



Usando Plasma no Térmico para Controlar Contaminantes del Aire

Usando Plasma no Térmico para Controlar Contaminantes del Aire

Preparado por
Clean Air Technology Center (CATC),
centro de tecnología del aire limpio
U.S. Environmental Protection Agency (EPA),
agencia de protección ambiental de EE.UU. (E143-03)
Research Triangle Park, North Carolina 27711

U.S. Environmental Protection Agency (EPA),
agencia de protección ambiental de EE.UU.
Office of Air Quality Planning and Standards, (OAQPS),
oficina de planeación y normas de calidad del aire
Information Transfer and Program Integration Division (ITPID),
división de transferencia de información e integración de programas
Information Transfer Group (ITG),
grupo de transferencia de información (E143-03)
Research Triangle Park, North Carolina 27711

LÍMITE DE RESPONSABILIDAD

Este reporte ha sido revisado y aprobado para su publicación por la *Information Transfer and Program Integration Division (ITPID)*, División de transferencia de información e integración de programas, de la *Office of Air Quality Planning and Standards (OAQPS)*, Oficina de planeación y estándares de la calidad del aire, de la *U.S. Environmental Protection Agency (EPA)*, Agencia de protección ambiental de EE.UU. La aprobación no significa que el contenido de este reporte refleje los puntos de vista y las políticas de la *U.S. EPA*. La mención de nombres o productos comerciales no intenta constituirse como ratificación o recomendación para el uso de los mismos. Las copias de este informe están disponibles en el *National Technical Information Service (NTIS)*, servicio nacional de información técnica, del *U.S. Department of Commerce*, departamento de comercio de EE.UU., 5285 Port Royal Road, Springfield, Virginia 22161, número de teléfono (800) 553-6847.

PRÓLOGO

El *Clean Air Technology Center (CATC)*, centro de tecnología del aire limpio sirve como fuente para todas las áreas tecnológicas de prevención y control de la contaminación del aire emergente y existente, y provee el acceso público a la información sobre su uso, eficacia y costo. Adicionalmente, el *CATC* proporcionará datos al soporte técnico, que abarca el acceso a la fuente de conocimientos de la *EPA*, de las agencias gubernamentales y de otras entidades, siempre que lo permitan los recursos, relacionadas con la viabilidad técnica y económica, la operación y mantenimiento de estas tecnologías.

Acceso al Público e Intercambio de Información

Página Principal de Internet en la *World Wide Web*
<http://www.epa.gov/ttn/catc>

Comunicaciones

Línea de Información del *CATC*: (919) 541-0800 (Inglés)
Línea de Información de *CATC/CICA*: (919) 541-1800 (Español)
Número sin Costo (800) 304-1115 (Español)
FAX: (919) 541-0242
Correo Electrónico catcmail@epa.gov

Fuentes de Información

- Centro de Distribución de Información *RACT/BACT/LAER*
Solicitud, visualización y descarga de información que seleccione en
 - Fuentes de Aplicaciones Tecnológicas Específicas
 - Requisitos Reguladores de la Contaminación del Aire

- PRODUCTOS DEL *CATC*

descarga de informes técnicos, información de costos y *software*

Programas y Centros Relacionados

- *CICA - U.S.-Mexico Border Information Center on Air Pollution*,
Centro de información sobre contaminación del aire para la frontera
entre EE.UU. y México
- *Small Business Assistance Program (SBAP)* – Programa de asistencia para
pequeñas empresas

RECONOCIMIENTOS

La realización de este boletín técnico ha sido posible gracias a la diligente y persistente intervención de Lindon Cox y Dexter Russell, empleados especializados en asuntos ambientales del CATC. Lindon y Dexter realizaron un magnífico trabajo para identificar fuentes de información, recopilar datos y lograr la realización de este boletín. El CATC expresa también su agradecimiento a los útiles y oportunos comentarios, así como a la aportación de los siguientes compañeros evaluadores:

Ravi Srivastava

Air Pollution Prevention Control Division (APPCD),

Divi La realización de este boletín técnico ha sido posible gracias a la diligente y persistente intervención de Lindon Cox y Dexter Russell, empleados especializados en asuntos ambientales del CATC. sión de control y previsión de la contaminación del aire

National Risk Management Research Laboratory (NRMRL),

Laboratorio nacional de investigación sobre control riesgos

Office of Research and Development (ORD),

Oficina de investigación y desarrollo

EPA, EE.UU.

William Maxwell

Emission Standards Division (ESD),

División de estándares de emisiones

Office of Air Quality Planning and Standards (OAQPS),

Oficina de planeación y normas de la calidad del aire

Office of Air and Radiation (OAR),

Oficina de aire y radiación

EPA, EE.UU.

Adicionalmente, el CATC agradece a las personas, empresas e instituciones que aportaron información sobre la utilización de la tecnología de plasma no térmico para preparar este boletín técnico. Los participantes se nombran en la sección REFERENCIAS de este boletín.

TABLA DE CONTENIDO

TÓPICO	Página
LÍMITE DE RESPONSABILIDAD	ii
PRÓLOGO	iii
RECONOCIMIENTOS	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
INTRODUCCIÓN	1
EL PROCESO	3
¿Qué es el Plasma no Térmico?	3
¿Cuál es el Avance en la Investigación y el Desarrollo del Plasma no Térmico? . . .	4
<i>Powerspan Corporation</i>	4
<i>BOC Gases</i>	6
COSTOS DEL PLASMA NO TÉRMICO	9
CONCLUSIONES	10
REFERENCIAS	11

FIGURAS

1. Reactor de Plasma no Térmico del Tipo <i>DBD</i>	3
2. Proceso Modificado de Powerspan	5
3. Proceso <i>LoTOx</i> de Ozono de <i>BOC</i>	6

TABLAS

1. <i>DRE</i> Típica en Plantas Piloto Modificadas	5
--	---

(Esta página se ha dejado en blanco intencionalmente)

Uso de Plasma no Térmico para Controlar Contaminantes del Aire

INTRODUCCIÓN

Este documento se refiere al tema de la utilización del plasma no térmico para eliminar los contaminantes de las emisiones. Probablemente es buena idea comenzar por definir lo que es el plasma no térmico. Tal como aprendimos en la escuela primaria, la materia existe en tres fases o estados: sólido, líquido y gaseoso (por ejemplo; el hielo, el líquido y el vapor son los tres estados del agua). Lo que la maestra Bromley no explicó es que existe un cuarto estado en el que puede existir la materia. A este estado se le llama plasma, y se produce cuando las moléculas son calentadas a temperaturas extremadamente altas. En temperaturas altas, los electrones en las moléculas se excitan y aumentan su velocidad al punto en que abandonan su órbita, apartándose de la influencia molecular. Tal como lo implica el nombre del plasma no térmico, el plasma se puede producir también a temperatura ambiente, si las moléculas son expuestas a un fuerte campo magnético. Abundaremos sobre esto más adelante.

El plasma no térmico existe desde hace mucho tiempo. Fue observado en un laboratorio hace más de ciento cincuenta años. Durante mucho tiempo tuvo fama por producir ozono a partir de aire y agua. Fue investigado a fondo, pero desde el punto de vista comercial, se le consideró meramente como una curiosidad de laboratorio. Parece ser que quien ha estudiado el proceso del plasma no térmico se ha sentido obligado a cambiar el nombre del proceso. Ha recibido nombres tales como descarga de barrera dieléctrica, corona de barrera dieléctrica, plasma de descarga silenciosa, corona de energía alta, plasma de haz electrónico, destrucción de corona, oxidación electro-catalítica, descarga capilar, y Dios sabe cuantos nombres más. Esta no es una lista exhaustiva.

Bien, considerando que la presencia del plasma no térmico ha sido prácticamente de siempre, y que casi todo mundo ha trabajado hasta el cansancio en él, ¿por qué de repente vuelve a resurgir el interés? Se han presentado un par de eventos que forzaron a los investigadores a reabrir los libros sobre el plasma no térmico. El primero fue una ficha técnica sobre el mercurio publicada por la *EPA* EE.UU. el 14 de diciembre de 2000. Además de las fuentes de identificación del mercurio y sus efectos sobre la salud, la ficha contenía este comunicado: “La *EPA* debe proponer reglamentaciones para controlar las emisiones de mercurio- y de cualquier otro tóxico del aire que la Agencia considere necesario – proveniente de plantas de energía a carbón y aceite, antes del 15 de diciembre del 2003”¹. Al momento en que la ficha técnica fue emitida, no existía un control consistente y fiable del mercurio. Sin embargo, se ha mostrado que el plasma no térmico convierte el mercurio primario en óxido de mercurio, que es un sólido y puede eliminarse mediante un filtro de tela o con un precipitador electrostático (*ESP*)².

El segundo evento se produjo cuando la *Partnership for a New Generation of Vehicles*, Asociación para la nueva generación de vehículos, *United States Department of Energy (U.S. DOE)*, departamento de energía de EE.UU.³ inició el proyecto de desarrollo de tecnologías para

construir un motor del tipo automotriz que pudiese alcanzar un rendimiento de combustible de 80 millas por galón. La buena noticia es que encontraron un motor que puede lograrlo. La mala noticia es que las emisiones provenientes de este motor no cumplen con los límites permitidos por las reglamentaciones vigentes. Ellos llamaron a este “nuevo” motor como el *CIDI*, por sus siglas en inglés: *Compression-Ignition, Direct-Injection Engine*, motor de compresión-ignición por inyección directa. En el medio no científico se le conoce como motor diesel. La Asociación apoya el uso de un reactor del tipo de plasma no térmico para limpiar las emisiones del *CIDI* y esto ha impulsado a diversos grupos para comenzar a investigar y desarrollar un dispositivo de control de plasma no térmico para automóviles. Aún cuando este es un trabajo relevante, incide en el campo de las fuentes motrices y no será analizado en este documento.

Otros campos de investigación sobre la posibilidad de uso del plasma no térmico son:

- Pasteurización de alimentos líquidos (jugos de fruta, agua embotellada, leche, etc.)⁴.
- Abatimiento de olores en operaciones con ganado⁵.
- Disposición final/conversión de acumulaciones de Halón (supresores eléctricos comerciales para incendios)⁶.
- Destrucción de 1,1,1-Triclorometano⁷.

Al igual que con las fuentes móviles de emisiones, la investigación arriba citada está más allá del alcance de este documento y no será discutida aquí.

EL PROCESO

¿Qué es el Plasma no Térmico?

Cada uno está familiarizado con la electricidad estática que se produce cuando tomamos una manija de puerta metálica después de haber caminado por una alfombra. En términos técnicos, la electricidad estática es la descarga de electricidad que ocurre cuando el potencial (o sea, el voltaje) excede el efecto de aislamiento del vacío de aire entre su dedo y la manija de la puerta. El plasma no térmico utiliza un reactor que produce un efecto similar. El reactor consiste de dos electrodos (un electrodo se encuentra en la forma de una tubería metálica y el otro electrodo es un alambre de metal que recorre el centro) separado por un espacio vacío que se encuentra forrado por un material dieléctrico relleno con cuentas de vidrio. A este tipo de reactor se le denomina *Dielectric Barrier Discharge (DBD)* descarga de barrera dieléctrica. Ver la Figura 1.

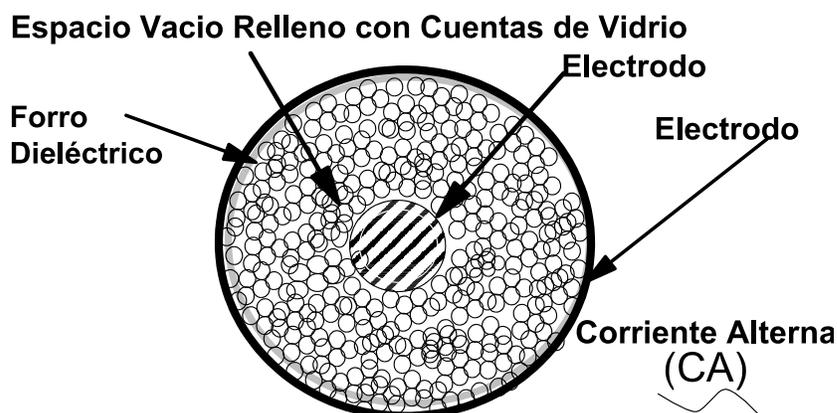


Figura 1. Reactor de Plasma no Térmico del Tipo DBD

Las emisiones fluyen dentro de la tubería. Ocurre un fenómeno cuando el voltaje que pasa por las cuentas sobrepasa el efecto de aislamiento de las mismas y se producen millones de micro descargas. La duración de estas descargas se mide en nanosegundos⁸. El ojo humano no percibe las descargas individuales, pero el efecto global produce un resplandor silencioso. Este efecto ocurrirá únicamente cuando la fuente de energía es corriente alterna (CA). La DBD no puede ser inducida con energía de corriente directa (CD) porque el acoplamiento capacitivo del material dieléctrico requiere de un campo de CA.

En este ambiente, además del disparo de electrones volando allí, los átomos son separados de sus moléculas para transformarse en radicales libres. Dado que los radicales libres son altamente reactivos, se recombinan rápidamente con otros átomos y/o moléculas para formar compuestos nuevos. Usando como ejemplo el oxígeno, el estado normal del mismo es una molécula que contiene dos átomos de oxígeno. Es por ello que su símbolo es O_2 . En un campo de DBD, las

moléculas de oxígeno se dividen en dos átomos de oxígeno, O^+ y O^+ . El radical elemental de oxígeno, que es muy reactivo, formará el ozono, O_3 , cuando el átomo radical de oxígeno reaccione con una molécula normal de oxígeno (O_2).

Los radicales de oxígeno también reaccionan con otros compuestos. Por ejemplo, los radicales de oxígeno reaccionan con monóxido de carbono (CO) para formar el bióxido de carbono (CO_2) o bióxido de azufre (SO_2) para formar trióxido de azufre (SO_3); y con óxido de nitrógeno (NO_x) para formar ácido nítrico (HNO_3) cuando hay presencia de humedad. El ozono reaccionará también con partículas (hollín) pequeñas (2,5 micrones) de carbono para formar el dióxido de carbono, así como también reacciona con mercurio elemental (Hg) para formar el óxido de mercurio (HgO). La oxidación del mercurio elemental, provoca que éste cambie su estado de vapor a sólido. El trióxido de azufre se hidroliza en ácido sulfúrico, cuando se le expone a la humedad. Dependiendo de las concentraciones de los compuestos de nitrógeno y sulfuro, este proceso es capaz de producir cantidades importantes de ácidos minerales.

¿Cuál es el Avance en la Investigación y el Desarrollo del Plasma no Térmico?

Como se ha mencionado, existe mucha actividad (e impulso publicitario) en torno a los procesos con plasma no térmico, pero ¿qué está sucediendo en realidad con esta tecnología? Mediante una búsqueda en Internet se encontró a dos compañías que han desarrollado procesos en el nivel comercial. La siguiente es una descripción breve de sus esfuerzos hasta el momento.

*Powerspan Corporation*⁹ ha sido uno de los líderes en el desarrollo de tecnología con plasma no térmico para el control de múltiples contaminantes en la emisiones producidas por el consumo de carbón en estaciones de energía. En 1998, *Powerspan* firmó un acuerdo con *FirstEnergy Corporation*¹⁰ para diseñar, construir y operar una planta piloto de \$2.8 millones con un reactor de plasma no térmico, además de un *wet electrostatic precipitator (WESP)*, precipitador electrostático húmedo, para capturar particulados y neutralizar ácidos en las emisiones. Ellos ubicaron la planta en las instalaciones de *R.E. Burger* de *FirstEnergy* en los alrededores de Shadyside, Ohio. Esta planta genera electricidad solamente mediante la quema de carbón. La planta piloto fue diseñada para tratar un flujo del uno por ciento, o de alrededor de 4,000 ft³/min¹¹. (En términos de centrales eléctricas, esto equivale a las emisiones de una instalación de 2 megavatios). Después de dos años de operaciones, la planta piloto arrojó ciertos resultados, pero fue incapaz de lograr la eficiencia deseada en la reducción de los niveles contaminantes. Además de esto, la presencia de ácidos en el *WESP* produjo corrosión importante y otros problemas de operación hasta el punto en el que el *WESP* se transformó en un elemento con altos requerimientos de mantenimiento.

Durante el mes de junio del 2001, *Powerspan* recibió una donación de dos millones de dólares del *Department of Energy*, Departamento de energía, para estudiar la capacidad de su planta piloto para eliminar emisiones de mercurio. Con este patrocinio adicional, se instaló un depurador de amoníaco en la línea de proceso, corriente arriba del *WESP*. Como resultado de esta modificación, fueron capaces de alcanzar las *DRE* verificadas¹² de manera independiente que se indican en la siguiente tabla.

Con base en los resultados, la *Ohio Coal Development Office*, Oficina de desarrollo carbonífero de Ohio, que forma parte del *Ohio Department of Development*, Departamento de desarrollo de Ohio, *Powerspan* recibió una aportación de \$4.5 millones como ayuda para la construcción de una unidad de prueba valorada en \$16.9 millones, con flujo de 50 megavatios en la planta Shadyside de *FirstEnergy* durante el mes de junio del 2001¹³.

CONTAMINANTE	DRE (eficiencia de destrucción y eliminación)
Bióxido de azufre, SO ₂	98 %
Óxido de nitrógeno, NO _x	90 %
Particulado total, TPM	99.9 %
Particulado fino, PM _{2,5}	95 %
Mercurio, HG	80 - 90 %

Tabla 1. DRE Típica en Plantas Piloto Modificadas.¹⁴

El 10 de octubre del 2002, *Powerspan* anunció sus planes para construir una unidad a escala real de Oxidación Electro-catalítica de 510 MV en la Planta Sioux de *AmerenUE* localizada en el condado de St. Charles, Missouri. *Powerspan* propone un proceso de tres etapas que abarca un reactor de *Dielectric Barrier Discharge (DBD)*, descarga de barrera dieléctrica, seguido de una unidad combinada de depuración y absorción de amoníaco para neutralizar y absorber la formación de ácidos; y finalmente, un precipitador electrostático húmedo para eliminar la formación de nieblas y aerosoles en las emisiones. Ver la Figura 2.

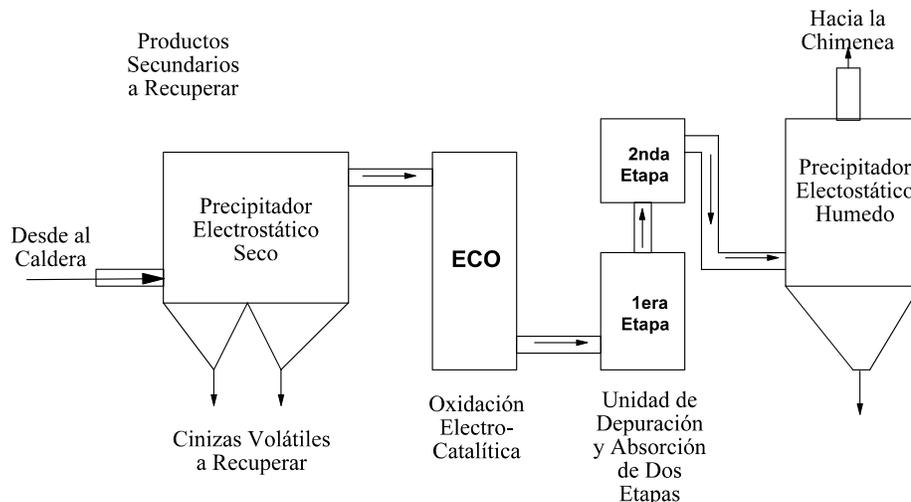


Figura 2. Proceso modificado de Powerspan

El plan fue instalar la unidad de electro-catalytic oxidation (*ECO*), oxidación electro-catalítica, en la unidad número dos de la Planta Sioux. Esta planta quemaba carbón en *Power River Basin (PRB)*, lecho fluidificado, y utiliza carbón bituminoso de Illinois como respaldo. El contenido de azufre del carbón *PRB* es relativamente bajo, alcanzando entre el 0.06 y el 2.4 por ciento. El contenido medio de sulfuro es del 0.48 por ciento¹⁷. Los planes eran comenzar con una planta piloto para recabar los datos de diseño para la planta a escala real. El comienzo de la construcción de la planta a escala real fue programado para el invierno del 2003. La puesta en marcha de la planta fue programada para la primavera del 2006. Dentro de los planes se contempló la realización de pruebas de rendimiento durante el año posterior a la puesta en marcha. El costo de todo el proyecto fue estimado en \$416 millones. Los socios principales solicitaron el co-financiamiento bajo el programa de Iniciativas para la Energía Carbonífera Limpia del *DOE*.

En contactos posteriores con *Powerspan* se supo que la oferta de financiamiento por parte del *DOE* no tuvo éxito. Ellos no pueden proceder sin el financiamiento y el proyecto está parado hasta que encuentren financiamientos alternativos para el mismo. Durante la conversación, se supo que el trabajo continúa en la unidad de escala comercial (50 MW) en las instalaciones de *FirstEnergy* en East Lake. Se espera que esta planta esté en línea a finales del otoño del 2003.

*BOC Gases*¹⁹ ha autorizado²⁰ un proceso que utiliza ozono para reducir contaminantes en una cámara de reacción. Después que los contaminantes son convertidos a un estado alta oxidación, se hidrolizan y eliminan con un depurador cáustico. *BOC* le ha asignado a este proceso el nombre de proceso *LoTOx*. Ver la Figura 3.

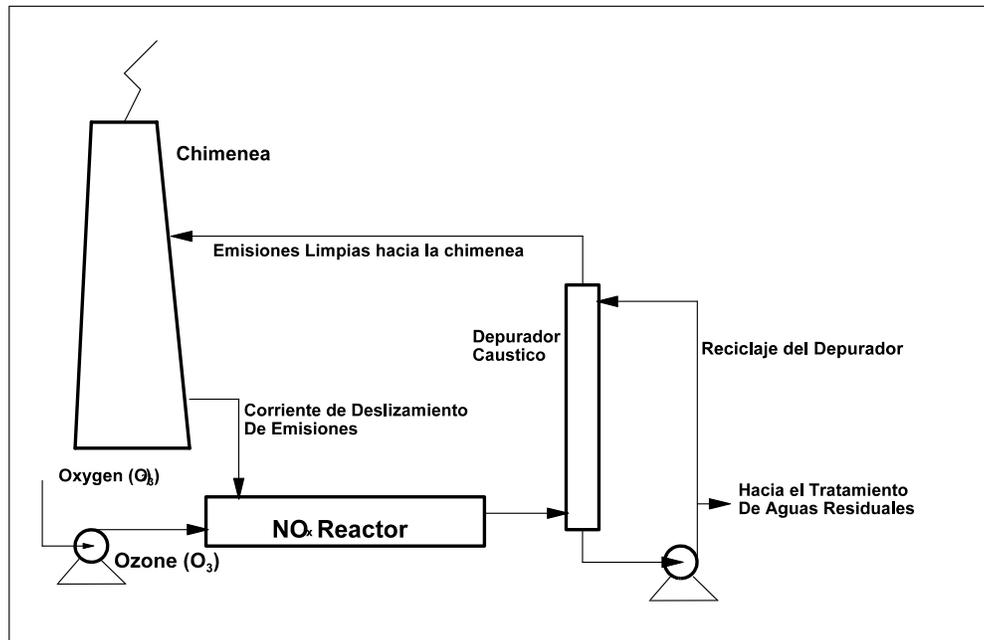


Figura 3. Proceso *LoTOx* de Ozono de *BOC* .

El proceso utilizado por *BOC* tiene algunas diferencias respecto al de *Powerspan* y a otros procesos de plasma no térmico. En primer lugar, utiliza oxígeno de grado industrial en lugar de oxígeno, en la corriente de emisiones. El reactor de ozono se describe como reactor de “descarga corona”. Descarga Corona es otro nombre que recibe el plasma no térmico. El reactor de ozono es autónomo y está situado en el exterior del conducto que transporta las emisiones. Otra diferencia es que ellos operan monitores continuos para NOx y las lecturas son utilizadas para igualar las tasas / razones de flujo de oxígeno / ozono a las concentraciones de Nox en las emisiones. *BOC* esta comercializando este proceso como tecnología de control primario de NOx. En su documentación hacen referencia al “control de múltiples contaminantes”, pero no aportan más detalles.

El *California Air Resources Board (CARB)*, consejo de recursos de aire de California, financió parcialmente un proyecto de prueba del proceso *LoTOx* en un horno de reverbero de plomo secundario operado por *Quemetco*, una subsidiaria de *RST Corporation*, localizada en *City of Industry, CA*. La demostración fue terminada hacia finales del 2001. *BOC* ha publicado un reporte sobre el proyecto de demostración y el *CARB* publicó este informe en su sitio Web²¹.

Condiciones de la Prueba Piloto de Quemetco:

Tasa del flujo de emisiones	Hasta 3,000 ft ³ /min
Temperatura de entrada	150 a 250 grados F
NOx de entrada Hasta	500 ppmvs
SO2 de entrada	Hasta 5,000 ppmvs
O2 de entrada	20 al 25%
CO de entrada	0 a 100 ppmvs

Resultados de la Prueba Piloto de Quemetco:

Temperatura Óptima de Operación	175 grados F
Tiempo Óptimo de Residencia	4 segundos
Eliminación de NO _x	DRE de 80 al 95%

Conclusiones de la Prueba Piloto de Quemetco:

- El proceso *LoTOx* de *BOC* remueve efectivamente entre el 80 y el 95 % de los NOx.
- La utilización del proceso *LoTOx* le permite al operario de la instalación optimizar el proceso de combustión para alcanzar las condiciones de costo-efectividad del quemador sin considerar la generación de NOx.

Como resultado del proyecto de demostración, se le asignó a *BOC* un contrato para instalar una unidad de proceso *LoTOx* a escala real en la planta de *Quemetco* en *City of Industry, CA*²². No fueron reveladas las dimensiones, los costos de capital y los costos de operación.

En otra situación, la *Ohio Coal Development Office (OCDO)*, oficina de desarrollo de carbón de Ohio, aportó el 65 por ciento del capital para instalar una unidad *LoTOx* de \$6.3 millones en el *Medical College of Ohio*, colegio médico de Ohio²³. El proyecto incluye dos procesos: *LoNOx* para el control de NOx y materia particulada y el *Rapid Absorption Process (RAP)*, proceso de absorción rápida (otro proceso licenciado por *BOC*) para el control del dióxido de sulfuro. Los controles son para calderas con capacidad de 25 megavatios quemando carbón Ohio con contenido de un 3 por ciento de azufre.

De acuerdo con documentación de la Compañía *BOC*, la unidad está diseñada para remover alrededor del 90 por ciento de NOx en las emisiones de gases. El proceso *RAP* utiliza una mezcla de cal inyectada en el gas de combustión para capturar SO₂ y un filtro de tela (cámara de sacos) para eliminar las partículas de sulfato de calcio. De acuerdo con la compañía, también está diseñado para una *Destruction Removal Efficiency (DRE)*, eficiencia de remoción de destrucción, del 90 por ciento²⁴. Se ha estimado el costo-efectividad en un rango de \$1,700 a \$1,950 por tonelada de NOx eliminado²⁵.

En junio de 2001, *BOC* anunció que ha instalado, puesto en marcha y autorizado una unidad *LoTOx* en la planta de J & L Specialty Steel en Midland, PA. Los detalles sobre la instalación son muy vagos. Sin embargo, Robert Ferrell, Vicepresidente de Desarrollo Comercial de *BOC* dijo: “Fuimos capaces de modificar el sistema para lograr un nivel más alto de control del que se había anticipado originalmente. Hemos podido reducir las emisiones de NOx por más de un 95 por ciento”²⁶. No fueron disponibles costos o números sobre las capacidades.

Mediante una búsqueda posterior en la base de datos del *RBLC* de la *EPA* se encontró que por lo menos dos plantas más en EE.UU. están utilizando (o planean utilizar) el proceso *LoTOx* de *BOC* en sus instalaciones. Estas plantas son *Lion Oil Company en El Dorado, AR* y *Maratón-Ashland Oil en Texas City, TX*. Ambas plantas utilizan (o utilizarán) el *LoTOx* en sus *Fluidized Bed Catalytic Cracking Units (FCCU)*, unidades de desintegración catalítica en lecho fluidizado para el control de NOx. Los resultados sobre condiciones y rendimientos de operación no están disponibles.

COSTOS DEL PLASMA NO TÉRMICO

El problema para determinar el costo de una nueva tecnología de control es la falta de información pública. Lo mismo ocurre con el plasma no térmico.

Se encontró una referencia sobre costos en un artículo del “Boletín informativo de *FGD & DeNO_x*”²⁸ que describe la tecnología *LoTOx* de *BOC* instalada en el *Medical College of Ohio*. La declaración exacta concerniente al costo-efectividad fue que “el costo-efectividad para la eliminación de *NO_x* utilizando *LoTOx* en una unidad de generación eléctrica de 200 MV de consumo de carbón con *Flue-Gas Desulfurization (FGD)*, desulfuración de gas-combustible, existente fue estimada entre \$1,700 y \$1950 por tonelada de *NO_x* eliminado”. Desafortunadamente, la fuente de este estimado, el porcentaje de *DRE*, el tipo de horno, y un número de otras variables no fueron identificadas.

En otro artículo, escrito por un empleado²⁹ de *BOC*, indico, “se han evaluado los costos de capital (recuperación) y los costos de operación del sistema (*LoTOx*) en sistemas de diversos tamaños y (ellos) caen dentro de los costos normales por tonelada de *NO_x* eliminado en tecnologías para tratamiento posterior a la combustión en aplicaciones no destinadas al servicio público”. Esta información, desafortunadamente, no es muy útil porque en un documento publicado por *NESCAUM*³⁰ el rango de costo-efectividad para eliminar *NO_x* es de entre \$390 y \$5,450 por tonelada de *NO_x*. El costo-efectividad depende en gran medida de la situación de cada instalación. Esto abarca sus equipos de control existentes, la amplitud de las modificaciones necesarias para instalar equipo de control nuevo y el grado de *DRE* requeridas para lograr los resultados deseados.

Aparentemente, la tecnología *LoTOx* no es efectiva para eliminar múltiples contaminantes. De hecho, en la instalación arriba citada (el Colegio Médico de Ohio), fue necesario que *BOC* instalara otro de sus procesos licenciados para eliminar dióxidos de azufre (*SO_x*) del mismo flujo de emisiones en el que fue empleado el *LoTOx*. El proceso de *SO_x* se denomina como *Rapid Absorption Process (RAP)*, proceso de absorción rápida y utiliza una mezcla de cal inyectada en el gas de combustión caliente antes del filtro de tela. El calor del gas de combustión seca la cal mientras que el *SO_x* es absorbido en la cal. La cal contaminada es removida del flujo de gas mediante un filtro de tela.

No fueron aportadas cifras de costo-efectividad en los expedientes públicos para el proceso de *Powerspan*.

CONCLUSIONES

Se llegó a las siguientes conclusiones con base a la información obtenida durante la investigación sobre el plasma no térmico.

1. Parece ser que la tecnología con plasma no térmico funciona en la reducción de ciertos contaminantes provenientes de emisiones. Sin embargo, la tecnología se encuentra aún en etapa prematura de desarrollo. El costo de control y las eficiencias del control deben ser documentados y publicados por una tercera parte imparcial.
2. El control de múltiples contaminantes parece ser posible con el uso del proceso de *Powerspan*.
3. Es probable que los costos de capital y de operación para una instalación llave en mano no sean accesibles y pueden ser determinados únicamente por la instalación y operación de una planta piloto en una instalación específica.
4. Hasta que sea publicada más información, *LoTOx* de *BOC* debe considerarse como una tecnología para el control de un solo contaminante (NO_x).

Referencias

1. Ficha técnica de la *EPA* EE.UU., “Reglamentación de la *EPA* para plantas con consumo de carbones y aceites con emisores de mercurio y otros tóxicos atmosféricos”, 14 de diciembre del 2000.
2. “Tecnología de oxidación electro-catalítica aplicada por *FirstEnergy Corp* para la eliminación de mercurio y elementos de rastro provenientes de gases de combustión”, Dr. Christopher R. McLaron, *Powerspan Corp.*, y Michael L. Horvat, PE, JD, *FirstEnergy Corp.*
3. Publicación de *U.S. Department of Transportation’s Office of Advanced Automotive Technologies*, Oficina de tecnología automotriz avanzada del Departamento de transporte de EE.UU., “Uso de un Reactor de Plasma no térmico para reducir emisiones de NOx de motores *CIDI*”, abril de 1999. Con la asociación de *Pacific Northwest National Laboratory, Oak Ridge National Laboratory, Lawrence Livermore National Laboratory, Ford Motors, General Motors* y *Daimler Chrysler Corporation*.
4. Universidad de Minnesota, “Pasteurización con plasma no térmico de alimentos líquidos”, por S. Deng et al., presentado en el Congreso Internacional Anual de Tecnología de Alimentos 2003, Chicago.
5. “Plasma no térmico para el control de olores del ganado”, Roger Ruan, et al, University of Minnesota, *Biosystems & Ag Engineering Dept.*, departamento de biosistemas e ingeniería agrícola, abril de 1998.
6. *U.S. Army Research Laboratory / Los Alamos National Laboratory*, et al, “Procesamiento y conversión química del Halón con plasma no térmico”, A. W. Mizolek, et al, Conferencia de trabajos técnicos alternativas con Halón, 27 de abril de 1999.
7. University of Illinois, “Destrucción de 1,1,1-Triclorometano con plasma no térmico”, Sandeep Agnihotri.
8. Ficha técnica, “Fundamentos y aplicaciones de la descarga de barrera dieléctrica”, Ulrich Kogelschata, ABB Corporate Research, Ltd., Baden, Suiza, 24 de mayo del 2000.
9. *Powerspan Corporation*, 54 Old Bay Road, New Durham, NH, 03855. Stephanie Procopis, Directora de ventas. (603) 859-2500 Ext. 20.
10. *FirstEnergy Corporation*, Akron, Ohio. El cuarto inversionista-propietario más grande nacional de sistema eléctrico, prestando servicio a 4.3 millones de clientes en Ohio, Pennsylvania y New Jersey.

11. Aviso técnico, “Eliminación de mercurio con base en plasma no térmico”, *National Energy Technology Laboratory*, Laboratorio nacional de tecnología energética, 2000.
12. Análisis de cumplimiento del aire, PO Box 41156, Cleveland, OH, 44141-0156, (216) 525-0900.
13. Extracto público sobre la “demostración comercial de 50 MW la tecnología de oxidación electro-catalítica II para la eliminación de NO_x, SO₂, materia particulada y mercurio”, informe anual 2001 del *Ohio Department of development*, departamento de desarrollo de Ohio.
14. Testimonio de Frank Alix, Presidente y Director ejecutivo de *Powerspan Corporation* ante el Congreso de los Estados Unidos, la Casa de Representantes, el Subcomité de Energía y Calidad del Aire, “Opciones Futuras para la Generación de Electricidad a partir del Carbón”, 24 de junio de 2003.
15. *AmerenUE*, St. Louis, MO, (800) 552-7582. UE significa *Union Electric*. *AmerenUE* es una subsidiaria de *Ameren*, que fue constituida con la fusión de *Union Electric* y *CIPSCO* en 1997.
16. Boletín de prensa de *Powerspan*, “*Powerspan* y *AmerenUE* proponen la instalación a escala real de la Tecnología *ECO* en la Planta Sioux”, 10 de octubre de 2002.
17. Documento profesional de encuestas geológicas de EE.UU., “Calidad del carbón y geoquímica, *Powder River Basin*, Wyoming, y Montana,” G.D. Stricker y MS Ellis, Documento No. 1625-A, 1994.
18. Conversación telefónica ente Dexter Russell, EPA y Stephanie Procopis, Directora de Mercadotecnia, *Powerspan Corporation*, 15 de agosto de 2003. (603) 859-2500, Ext. 20. sprocopis@powerspan.com
19. *BOC Gases*, 575 Mountain Avenue, Murray Hill, NJ 07974. Contacto: Kristina Schurr, Comunicaciones Corporativas (908) 771-1510. kristina.schurr@us.gases.boc.com
20. *BOC* licenció un proceso de *Low Temperature Oxidation (LTO)*, oxidación a baja temperatura desarrollado por *Cannon Technology*, 510 Constitution Blvd., New Kensington, PA 15068. www.lto.com
21. *California Air Resources Board*, “Proyecto de demostración del sistema de oxidación a baja temperatura en *RST Quemetco, Inc.*” www.arb.arb.gov/research/icat/projects/boc.htm 8 de diciembre de 2000.
22. Boletín de prensa de *BOC Gases*, “*Quemetco* selecciona el sistema *LoTOx* de *BOC* para controlar las emisiones de un horno de fundición” 29 de abril de 2002. www.boc.com/news

23. *Medical College of Ohio*, o , 3000 Arlington Avenue, Toledo, OH 43614. (419) 383-4000.
24. Robert McIlvane Company, Boletín informativo DeNO_x, “¿Se pueden utilizar el ozono u otros oxidantes antes de un depurador para reducir NO_x?,” 9 de Julio de 2002.
25. “¿Existen combinaciones de tecnologías para SO_x/NO_x que sean de costo-efectividad?”, boletín informativo No. 286 de DeNO_x, febrero de 2002.
26. “Sistema *LoTOx* NO_x de *BOC* comisionado en J & L Specialty Steel; se reportó un porcentaje de eliminación superior al 95%”, boletín de prensa de *Newwirwe*, 25 de junio de 2001.
27. *U. S. Environmental Protection Agency*, base de datos del Centro de información *RACT/BACT/LAER, OAQPS/ITPID/CATC (CATC)* <http://cfpub1.epa.gov/rblc/htm/bl02.cfm>.
28. “¿Existen tecnologías de control combinado de SO_x/NO_x?”, Boletín informativo No. 286, *Flue-Gas Desulfurization (FGD)*, sobre desulfuración de gas-combustible y *DeNO_x*, junio de 2002.
29. Mark Anderson, *BOC Gases America*, “Sistema de oxidación a baja temperatura para el control de emisiones de NO_x utilizando inyección de ozono”, *Clean Air Technology News*, Noticias de tecnología del aire limpio, verano de 1998.
30. “Reporte sobre el avance de las tecnologías de control de NO_x y el costo-efectividad para calderas de servicios públicos”, *North East States for Coordinated Air Use Management (NESCAUM)*, Estados del noreste para la gestión coordinada del uso del aire, junio 1998.

United States
Environmental Protection
Agency

Office of Air Quality Planning and Standards
Air Quality Strategies and Standards Division
Research Triangle Park, NC

Publication No. EPA-456/R-05-006
November 2005

Postal information in this section where appropriate.