy Services	Gasification				USA	http://www.pes-world.com/	

ID	Nombre del Proveedor	Tecnología	Materia Prima Principal	Materia Prima Secundaria	Estado de Desarrollo	Pais	URL	Escala
289	Pridesa	Anaerobic Digestion	Sludge			Spain	www.pridesa.com/	
290	Primenergy	Gasification	Biomass			USA	http://www.primenergy.com/	
291	PRM Energy Systems, Inc.	Gasification	Biomass		Commercial	USA	http://www.primenergy.com/	
292	Proman Energy	Gasification	Biomass	MSW		UK		
293	PureVision Technology	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels	Biomass		pre commercial	USA	http://www.purevisiontechnology.com/index.html	
294	PyNe	Pyrolysis	Biomass		Technical Society	UK	http://www.pyne.co.uk/pyne/	
295	Pyrovac International	Pyrolysis	Biomass		Demonstration	Canada		
296	RDI Energy Plants	Consultancy				USA	?	
298	Reactive Energy	Pyrolysis	Plastics			USA	?	
297	Reactive Energy	Gasification	Plastics			USA	?	
299	Recovered Energy Inc.	Plasma Arc	MSW	Unsorted	no installations	USA	http://www.recoveredenergy.com/index.html	
300	Reculture Engineering	- Not Determined	MSW	Unsorted		Sweden	http://www.reculture.se/	
301	Recycled Refuse International	Gasification	MSW			UK	?	
302	Renewable Energy Corporation	Gasification	Biomass		No Sales	USA	http://www.renrg.com/	
410	Renewable Resources Alliance	Gasification	MSW		Proposed	USA	?	
303	RENTEC Renewable Energy	Anaerobic Digestion	Organic waste			Canada	http://www.rentec.ca/toc.htm	
304	Resorption Canada Ltd. (RCL)	Plasma Arc				Canada		
305	Retech	Plasma Arc	Hazardous Waste		Commercial	USA	http://www.retechsystemsllc.com/PACT%20webpagesC/sld001.htm	
306	RGR Ambiente	Gasification	MSW	Sorted	Pilot plant	Italy	http://www.rgrambiente.com/	
307	Rice University recycling	University			University	USA	http://www.ruf.rice.edu/~recycle/recycle/compostin	
308	Sacone Brookes	Gasification	Hospital Waste	Animal Waste	Commercial	UK	?	small
309	Salyp	Sorting/recycling/recovery	ASR	Plastics	Full Scale Demonstration	Belgium	http://www.salypnet.com/	
310	Sanitec West	Thermal Sterilization	Hospital Waste		Commercial	USA	http://www.sanitecwest.com/index.html	
312	Scientific Utilization Inc.	Plasma Arc	Hospital Waste	MSW		USA	http://www.suip3.com/home.html	
313	SCS Engineers	Consultancy			Consultancy	USA	http://www.scsengineers.com/sw1.html	
314	SEBAC	Anaerobic Digestion	MSW	Sorted	Demonstration	USA	http://www.agen.ufl.edu/~sifontes/sebac.htm	
315	Seghers Keppel Technology Group	Combustion	MSW	Biomass	Commercial	Belgium	http://www.seghersgroup.com/	
316	Serpac Pyroflam	Pyrolysis	MSW	Hospital Waste	Demonstrator	France	http://www.bseri.com/eindex.html	small to medium
317	Sheffield University	University	Tires		University studied tire recycling and use of tire steel in concrete	UK	http://www.shef.ac.uk/tyre-recycling/index.htm	
318	Shell Gasification	Gasification	Refinery residues		--	Netherlands		large
320	Shinko Pantec	Supercritical Water				Japan		
321	Siemens	Pyrolysis	MSW		Obsolete	Germany	http://www.siemens.com/index.jsp	
322	Skanska	Anaerobic Digestion	MSW		Commercial	Finland	http://www.skanska.fi/templates/www/default/index.asp?P=1546	
324	SOFRESID/CALQUA	Gasification	Hospital Waste	MSW	?	France		
325	Solena Group	Plasma Arc	Shipboard Waste		no installations	USA	http://www.solenagroup.com/htmlnn/home.asp	
326	SRI	Supercritical Water	Hazardous Waste			USA	http://www.sri.com/	
327	SRL Plasma Ltd.	Plasma Arc	Hazardous Waste			Australia	http://www.srlplasma.com/srlpages/srlframe.html	
328	Standard Energy Corp.	Liquid Biofuels	MSW			USA	?	
329	Startech	Plasma Arc				USA	http://www.startech.net/	
330	Stigsnaes Industrimiljo AS	Pyrolysis	PVC			Denmark	?	
331	STM Power	Stirling Engine				USA	http://www.stmpower.com/InsideInfo/TheCompany.asp	
332	Sumitomo N3T (PreCon)	Gasification	MSW	ASR	Demonstrator	Japan	http://www.shi.co.jp/english/jigyop/pe_kank.htm	medium to large
333	Superfast Composting Systems	Aerobic/Composting	MSW			- Not Determined	?	

ID	Nombre del Proveedor	Tecnología	Materia Prima Principal	Materia Prima Secundaria	Estado de Desarrollo	País	URL	Escala
334	Sustainable Technology Solutions	Consultancy	MSW	Biomass		UK	http://www.sustainabletechnology.co.uk/	
335	Sustainable Waste Systems, Ltd.	Anaerobic Digestion				UK	http://www.safe-waste.com/	
336	SVZ GmbH	Gasification	MSW	Plastics	Commercial	Germany	http://www.svz-gmbh.de/index.html	
337	Swan Biomass Company	Hydrolysis/Ferment/Liquid Fuels	Biomass			- Not Determined	http://www.swanbiomass.com/	
338	Synagro	Aerobic/Composting	Biosolids			USA	http://www.synagro.com/	
339	Takuma	Pyrolysis	MSW	ASR	Demonstrator	Japan	http://www.takuma.jp/	medium to large
340	TarWeb	Gasification			Research	- Not Determined	http://www.tarweb.net/index.shtml	
341	TarWeb	Pyrolysis			Research	- Not Determined	http://www.tarweb.net/index.shtml	
342	TBW Biocomp	Anaerobic Digestion	MSW	Biosolids		Germany		
343	Technical University of Munich, Institute of Thermal Power Systems	Gasification	Biomass		Research	Germany	http://www.ltk.mw.tu-muenchen.de/	
344	Technikon LLC	Gasification	MSW	Biomass	Research	USA	http://66.60.177.148/index.jsp	
345	Technip Germany	Pyrolysis	MSW		Commercial	Germany		medium to large
346	Tekes	Government Energy Organizations			National technology agency	Finland	http://www.tekes.fi/eng/tekes/	
347	TeraMeth Technologies	Consultancy	Landfill			- Not Determined	?	
348	Terralog Technologies	Anaerobic Digestion	Biosolids		Engineering Company	Canada	http://www.terralog.com/cleanwaste.htm	
349	Tetronics	Plasma Arc	Hazardous Waste		Commercial	UK	http://www.tetronics.com/homepageiframe.html	
350	Texaco Gasification	Gasification	Plastics		fully commercial for refinery residues, developmental for mixed plastic waste	Netherlands	www.texaco.com/	large
351	The Biosphere Process	- Not Determined				- Not Determined	?	
352	Thermal Conversion Corp.	Plasma Arc	Organic waste streams		Demonstration	USA	http://www.thermalconversion.com/index.htm	
353	Thermo Tech Technologies	Anaerobic Digestion	Organic waste			Malaysia	www.ttrif.com/	
354	ThermoChem Inc.	Gasification	Biomass		Demonstration	USA	?	
355	ThermoEnergy Corp.	Pyrolysis			Full Scale Demonstration	USA	http://www.thermoenergy.com/whois.htm	
356	Thermogenics, INC	Gasification				USA		
422	Thermoselect	Pyrolysis	MSW	Unsorted	Commercial	Switzerland	http://www.thermoselect.com/	
357	Thermoselect	Gasification	MSW	Unsorted	Commercial	Switzerland	http://www.thermoselect.com/	
358	Thide Environmental	Pyrolysis	MSW	Unsorted	Commercial	France	http://www.thide.com/	
359	ThyssenKrupp Polysius	Gasification	Tires	Biomass	reference plant operating	Germany	www.thyssenkrupp.com/	small to medium
360	ThyssenKrupp Uhde	Gasification	Coal	Petroleum		Germany	http://www.uhde.biz/unternehmen/kurzportrait/profil.en.html	medium to large
361	Titan Technologies	Pyrolysis	Tires			- Not Determined	http://www.titantechnologiesinc.com/about.html	
362	Torftech	Gasification	Biomass			Canada	http://www.torftech.com/start.htm	
363	TPS Termiska Processer	Gasification	MSW		pre commercial	Sweden	http://www.tps.se/gasification/intro_gas_en.htm	
364	Traidec	Pyrolysis	Sludge	Animal Waste	pilot	France	www.traidec.com/	small
365	Turboden	Organic Rankine	Heat			Italy	http://www.turboden.it/	
366	UET	Gasification	Sludge	Animal Waste	pilot	Germany	http://www.fee-ev.de/uet/	small to medium
367	Unisphere Waste Conversion Ltd	Pyrolysis	Tires		pre commercial	Canada	http://www.unisphere.ca/site/en/unispheretechnology.htm	
368	United Technologies Research Center	Gasification	Biomass	MSW		USA	http://www.utrc.utc.com/	
369	Urban Waste Management & Research Center (University of New Orleans)	University			Research	USA	http://uwrcr.cjb.net/	
370	URS Corporation	Consultancy	MSW		Consultancy	USA	http://www.urscorp.com/	
371	US Plasma (USP)	Plasma Arc	MSW			USA	http://www.usplasma.com/	
372	Used Tire Working Group	Industry organization				UK	http://www.tyredisposal.co.uk/	
373	Valorga International	Anaerobic Digestion	MSW	Sorted	Commercial	France	http://www.valorgainternational.fr/index.htm	
375	Vanguard Research, Inc.	Plasma Arc	Hazardous Waste			- Not Determined	?	
376	VDI	Plasma Arc			Technical Society	Germany	http://www.eurodatabase.org/index.php3	

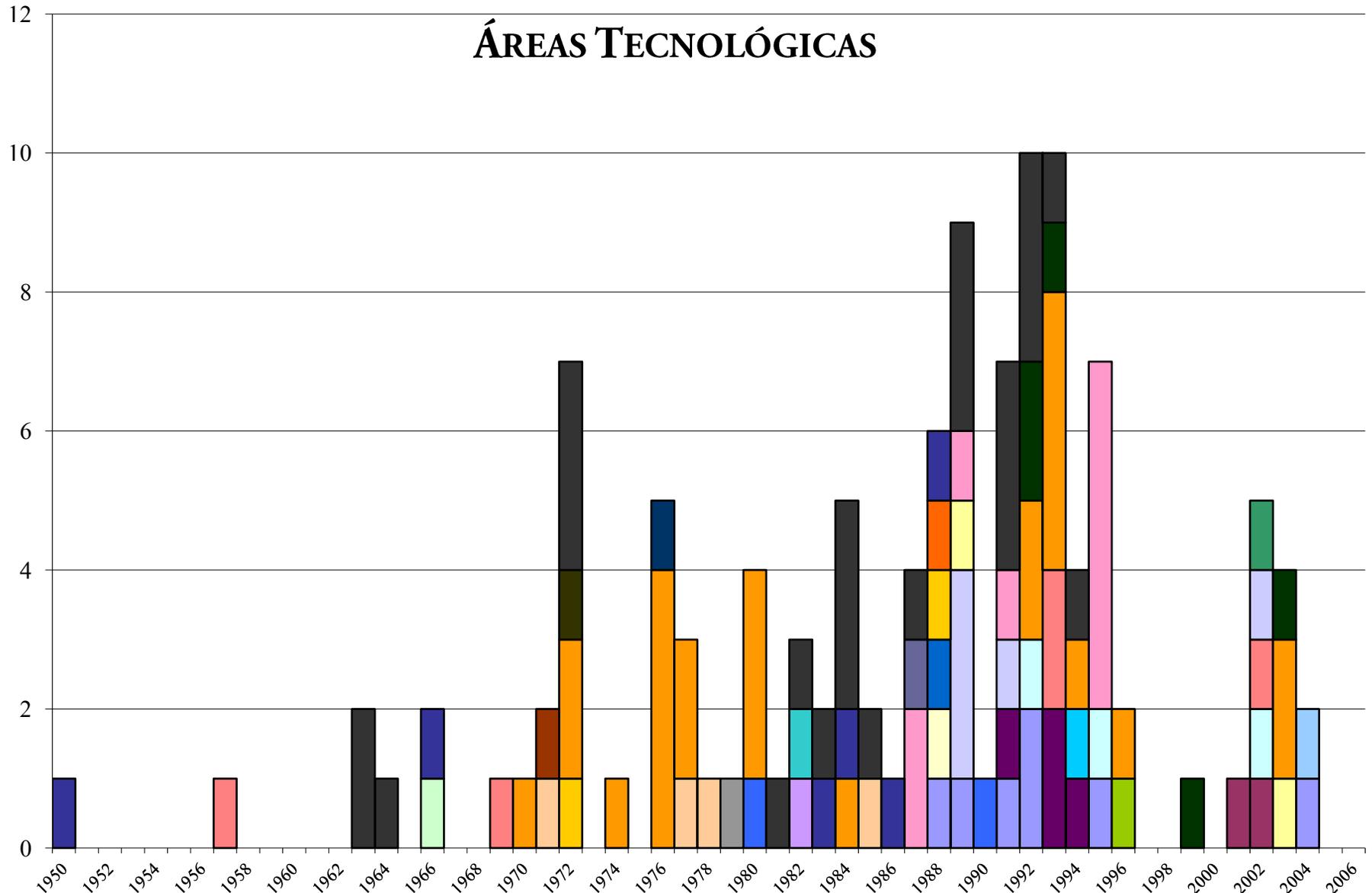


**TENDENCIAS Y EVOLUCIÓN
DE LA TECNOLOGÍA Y
MAPAS TECNOLÓGICOS**

RESUMEN DE PATENTE

	A62D 3	B01D 53	B01J 19	B09B 3	B09C 1	B23K 10	B23K 9	C01B 3	C01B 31	C01B 7	C01F 7	C02F 1	C02F 9	C03B 5	C03F 9	C07C 1	C07C 29	C10B 19	C10B 29	C10B 53	C10J 3	C10K 1	C21B 13	C22B 4	E21B 43	F01K 13	F23G 5	F23I 15	H01J 37	H05B 1	H05B 7	H05H 1	SUMA		
1950																																	1	1	
1951																																		0	
1952																																		0	
1953																																		0	
1954																																		0	
1955																																		0	
1956																																		0	
1957						1																												1	
1958																																		0	
1959																																		0	
1960																																		0	
1961																																		0	
1962																																		0	
1963																																	2	2	
1964																																	1	1	
1965																																		0	
1966											1																						1	2	
1967																																		0	
1968																																		0	
1969						1																												1	
1970																																		1	
1971																1																		1	
1972																					1	2							1				3	7	
1973																																		0	
1974																																		1	
1975																																		0	
1976																										1								5	
1977																1																		3	
1978															1																			1	
1979																									1									1	
1980																	1																	4	
1981																																	1	1	
1982																																		1	3
1983																1		1														1	2		
1984																																	1	3	5
1985																1																	1	2	
1986																																	1	1	
1987																																		1	4
1988	1						1														1			1									1	6	
1989	1		1					3				1																					1	9	
1990																																		1	
1991	1				1			1									1																3	7	
1992	2									1																		2					3	10	
1993					2	2																					1						1	10	
1994					1				1																								1	4	
1995	1			1												5																		7	
1996																																		1	2
1997																			1															0	
1998																																		0	
1999																												1						1	1
2000																																		0	
2001																																			1
2002		1		1		1		1																								1		5	
2003												1																1							4
2004	1												1																					2	2
2005																																			0
2006																																			0
	7	1	1	2	4	5	1	5	1	1	1	2	1	9	1	4	2	1	1	2	24	1	1	1	1	1	5	1	1	1	6	25	120		

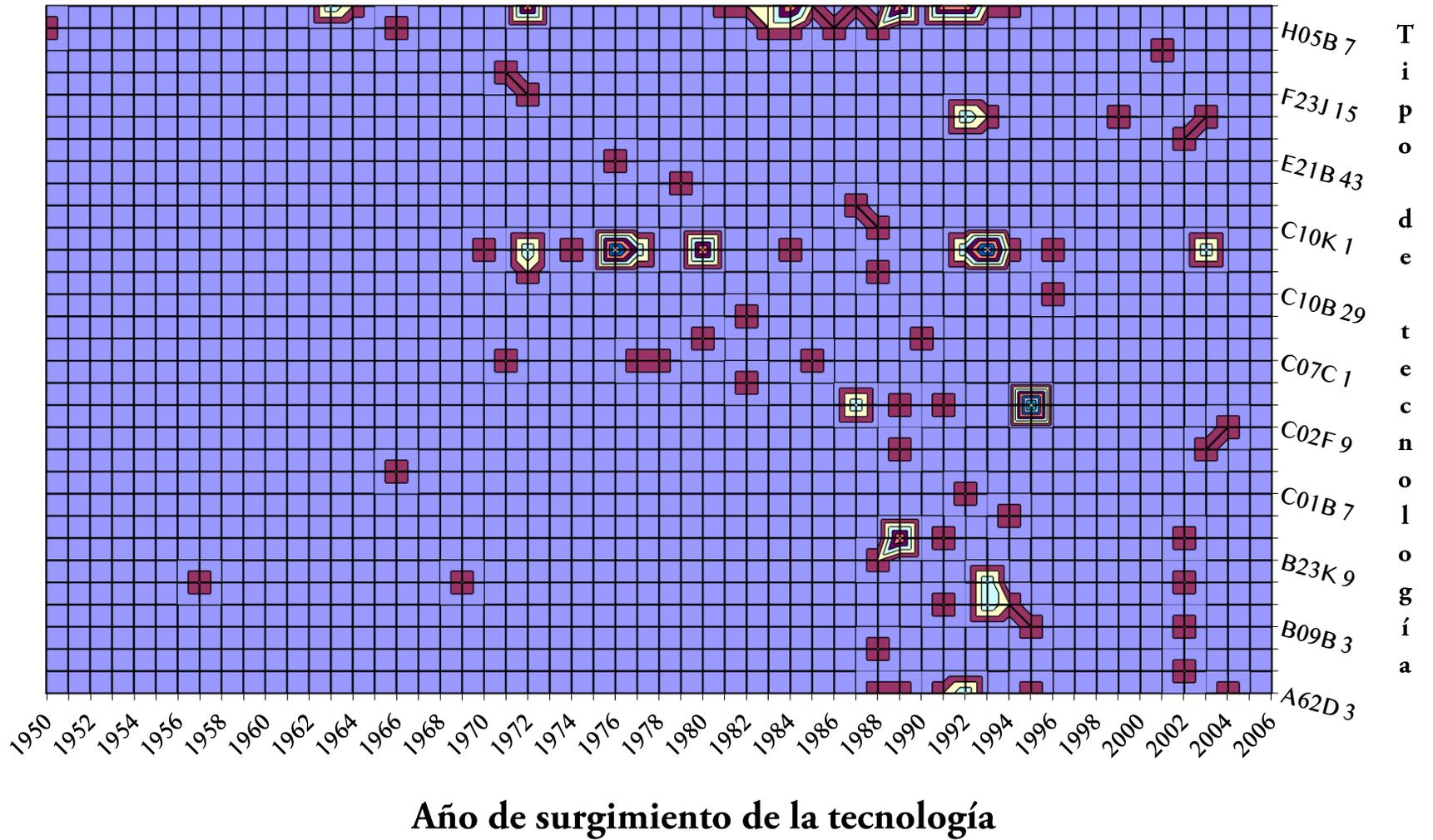
ÁREAS TECNOLÓGICAS



Año de surgimiento de la tecnología

- A62D 3
- B01D 53
- B01J 19
- B09B 3
- B09C 1
- B23K 10
- B23K 9
- C01B 3
- C01B 31
- C01B 7
- C01F 7
- C02F 1
- C02F 9
- C03B 5
- C05F 9
- C07C 1
- C07C 29
- C10B 19
- C10B 29
- C10B 53
- C10J 3
- C10K 1
- C21B 13
- C22B 4
- E21B 43
- F01K 13
- F23G 5
- F23J 15
- H01J 37
- H05B 1
- H05B 7
- H05H 1

EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA



MAPA TECNOLÓGICO

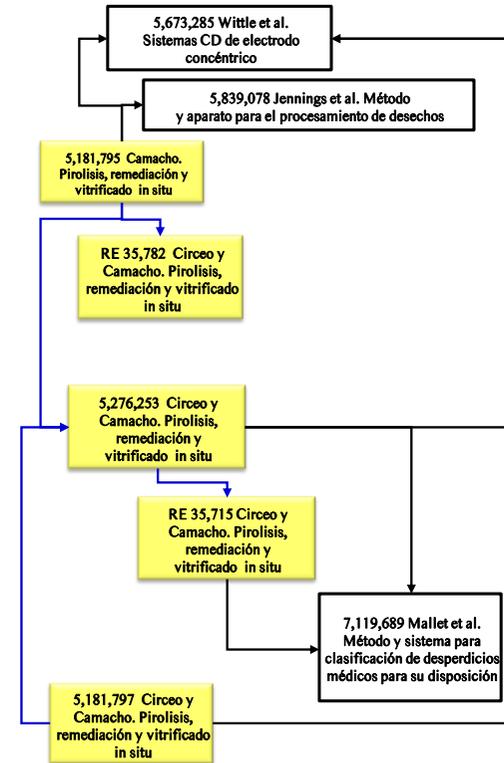
<1960

1960-1970

1980-1990

1990-2000

2000-



Fuente: Ciceri Hugo Norberto.
Investigación Propia

MAPA TECNOLÓGICO

<1960

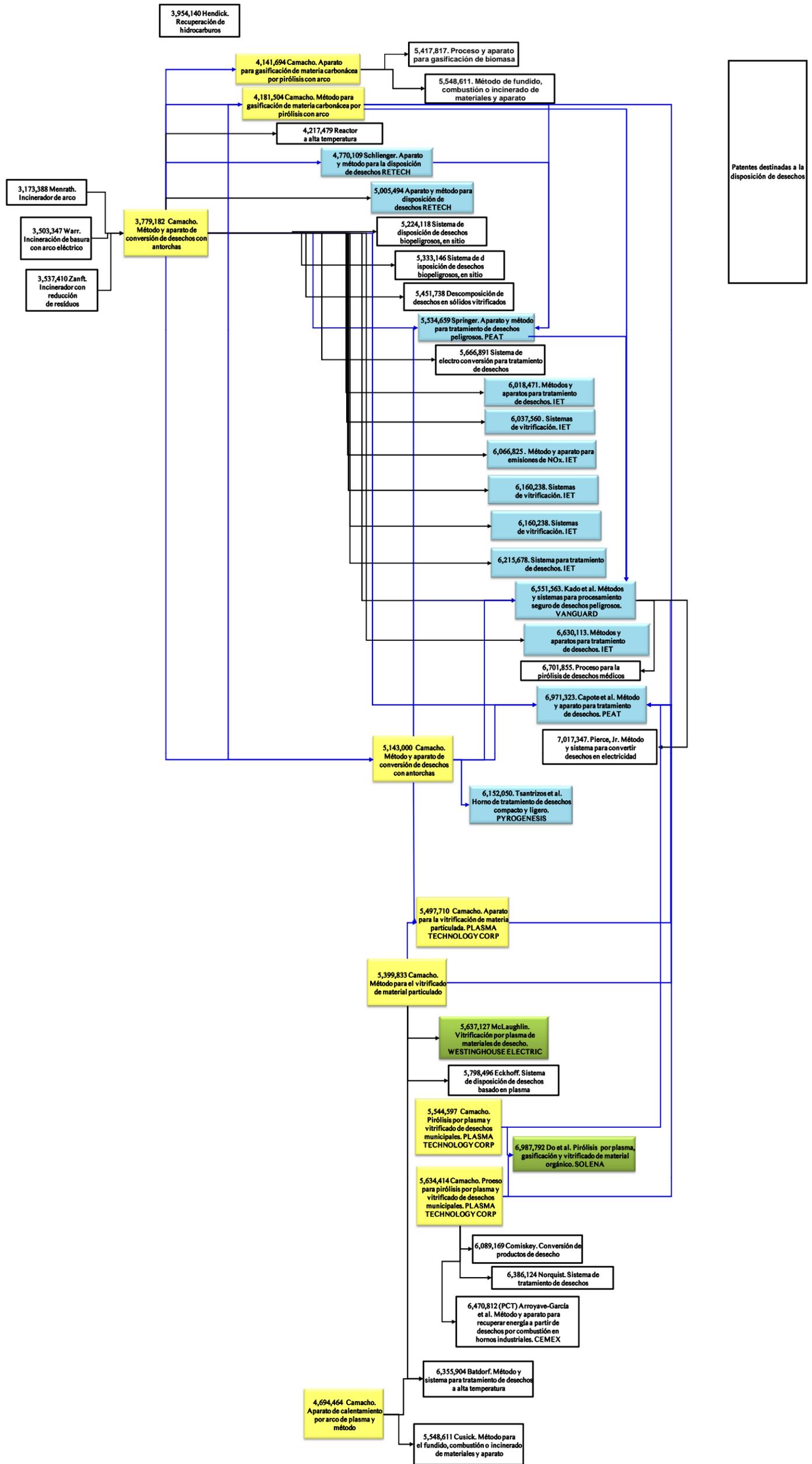
1960-1970

1970-1980

1980-1990

1990-2000

2000-



MAPA TECNOLÓGICO

<1960

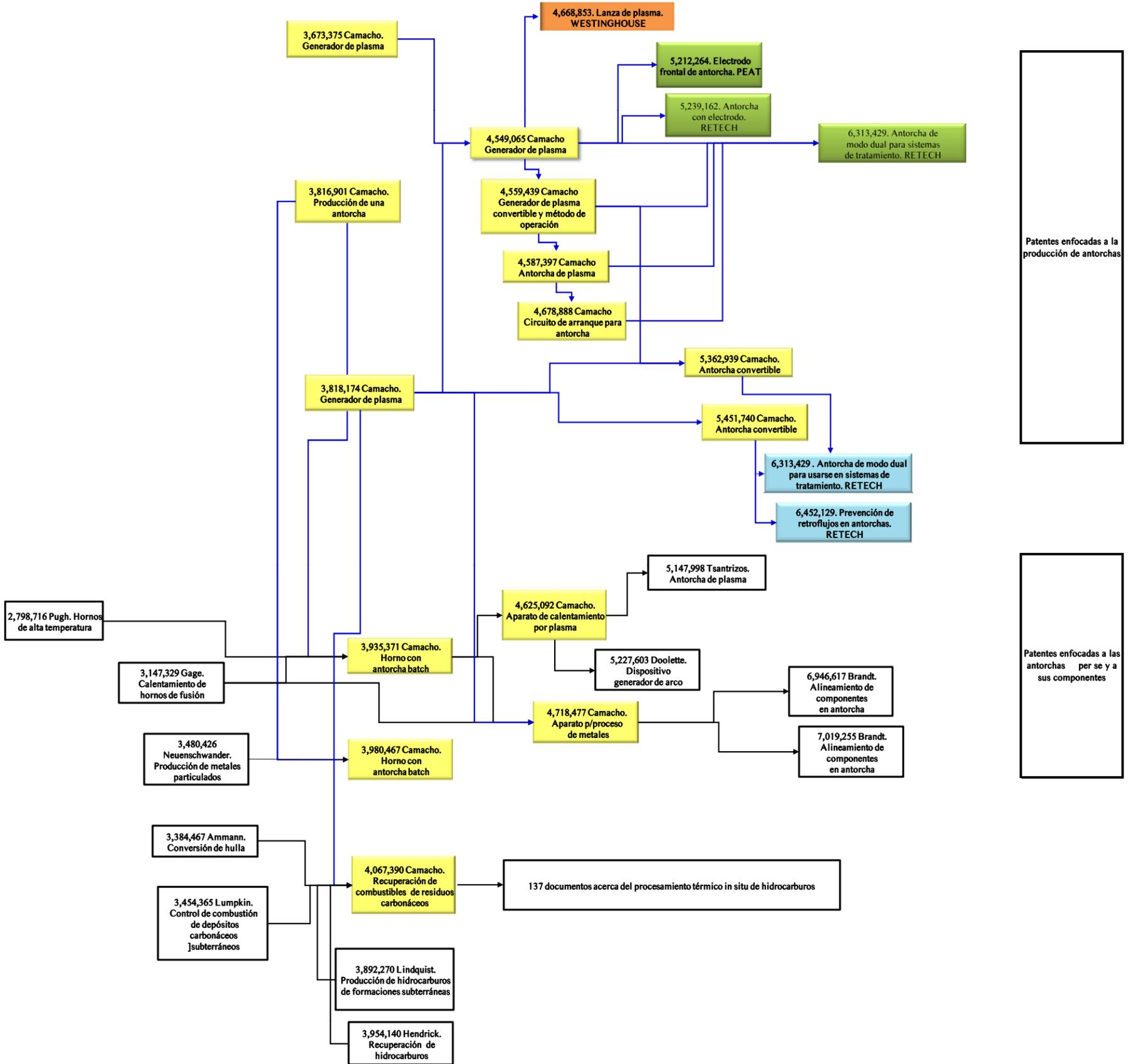
1960-1970

1970-1980

1980-1990

1990-2000

2000-



Marzo 2014

**La formación estuvo a cargo del departamento
de Diseño y Medios Audiovisuales
Diseño de interiores: Aurora Herrera Díaz
Diseño de portada: Ricardo Acosta Romo**
