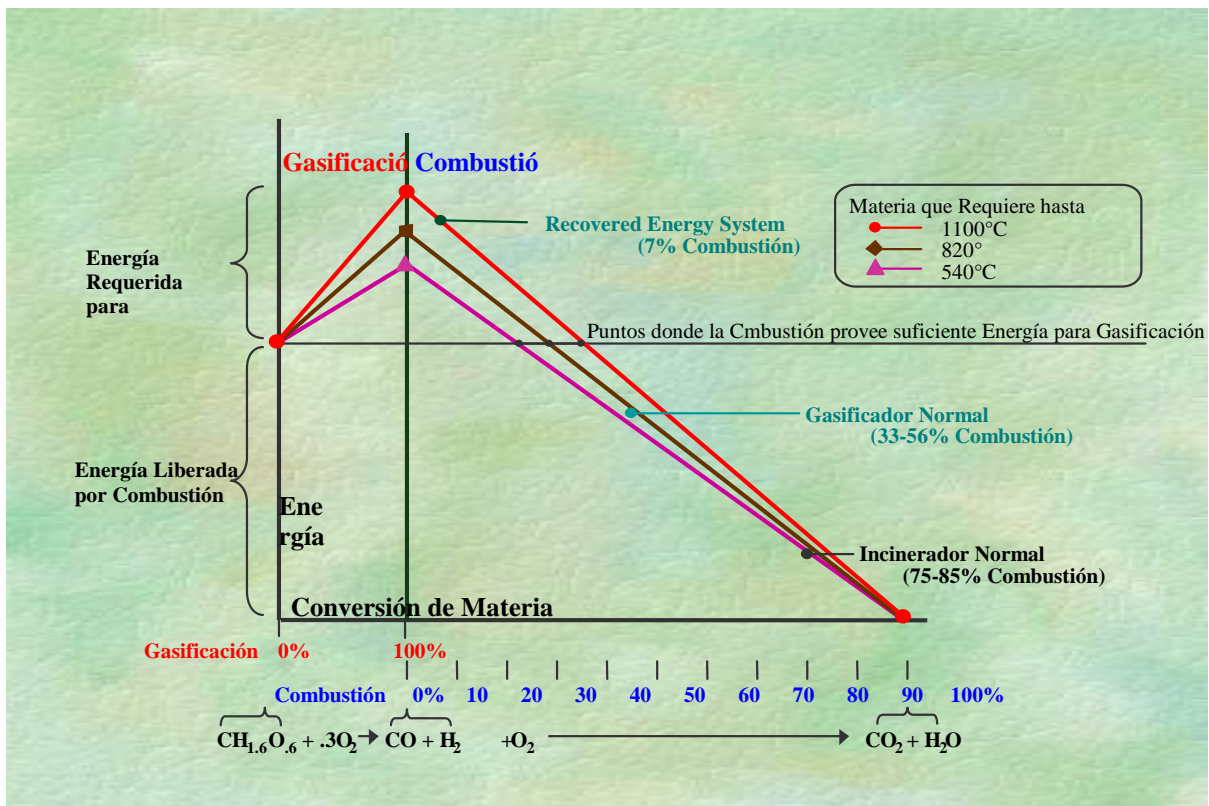


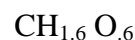
INFORME TECNICO EL SISTEMA RECOVERED ENERGY SYSTEM™



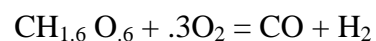
El gráfico muestra una curva de gasificación/combustión representativa, simplificada, para el deshecho sólido típico de una comunidad (MSW, Municipal Solid Waste). Nótese que cada compuesto tiene su propia curva, que las curvas reales no son líneas rectas y que no tendrán los mismos puntos de comienzo y fin; sin embargo, este gráfico es una representación simplificada para ilustrar el concepto. El eje X muestra la progresión del MSW a su gasificación y posterior combustión. El eje Y muestra la energía inicial contenida en el deshecho, la energía necesaria para gasificarlo y la energía liberada por su combustión. El gráfico muestra tres curvas – una representa todo el material que se descompone a temperaturas de hasta 1100°C, la segunda el material que se descompone a temperaturas de hasta 820°C y la tercera el material que se descompone a temperaturas de hasta 540°C. Las reacciones que ocurren son las siguientes:

Fórmulas Químicas Involucradas:

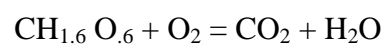
Composición de un MSW Típico:



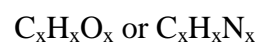
Objetivo de Gasificación Pura



Objetivo de Combustión Pura (Incineración)



Composición Química de los Alquitranes



Composición Química de los Gases Hidrocarburos



Descripción del Proceso de Gasificación/Combustión:

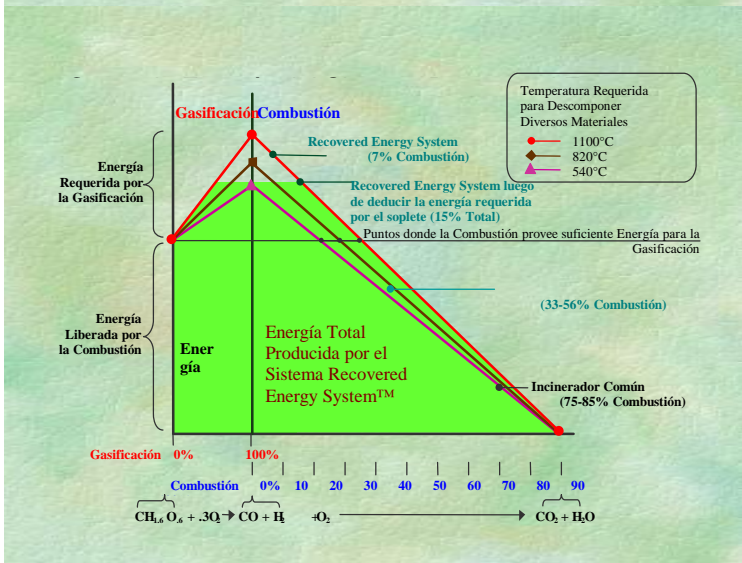
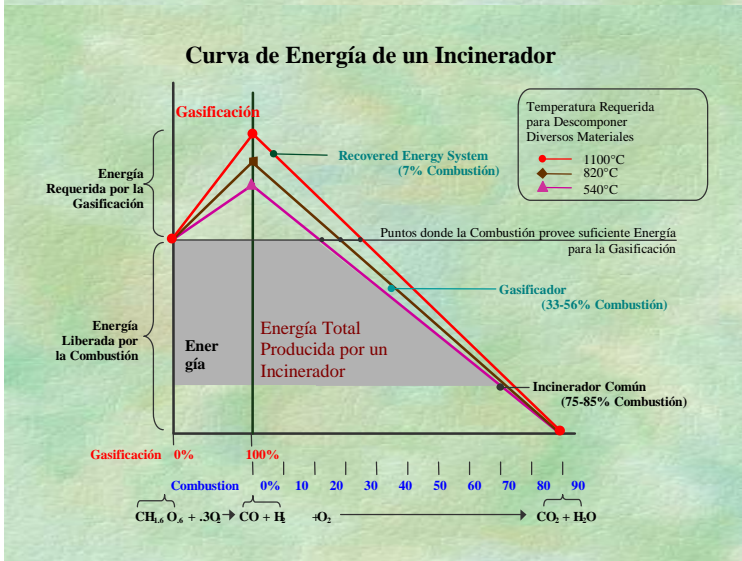
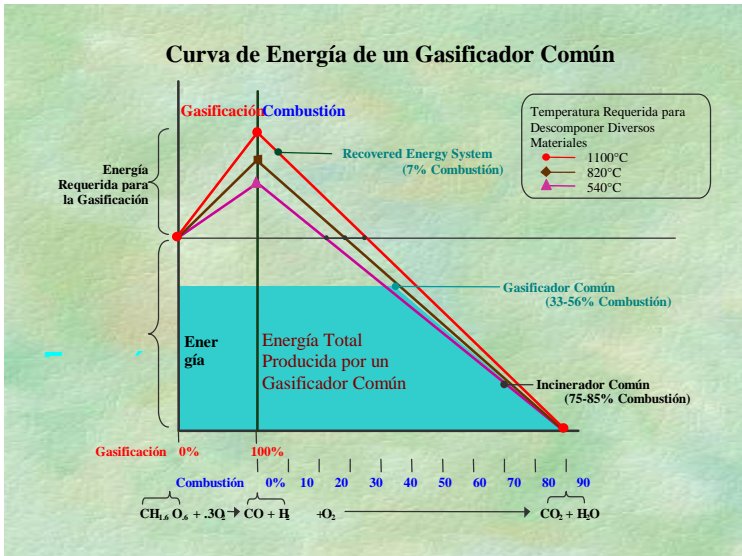
La combustión requiere tres elementos esenciales – material combustible, una fuente de ignición y oxígeno. La combustión no puede ocurrir sino hasta que la materia es descompuesta y luego gasificada. Piense en un fuego de campamento. Para encender el fuego, Usted debe usar un cerillo o alguna otra forma de fuente de calor. El cerillo gasifica una porción de la madera o papel y a continuación el gas entra en combustión (se ignita) y se quema. El calor necesario para gasificar es menor que el gas generado por la combustión. Por lo tanto, una vez comenzado el fuego, el mismo genera suficiente calor como para gasificar y encender el resto de la madera y liberar energía en forma de calor. Sin oxígeno, la combustión no puede ocurrir. La gasificación es, por lo tanto, un precursor de la combustión.

En un mundo ideal, asumiendo una gasificación pura, el carbón se combina con una cantidad limitada de oxígeno en presencia de calor para formar monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂). El oxígeno requerido para la gasificación es menos del 30% del oxígeno requerido para la combustión. Una vez que la gasificación ha comenzado, se agrega tres veces más oxígeno para causar la combustión. El resultado es dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O). El objetivo del proceso de gasificación es convertir el carbono y el hidrógeno contenido en los desechos en un gas combustible compuesto por CO y H₂ y no la quema de los desechos. El gas combustible todavía contiene la mayoría de la energía química y calórica del deshecho. Una vez limpiado, el gas combustible tiene una variedad de usos. La única forma de lograr gasificación pura es por medio de una fuente de calor externa.

En la práctica no existe un proceso que pueda lograr gasificación pura; sin embargo, el proceso de gasificación por plasma Recovered Energy System™ se acerca a ese ideal más que ninguna otra tecnología. El sistema Recovered Energy System™ utiliza un soplete de plasma patentado que provee la energía necesaria para la gasificación. El diseño del equipamiento, combinado con un sistema de control propio permite al proceso controlar la reacción de manera de tener muy poca combustión. El soplete de plasma calienta el aire a temperaturas internas (dentro del soplete) de hasta 14.000°C y temperaturas externas (punto de contacto con el material) de hasta 4.500°C. El sistema Recovered Energy System™ produce un gas combustible limpio que tiene una variedad de usos.

Los gasificadores comunes utilizan combustión parcial para generar el calor requerido por la gasificación. La combustión parcial causa la formación de alquitranes y dioxinas en el gas combustible y da como resultado la pérdida de una cantidad substancial de energía. Las temperaturas que se logran en el proceso son muy inferiores a las producidas por el sistema Recovered Energy System™ y el control de la reacción es más pobre. Los gasificadores comunes producen un gas combustible inferior que contiene un alto porcentaje de CO₂ y otros contaminantes. La mayoría de los gasificadores no han sido exitosos en limpiar el gas y por lo tanto queman inmediatamente el gas para producir vapor, útil únicamente para alimentar una turbina a vapor.

El objetivo de un incinerador es lograr combustión completa. El calor generado por la combustión solo puede utilizarse para hacer vapor o ser conducido a una turbina a vapor. En el mundo real, los incineradores están lejos de lograr una combustión completa. También producen alquitranes y dioxinas y pierden una cantidad substancial de energía química y calórica. El grado de combustión que ocurre en cualquier proceso se mide como la cantidad de carbono que es convertido en CO₂. Los gasificadores comunes convierten un 33-56% del carbón en CO₂ (basado en un estudio de 15 procesos de gasificación). Los incineradores convierten un 75-80% del carbón en CO₂. El sistema Recovered Energy System™ convierte menos del 7% del carbón en CO₂ — lo suficiente para asegurar una gasificación completa. Con el sistema Recovered Energy System™ parte de la energía producida es utilizada para operar el soplete a plasma. La energía utilizada para



generar la electricidad para el soplete equivale a menos del 8% del carbón, llevando el carbón neto convertido en CO_2 en el sistema Recovered Energy System™ a 15% - menos de la mitad del carbón utilizado por gasificadores comunes.

Energía Producida:

La energía total producida por la gasificación por plasma, gasificación común e incineración están representadas por el área debajo de cada curva. Los gráficos a la izquierda muestran la energía producida por cada proceso.

La curva del gasificador común muestra la energía química resultante asumiendo combustión perfecta, que no es posible. Es posible, para un gasificador común, recuperar parte de la energía generada por combustión mediante la conversión a vapor del calor sensible de la descarga del reactor. Sin embargo la mayoría de los gasificadores no recuperan esta energía.

La curva para los incineradores muestra la energía generada por combustión. Los incineradores nunca pueden recuperar la energía contenida en la materia que no ha sido quemada.

La curva para el sistema Recovered Energy System™ tiene en cuenta el carbón convertido en electricidad que se requiere para el soplete de plasma. La pequeña cantidad de energía que proviene de la combustión es recuperada parcialmente al convertir en vapor el calor sensible de la descarga del reactor. El sistema Recovered Energy System™ recupera la mayor parte del calor sensible en el gas combustible. Nuestro proceso produce más energía porque (a) está en una curva más alta, (b) recupera la mayor parte del calor sensible, (c) perdemos muy poco en combustión, y (d) podemos utilizar un sistema de turbina de gas más eficiente.

El resumen es el siguiente:

Electricidad neta generada por tonelada de dehechos:
Por el recovered energy system™ >1 mwh
por gasificadores e incineradores .4 to .6 MWh

Formación de Alquitranes, Carbonilla y Gases Hidrocarburos:

Antes que la gasificación o la combustión (incineración) puedan ocurrir, la materia orgánica debe descomponerse. La descomposición de la materia produce alquitranes (que se definen como hidrocarburos que condensarán – incluyendo furanos, fenoles, etc.), carbonilla (carbono residual no incinerado), gases hidrocarburos (como metano, etano, etc.) y dioxinas.

Alquitranes:

Los alquitranes están formados por una variedad de moléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno o nitrógeno. Los alquitranes se forman a varias temperaturas empezando en 230°C y hasta 980°C. Los alquitranes pueden clasificarse como primarios o secundarios. Los alquitranes primarios comienzan a formarse a aproximadamente 230°C y han sido descompuestos o destruidos para cuando la temperatura llega a 950°C. Los alquitranes secundarios comienzan a formarse a aproximadamente 480°C y han sido descompuestos o destruidos para cuando la temperatura llega a 980°C.

En un gasificador común o un incinerador parte de los alquitranes permanecen en el caudal de gas y contaminan el gas combustible. Esos alquitranes se adhieren a las paredes de los equipos, bloqueándolos y son difíciles de eliminar del caudal de gas. Parte de los alquitranes se adhieren a la ceniza y la carbonilla, contaminándolos y volviéndolos tóxicos.

Debido a las altas temperaturas, el sistema Recovered Energy System™ inhibe la formación de alquitranes y descompone completamente cualquier alquitrán que pueda formarse. No hay alquitrán remanente en el gas combustible o en el vidrio fundido al usar el sistema Recovered Energy System™.

Lo que sigue es una lista de los alquitranes primarios y secundarios típicos que se formarán por diversos desperdicios:

Alquitranes Primarios:

Acidos: Fórmico (CH_2O_2), Acético ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$), Propanoico ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$), Glicólico ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$), Butanoico ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$), Pentanoico ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$), Hexanoico ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$), Benzoico ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$) y Heptanoico ($\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$)

Azúcares: D-Xilosa ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$), Levoglucosan ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$), alpha-D-Glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_5$), Fructosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5$) y Cellobiosan ($\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_6$).

Alcoholes: Metanol (CH_4O) y Etanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$).

Quetonas: 2-Butenona ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}$), Ciclopentanona ($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}$), Ciclohexanona ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}$), Dimetilciclopentanona ($\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}$) y Trimetilciclopentenona ($\text{C}_8\text{H}_{14}\text{O}$).

Aldehídos: Formaldehído (CH_2O), Acetaldehído ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$) y Acrolein ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$).

Fenoles: Fenol ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$), Cresol ($\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$), Xilenol ($\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}$) y 2-Etilfenol ($\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}$).

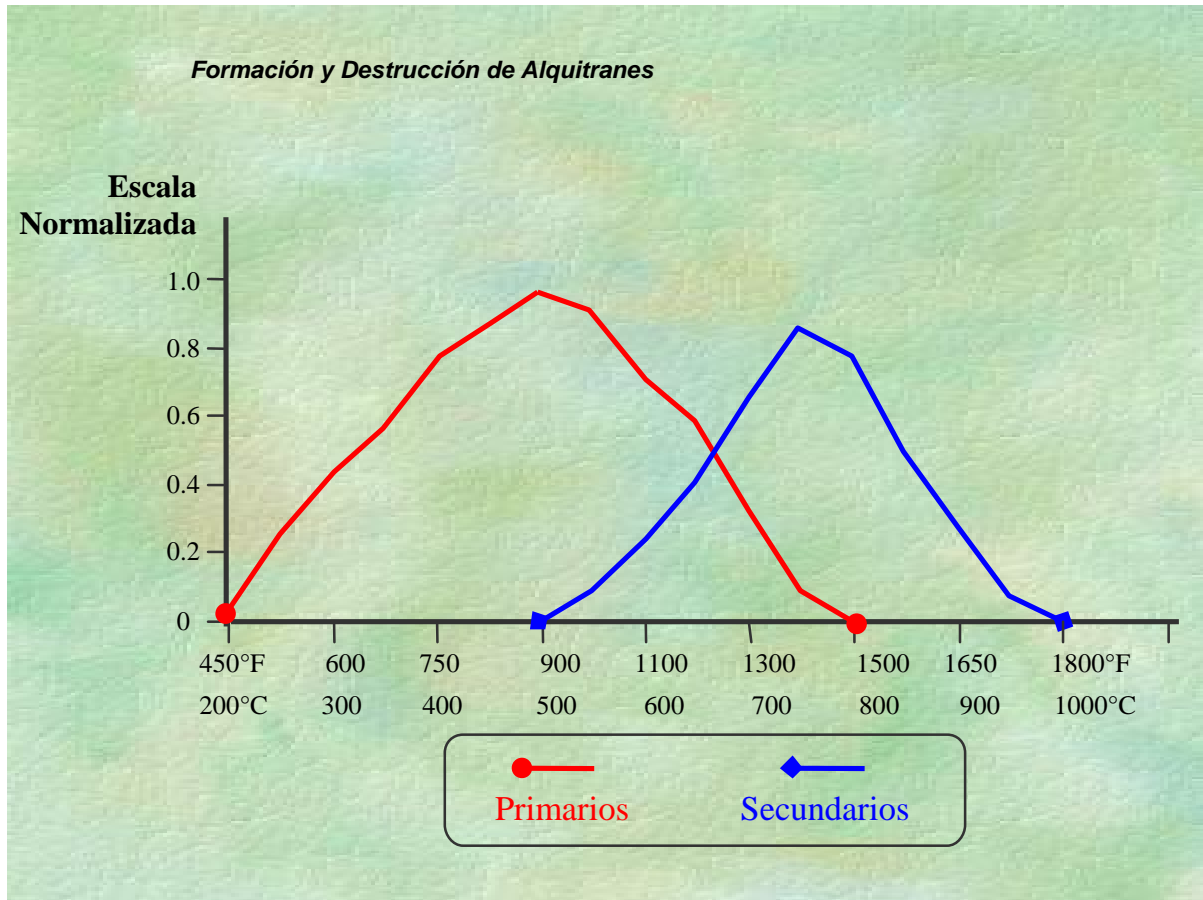
Furanos: Furfuran ($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}$), 2-Metilfuran ($\text{C}_5\text{H}_6\text{O}$), Furanona ($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_2$), Furfural ($\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$), Alcohol Furfural ($\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_2$) y 5-Metilfurfural ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$)

Mixed Oxygenates: Glioxal ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2$), Hidroxietanal ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$), Acetol ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$), Metanolacetaldehído ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$), 1,2-Dihidroxibenceno ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$), Resorcinol ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$) e Hidroquinona ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$).

Alquitranes Secundarios:

1H-Pyrrole ($\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$), Piridina ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$), Metilpiridina ($\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$), Fenol ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$), Benzaldehído ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$), Dimetilpiridina ($\text{C}_7\text{H}_9\text{N}$), Cresol ($\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$), Dihidroxibenceno ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$), Benzofuran ($\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_{2.3}$), Vinilfenol ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$), Trimetilpiridina ($\text{C}_8\text{H}_{11}\text{N}$),

Dimetilfenol (C₈H₁₀O), Dihidroxitolueno (C₇H₈O₂), Quinolina (C₉H₇N), Metilbenzofuran (C₉H₈O), Propenilfenol (C₉H₁₀O), Dimetiletilpiridina (C₉H₁₃N), Propixibenceno (C₉H₁₂O), Metiletilfenol (C₉H₁₂O), Quinaldina (C₁₀H₇N), Dimetilbenzofuran (C₁₂H₁₀O), Creosole (C₈H₁₀O₂), Dimetiletilfenol (C₁₀H₁₄O), Dibenzofuran (C₁₂H₈O), Naftofuran (C₁₂H₈O), Benzoquinolina (C₁₃H₉N), Fenilbenzaldehído (C₁₃H₁₀O),



El gráfico inferior muestra los rangos de temperatura para la formación y destrucción de alquitrán.

Carbonilla:

La carbonilla es carbón que no ha sido convertido a CO. En el proceso de un gasificador común o incinerador los alquitrán se condensan y se adhieren a la carbonilla. La carbonilla contaminada pasa a formar parte de la ceniza del fondo y convierte a toda la ceniza en tóxica. Para convertir completamente la carbonilla en CO la temperatura debe alcanzar los 1100°C. Sin una fuente externa de calor, ni los gasificadores no los incineradores pueden alcanzar la temperatura necesaria para destruir la carbonilla. Los gasificadores normales producen un alto nivel de carbonilla. Los incineradores modernos han reducido en forma significativa la cantidad de carbonilla residual pero aún producen algo. Toda la carbonilla que queda representa carbón desperdiciado. El sistema Recovered Energy System™ no produce carbonilla residual.

Gases Hidrocarburos:

Los gases hidrocarburos están compuestos por diversas moléculas basadas en carbono e hidrógeno. Dichos gases pueden incluir metano (CH₄), acetileno (C₂H₂), benceno (C₆H₆), tolueno

(C₇H₈), estireno (C₈H₈), Fluorene (C₁₃H₁₀) y otras moléculas compuestas por carbono e hidrógeno. Dichos gases son muy energéticos y serán convertidos limpiamente en electricidad por la turbina a gas. Los gases hidrocarburos pueden formarse a temperaturas más altas que el rango de operación normal de la mayoría de los gasificadores o incineradores. La formación de dichos gases es también función de cómo se controle el proceso. La mayoría de los gasificadores comunes y los incineradores ejercen poco control sobre sus reacciones porque están limitados por una curva específica. Sin embargo, con nuestros sopletes a plasma la reacción puede ser controlada para maximizar la producción de gases hidrocarburos de alto valor. El sistema Recovered Energy System™ produce C₂H₄, agregando hasta 10% a la producción de electricidad.

Dioxinas:

El nombre químicamente impreciso pero comúnmente aceptado para las dioxinas, es 2,3,7,8-tetraclorodibence-p-dioxina (TCDD, de sus iniciales en inglés). TCDD es uno de los más de 70 miembros de la familia de dioxinas cloradas. Las dioxinas se forman cuando los plásticos, solventes clorados y otros químicos clorados son incinerados. Las dioxinas se destruyen a temperaturas por encima de los 980°C. Los gasificadores comunes y los incineradores forman dioxinas en su rango de temperaturas de operación y no generan temperaturas lo suficientemente altas como para destruir las dioxinas. El sistema Recovered Energy System™ descompone la materia a temperaturas muy altas, bloquea la formación de dioxinas y posee temperatura lo suficientemente alta como para destruir completamente las pocas dioxinas que puedan estar presentes de antemano o que puedan formarse en el proceso.

Conclusión:

La Gasificación por Plasma es el UNICO proceso que:

- 1. Descompone todos los alquitranes**
- 2. No deja carbonilla residual**
- 3. No produce cenizas tóxicas**
- 4. Genera suficiente energía externa para gasificar todo tipo de desperdicio**
- 5. Minimiza la pérdida de energía química**
- 6. Utiliza todas las fuentes de energía**
- 7. No deja dioxinas**

El sistema Recovered Energy System™ es el UNICO sistema de gasificación por plasma que ha combinado tecnologías probadas para manejar desperdicios de todo tipo a gran escala en forma económica. Si Ud. desea una solución COMPLETA para su problema de desechos, el sistema Recovered Energy System™ no es solamente la mejor respuesta – es la UNICA respuesta.