

**Nombre del Informe:** MÍNIMO DE DIOXINA CON UNA RECUPERACIÓN MÁXIMA DE RECURSOS

**Autores.-** Patrick F. Mahoney  
Gary G. Pierce  
Gordon L. Sutin

**Presentado** A: Dioxina 97  
Indiana University Conferences  
I City Center  
Bloomington, IN 47404  
(812) 855-6449

**Fecha de Presentación:** Junio 2, 1997

## **MÍNIMO DE DIOXINA CON UNA RECUPERACIÓN MÁXIMA DE RECURSOS**

Patrick Mahoney, Gary G. Pierce, y Gordon L. Sutin, Energy Answers Corporation, 79 North Pearl Street, Albany, NY 12207 USA

La tecnología de Combustible de Basura Procesada creada por Energy Answers Corporation (EAC) para aumentar la recuperación de materiales comercializables y energía de desechos sólidos municipales (MSW), en combinación con tecnología moderna para el control de emisiones, demuestra que las emisiones de dioxina\* de las cámaras de combustión municipales (MWC) pueden ser efectivamente controladas hasta niveles extremadamente bajos. La combinación de estas tecnologías fue incorporada en la Unidad No. 3 de 804 toneladas por día, en la Southeastern Massachusetts Resource Recovery Facility (SEMASS) en Rochester, Massachusetts. Los datos de pruebas de funcionamiento para esta unidad de cámaras de combustión municipales muestran niveles de emisión, para ciertos contaminantes incluyendo las dioxinas, mucho más bajos que los estrictos estándares americanos, de la Comunidad Europea (EC) y alemanes para las nuevas cámaras municipales de combustión. Se pueden alcanzar estos niveles bajos de emisiones sin comprometer la máxima recuperación de materiales y energía del caudal de basura, según ha sido evidenciado por la presentación del Corporate Award de 1996 de la Ecological Society of America a SEMASS por Reciclaje de Recursos, reconociendo su “record de una reducción remarcable del flujo de basuras combinado con una preocupación por el medio ambiente, realizado con rentabilidad y en una gran escala regional,”

### **Introducción**

En los Estados Unidos y en muchas áreas del mundo, existe una demanda de opciones para el manejo de las MSW de una manera acertada económica y medio ambiental. Los programas para reducir, reciclar y para convertir en abono compuesto son los primeros pasos importantes en el manejo de las MSW. Sin embargo, estos programas son acreditados con solo el 22% de la reducción del caudal de basura (1) en los Estados Unidos, el resto de la mayor parte de los desechos se los elimina en rellenos sanitarios y el resto se lo maneja en instalaciones de MWC donde los materiales y la energía son recuperados. En muchas

áreas, las restricciones en el uso de las tierras, los rasgos geográficos y la preocupación por la calidad del aire y del agua imposibilitan la creación de nuevos rellenos sanitarios.

Desde el descubrimiento de la dioxina por investigadores en Holanda, Canadá, Japón y Suiza, en las cenizas descargadas de las MWC a principios de los años 80, la combustión del MSW para recobrar energía y reducir el volumen del caudal de basura que se tiene que eliminar ha sido una opción de manejo de desechos de alto perfil y controversia que van aumentando. El descubrimiento ha resultado en un examen de cerca de los efectos potenciales en la salud humana y ecológicos de las emisiones de dioxinas de las instalaciones de MWC. Se ha conducido una investigación extensa sobre los medios en que la dioxina se forma, y es emitida de las unidades MWC. La Agencia de Protección Medio Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) ha estudiado las emisiones de las MWC y ha adoptado estándares aún más estrictos para las MWC nuevas y ya existentes en 1991 como también en 1995. En similar forma, estándares y directrices para MWC han sido o están siendo establecidas en Europa y Japón. A pesar de que la preocupación pública y las reglamentaciones más estrictas han contribuido a la creación de diseños de equipos más eficientes y métodos de operación que han tenido como resultado unos niveles mucho más bajos de emisiones, algunas veces la oposición irracional pública continua y hace el emplazamiento de nuevas instalaciones de MWC extremadamente difícil. A tiempo que los rellenos sanitarios están llegando a su capacidad y los riesgos relativamente no explorados en tiempos pasados e impuestos por los rellenos de tierra son cuantificados y publicados a un grado más elevado, el emplazamiento de nuevos rellenos sanitarios seguramente enfrentará una oposición similar a la experimentada por las MWC.

\* *El término dioxina se utiliza en este informe para referirse al dibenzo-p-dioxina policlorinada y furanos.*

La EAC, formada en 1981 para crear y construir sistemas de recuperación, ha descubierto una tecnología para el manejo de MSW, que incrementa la recuperación de materiales y energía de MSW y también, al mismo tiempo, minimiza las emisiones al aire a niveles extremadamente bajos. Consistente con su filosofía de tratar a los desechos como un recurso y su meta de obtener “cero eliminación”. La tecnología de EAC provee una fuente confiable de materiales reciclados para la manufactura, como un sustituto para combustibles de fósiles de combustión para poder satisfacer la demanda de energía, y produce una alternativa para agregados explotados de cantera y materiales tradicionales de construcción. Las emisiones al aire, más notablemente las emisiones de dioxinas, se minimizan efectivamente por- 1) Clasificación del caudal de basura para remover los materiales no deseados; 2) la trituración de los desechos y la remoción de metales ferrosos por medio de un imán para crear Combustible de Basura Procesada (PRF); 3) el soplo del PRF dentro de calderos de quema esparcida de manera que una porción significativa se quema más eficientemente en suspensión; 4) aplicando buenas prácticas de combustión (GCP) según están definidas por la USEPA; 5) rápidamente enfriando el gas de combustión aguas abajo del vapor generando etapas del caldero; y 6) equipando el caldero con filtros de lona secantes y absorbentes (SDA/FF) tecnología de control de polución del aire. Los datos anuales de pruebas de comportamiento para la unidad No.3 en SEMASS la cual incorpora estos diseños y características de operación muestran niveles de emisión de, y para algunos contaminantes muchos más bajos, los estándares estrictos de los Estados Unidos, la

Comunidad Europea y Alemania para las nuevas MWC. Los niveles de dioxinas en particular son extremadamente bajos y en algunos casos bajo el nivel de detección.

### **Clasificación de Deshechos y Procesamiento**

En SEMASS, el MSW se entrega en un área de recibo de basura donde se inspecciona tanto visualmente y con unos detectores a combustible de gas y detectores de radiación buscando la presencia de deshechos inaceptables (i.e. contenedores de materiales peligrosos como solventes, aceite, pesticidas y venenos, y materiales que no son apropiados para la trituración como ser alfombras, sogas, línea blanca (refrigeradores, lavadoras, etc.) y pedazos grandes de madera). Los objetos inaceptables y sacados del caudal de basura se almacenan en un área segregada del área de recibo de basura para su transporte a instalaciones de proceso o recuperación más apropiados. Aproximadamente 1.6 por ciento del peso del caudal de basura aceptado es removido antes del proceso. Los contenedores plásticos no son removidos de los deshechos mezclados recibidos en SEMASS, pero son procesados y se convierten en parte del PRF. Del área de recepción de basura, la MSW se empuja hacia transportadores, los cuales alimentan a los trituradores. Los deshechos son triturados a (6) pulgadas o menos en tamaño, y luego pasan por debajo de un cinturón suspendido separador magnético. Aproximadamente el 40% al 50% del material ferroso en el caudal de basura es removido en este punto para su venta a mercados. El resto del material triturado, ahora PRF, es un material relativamente uniforme el cual, en SEMASS, como un resultado de la remoción de metal y evaporación de la humedad durante el proceso, tiene un valor promedio más alto de calentamiento (HHV) de hasta 3,000 kcal/kg en comparación con la MSW no procesada con un promedio HHV que varían de 2,400 a 2,800 kcal/kg.

A pesar de la clasificación inicial del caudal de basura, es probable que el PRF aún contenga compuestos orgánicos, incluyendo dioxina, pero estos compuestos son destruidos por la temperatura alta (1,260°C) obtenida en la zona de encendido a suspensión del horno. De más significado, la trituración y el procesamiento producen un valor calorífico de basura más consistente y contenido de humedad, ayudando a evitar cambios en los requerimientos de aire en la combustión y repuntes de materia altamente volátil lo cual puede reducir los requerimientos de oxígeno locales.

Dichos cambios rápidos están generalmente acompañados por concentraciones elevadas de monóxido orgánico y de carbón (CO) (2). Estas digresiones, que son frecuentes en sistemas de quema en masa, son casi completamente eliminadas con la quema en suspensión de PRF.

### **Encendido en Suspensión de PRF y Buenas Prácticas de Combustión**

Cada unidad de MWC en SEMASS está diseñada para producir vapor y generar electricidad de la combustión de 804 toneladas por día de PRF teniendo un HHV de 2,770 kcal/kg. El PRF se sopla dentro de un horno con cubierta interior de tubos de agua de la unidad MWC por medio de un caudal de aire de distribución a un punto aproximadamente de 2 metros sobre una rejilla en movimiento. Los materiales más livianos flotan en medio aire mientras que las porciones más pesadas del combustible, incluyendo los incombustibles, caen a la parte de atrás de la rejilla donde hay una exposición de más o

menos una (1) hora. La rejilla se mueve desde la parte de atrás hacia la parte de adelante del horno a una velocidad ajustada para permitir una quema completa de cualquier material incombustible y un fondo de cenizas de una profundidad de 15 cm a 20 cm.

Los hornos de las unidades MWC en SENASS están diseñados y operados de tal manera que aquellos elementos de GCP, creados por la USEPA para mejorar la destrucción de orgánicos en el horno, sean aplicados, y de esta forma reducir el potencial de la formación de dioxinas caudal abajo. Además del aire de distribución utilizado para soplar el PRF dentro del horno, aire por debajo del fuego es forzado a través de la rejilla desde un sistema de ventilación forzada y aire por encima del fuego es inyectado a través de tres (3) bancos de boquillas, dos (2) a lo largo de la parte de atrás del horno y uno (1) a lo largo de la parte delantera, suministrando una turbulencia para mejorar la mezcla de los gases de combustión. La altura del horno es de aproximadamente 27.4 metros, lo que permite la permanencia del gas de combustión por un tiempo adecuado a altas temperaturas. El gas de combustión se mantiene sobre 980°C por un período de tiempo considerablemente más largo que un (1) segundo después de la inyección de aire sobre fuego. La concentración de CO en el gas de combustión típicamente está dentro de los límites entre 45 mg/Nm<sup>3</sup> a 63 mg/Nm<sup>3</sup> a 11% O<sub>2</sub>, bastante más bajo que el nivel del GCP de 134 mg/NM<sup>3</sup> al 11% O<sub>2</sub>, para este tipo de unidad MWC. La carga de vapor, temperatura del horno, y las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO en el gas de combustión están controlados continuamente y controlados para verificar la destrucción de orgánicos en el horno.

El encendido a suspensión de PPF ofrece varias ventajas en comparación a sistemas convencionales de alimentación forzada en masa. Estas ventajas incluyen: 1) el combustible es quemado utilizando exceso de aire significativamente más bajo, por lo tanto aumentando la eficiencia térmica; 2) el área de la parrilla es reducida por 2/3, por lo tanto reduciendo el área de presión del horno por sobre 60%; y 3) las temperaturas de la parrilla se mantienen por debajo del punto de fusión del vidrio y la mayoría de los metales, por lo tanto evitando la aglomeración y produciendo unas cenizas del fondo más puras y granulares de las cuales materiales adicionales (metales ferrosos y no ferrosos) pueden ser recuperados y de los cuales un sustituto para agregados naturales puede ser producido. En términos de control de dioxina, el encendido a suspensión tiene como resultado el aumento en las cantidades de materia particulada. (PM) sacada del horno, incluyendo algunas partículas de carbón. A pesar de que los niveles más altos de PM son considerados por algunos como contribuyentes a la formación de dioxina, esta aparente desventaja es más que compensada por el rápido enfriamiento del gas de combustión flujo abajo del caldero y el contenido de carbón no quemado de la PM el cual está disponible para absorber la dioxina y el mercurio de la fase de vapor a temperaturas más bajas de gas de combustión en el sistema de control de polución.

### **Enfriamiento Rápido de Gas de Combustión**

A pesar de los grandes esfuerzos para disminuir los orgánicos que salen del horno de una unidad MWC, se ha descubierto que la dioxina puede formarse dentro de los márgenes de temperatura que ocurren caudal debajo de la cámara de combustión. La teoría actual favorece la formación por las reacciones de novo síntesis en las superficies de las partículas de cenizas en suspensión. Esta teoría implica la formación de fenol clorinado de los anillos

de bencina y átomos de cloro que se encuentran presentes en el gas de combustión. Estos precursores compuestos son teóricamente absorbidos en la superficie de las partículas de las cenizas en suspensión y luego se oxidan y además cloradas para formar la dioxina. La dioxina entonces, en teoría, se parte en vapor y fracciones particuladas, con la fase de vapor dominando a temperaturas bajas del gas de combustión (3).

Se cree que la cantidad total formada es proporcional a la cantidad de ceniza en suspensión y el tiempo que las partículas de ceniza en suspensión residen en temperaturas que varían entre 150°C y 450°C. Se observan tasas máximas de formación a aproximadamente 300°C (4). Por lo tanto el enfriamiento rápido del gas de combustión a través de esta variación de temperatura es un factor crítico para la reducción de las emisiones de dioxinas de una unidad MWC.

En SEMASS, el enfriamiento rápido del gas de combustión a través de la variación de temperatura en la que se forma la dioxina, se obtiene por medio de una combinación de equipos de recuperación de calor y un SDA. El gas de combustión sale del sistema principal de recuperación de calor a una temperatura de aproximadamente 425°C y atraviesa un economizador y aire pre-calentado lo que reduce su temperatura a aproximadamente 200°C. Entonces el gas de combustión entra el SDA donde se introduce lodo de cal con el propósito de controlar los gases ácidos (principalmente hidrógeno clorado y ácido sulfuroso). Además de reducir las emisiones de gases ácidos, el SDA rápidamente baja la temperatura del gas de combustión a más o menos 135°C, por debajo del punto más bajo del margen de temperatura donde se forma la dioxina.

### **Tecnología de Desecador y Absorbedor de Rocío/Control con Filtros de Lona**

El último elemento que contribuye a las emisiones extremadamente bajas de dioxinas de la Unidad No. 3 en SEMASS es el uso de la tecnología SDA/FF. La importancia del SDA en el rápido enfriamiento del gas de combustible se discute más arriba. A pesar de algo de dioxina se captura en la partícula residual del SDA, una porción de la dioxina se encuentra en la fase del vapor y, por lo tanto, el gas de combustión que sale el SDA debe pasar por una remoción de partículas y contaminantes orgánicos de la fase de vapor. Para la Unidad No. 3 en SEMASS, estos últimos pasos del proceso de control se obtienen con FF. El residuo poroso que se acumula en la superficie de los filtros de lona no solo remueve las partículas muy pequeñas (aspirables), sino que también retarda el flujo de gas y provee una superficie de área tremenda a la cual el gas es expuesto. Estas propiedades de los FF presentan una oportunidad para que la dioxina de la fase de vapor sea absorbida del flujo del gas hacia el residuo poroso del filtro. Esto es particularmente cierto en la unidades de MWC con encendido en suspensión como la Unidad No. 3 donde el contenido de carbón del PM recolectado en el FF tiene un promedio de 2.7%. Simultáneamente pruebas conducidas a la entrada del SDA y la salida del FF de la Unidad No.3 han demostrado una eficiencia de 99.84% en el control de dioxinas.

### **Resultados de Emisiones**

La Unidad No. 3 de SEMASS fue licenciada y equipada para satisfacer los estándares Subpart EA. (40 CFR Parte 60, Subpart EA.) los cuales fueron adoptados por la USEAP en

1991. Sin embargo, los datos de pruebas anuales de operación para esta unidad MWC de encendido PRF demuestran niveles de emisión a los niveles actuales mas estrictos de los Estados Unidos (adoptados en 1995), Comunidad Europea y estándares alemanes para nuevas instalaciones. Además, para algunos contaminantes que incluyen las dioxinas, los niveles de emisión son significativamente más bajos que estos estándares para instalaciones nuevas.

Los resúmenes de la Directiva de la EC, los estándares alemanes (17. BImSch V) y los estándares de la USEPA 1995 Subpart EB Tecnología de Máximo Control Obtenible (MACT) (40 CFR Parte 60, Subparte EB) para nuevas, grandes MWC (convertidas a unidades de la EC y los estándares alemanes) aparecen en la **Tabla 1**, con los datos de límites de permisos y emisiones de operación de la Unidad No. 3 en SEMASS para 1996. Todos los estándares de emisión, límites de permisos, y resultados de las pruebas en la **Tabla I** están corregidos a 11% O<sub>2</sub>, en bases secas, y condiciones estándares, (0°C y 1 ATM). Debe hacerse notar que existen diferencias entre los estándares de los Estados Unidos y los estándares europeos en referencia a la flexibilidad reglamentaria para demostrar cumplimiento, como también en los métodos utilizados para medir las emisiones. Existen también diferencias en la composición de los desechos entre Europa y los Estados Unidos.

**TABLA 1 – Resultados de Pruebas Estándares MWC y SEMASS**

<b>EMISIONES REGULADAS</b>	<b>ESTÁNDARES USEPA MACT</b>	<b>DIRECTIVA EC</b>	<b>ESTÁNDARES ALEMANES</b>	<b>SEMASS CALDERO No.3 LÍMITES</b>	<b>RESULTADOS 1996 CALDERO SEMASS PERMISO No. 3</b>
<b>Partícula mg/Nm<sup>3</sup></b>	17	39	10	26	0.350
<b>Acido Sulfuroso mg/Nm<sup>3</sup></b>	61 80%	390	50 no estándar	61 80%	19.0 Análisis no requerido
<b>Hidrógeno Clorado Mg/Nm<sup>3</sup> % remoción</b>	29 95%	65	10 no estándar	29 95%	4.2 99.5%
<b>Oxidos de Nitrógeno</b>	220	No estándar	200	264	175
<b>Monóxido de Carbón Mg/Nm<sup>3</sup></b>	134	130	50	134	57
<b>Cadmio mg/Nm<sup>3</sup></b>	15.3	Cd+Hg[=200	Cd + Ti[=50	no estándar	<0.084
<b>Plomo mg/Nm<sup>3</sup></b>	153	Pb,Cu,Cr,Cn [=500	Sb,As,Pb,Co,Cr,Cu Mn,V,Sn,Ni[=500	454	4.87
<b>Mercurio mg/Ng<sup>3</sup> % remoción</b>	61 85%	C.d. Hg[=200	50 no estándar	309 no estándar	2.80 Análisis no requerido

## GLOSARIO

ABSTRACT	RESUMEN
BATCH FED	ALIMENTACIÓN INTERMITENTE
BINDING	CONSOLIDACIÓN
BLANKET DEPOSITS	DEPÓSITOS GENERALIZADOS
BREACH	VIOLACIÓN
COLLAPSIBLE	DESMONTABLE
COMBUSTOR	CÁMARA DE COMBUSTIÓN
COMPOST	ABONO COMPUESTO
CONVEYOR	TRANSPORTADOR
DELETERIOUS	NOCIVOS
DEPLETION	AGOTAMIENTO, DISMINUCIÓN
DISTINCT	PRECISA
ELUSIVE	FUGAZ
FLUSH	FLUJO
FOOTHILLS	ESTRIBACIONES
FOOTPRINT	AREA DE PRESIÓN
FRONT END	INICIAL
GRATE	PARRILLA
HERETOFORE	EN TIEMPOS PASADOS
IMPLEMENTATION	APLICACIÓN
LIME SLURRY	LODO DE CAL
MARKETABLE	COMERCIALIZABLE
MELTING POINT	PUNTO DE FUSIÓN
NOZZLE	BOQUILLA
ORE	MINERAL
OUTCROP	CRESTÓN
PELLET	PELOTILLA
PLENUM	SISTEMA DE VENTILACIÓN FORZADA
PLANTAIN	PLÁTANO
PRECLUDE	IMPOSIBILITAR
REPLENISH	REPOSICIÓN
SCREENING	CLASIFICACIÓN
SHRED	TRITURAR
SINTERING	CONVERTIR EN AGLOMERADO METÁLICO
SITING	EMPLAZAMIENTO
SLAGGING	AGLOMERACIÓN
STEPWISE	PASO A PASO
SURGE	REPUNTE
UPGRADE	CUESTA ARRIBA
VIABILITY	FACTIBILIDAD, VIABILIDAD
WEIGHTED AVERAGE	PROMEDIO PONDERADO