



Hoja de Datos de Tecnología de Contaminación del Aire



1. Nombre de la Tecnología: Depurador Tipo Venturi

Este tipo de tecnología es una parte del grupo de controles para la contaminación del aire llamados colectivamente “depuradores en húmedo.” Los depuradores tipo venturi también son conocidos como depuradores de chorro tipo venturi, depuradores por aspersión atomizadores de gas, y eyectores-depuradores tipo venturi.

2. Tipo de Tecnología: Remoción de contaminantes del aire por interceptación por inercia y difusión.

3. Contaminantes Aplicables:

Los depuradores tipo venturi son usados principalmente para el control de materia particulada (MP), incluyendo MP menor o igual a 10 micras (μm) de diámetro aerodinámico (MP_{10}), materia particulada menor o igual a $2.5 \mu\text{m}$ de diámetro aerodinámico ($\text{MP}_{2.5}$). Aunque son capaces de cierto control incidental de los compuestos orgánicos volátiles (COV), los depuradores tipo venturi están limitados a controlar MP y gases con alta solubilidad (Ref. *U.S. Environmental Protection Agency - EPA*, la agencia de protección ambiental de EE.UU., 1992; *EPA*, 1996).

4. Límites de Emisión Alcanzables/Reducciones:

Las eficiencias de recolección de los depuradores tipo venturi varían del 70 a más del 99 por ciento, dependiendo de la aplicación. Las eficiencias de recolección son generalmente más altas para la MP con diámetros aerodinámicos de aproximadamente 0.5 a 5 mm. Algunos depuradores tipo venturi están diseñados con una garganta ajustable para controlar la velocidad de la corriente de gas y la caída de presión. El aumento de la eficiencia del depurador tipo venturi requiere un incremento en la caída de presión lo cual, a su vez, aumenta el consumo de energía (Ref. *Corbitt*, 1990; *EPA*, 1998).

5. Tipo de Fuente Aplicable: Punto (Puntual en México)

6. Aplicaciones Industriales Típicas:

Los depuradores tipo venturi han sido aplicados al control de las emisiones de MP proveniente de las calderas termoeléctricas, industriales, comerciales, e institucionales que son

alimentadas con carbón, aceite, madera, y residuos líquidos. También han sido aplicadas al control de fuentes de emisión en las industrias químicas, de productos minerales, madera, pulpa y papel, de productos de piedra, y manufactureras de asfalto; las industrias del plomo, aluminio, hierro y acero, y acero gris; y a los incineradores municipales de residuos sólidos. Típicamente, los depuradores tipo venturi son aplicados donde es necesario obtener altas eficiencias de recolección para MP fina. Por lo tanto, estas son aplicables para controlar las fuentes de emisiones con altas concentraciones de MP menor de una micra (Ref. *EPA*, 1995; *Turner*, 1999).

7. Características de la Corriente de Emisión:

- a. **Flujo de Aire:** Las proporciones del flujo de gas típicas para una unidad depuradora tipo venturi con una sola garganta son de 0.2 a 28 metros cúbicos a condiciones estándares por segundo (m^3/s) (500 a 60,000 pies cúbicos a condiciones estándares por minuto (*scfm*)) (Ref. *EPA*, 1998; *Air and Waste Management Association - AWMA*, la asociación para el manejo de aire y residuos de EE.UU., 1992).
- b. **Temperatura:** La temperaturas de entrada suelen estar dentro del rango de 4 a 370 °C (40 a 700 °F) (Ref. *Avallone*, 1996).
- c. **Carga de Contaminantes:** Las cargas de contaminantes del gas de desecho pueden variar de 1 a 115 gramos por metro cúbico a condiciones estándares (g/m^3) (0.1 a 50 granos por pie cúbico a condiciones estándares (*gr/scf*)) (Ref. *Turner*, 1999; *Dixit*, 1999).
- d. **Otras Consideraciones:** En situaciones en donde el gas de desecho contiene tanto particulados como gases a ser controlados, los depuradores tipo venturi a veces son utilizados como un dispositivo de pre-tratamiento, removiendo la MP para evitar la obstrucción de un dispositivo corriente abajo, tal como un depurador con lecho empacado, el cual diseñado para recolectar principalmente a los contaminantes gaseosos.

8. Requisitos de Pre-tratamiento de la Corriente de Emisión:

Generalmente, no se requiere un pre-tratamiento para los depuradores tipo venturi, aunque en algunos casos el gas de desecho es humedecido para reducir la temperatura en los depuradores fabricados con materiales que son afectados por temperaturas altas (Ref. *Dixit*, 1999).

9. Información de Costos:

Los siguientes datos son los rangos de costo (expresados en dólares del cuarto trimestre de 1995) para los depuradores en húmedo tipo venturi de diseño convencional bajo condiciones típicas de operación, adaptados a partir de los formatos para estimación de costos de la *EPA* (Ref. *EPA*, 1996) y referidos a la proporción flujo volumétrico de la corriente de desecho tratada. Para el propósito de calcular el ejemplo de efectividad de costo, se supone que el contaminante utilizado es MP a una carga de entrada de aproximadamente $7 g/m^3$ ($3 gr/scf$). Los costos no

incluyen los costos de pos-tratamiento o desecho del solvente usado o residuos. Los costos reales pueden ser sustancialmente más altos que en los rangos mostrados para aplicaciones que requieren materiales costosos, solventes, o métodos de tratamiento. Como regla, las unidades más pequeñas controlando una corriente de baja concentración de desecho serán mucho más costosas (por unidad de proporción de flujo volumétrico) que una unidad grande limpiando un flujo con una carga alta de contaminantes.

- a. **Costo de Capital:** \$6,700 a \$59,000 por m^3/s , (\$3.20 a \$28 por *scfm*)
- b. **Costo de Operación y Mantenimiento:** \$8,700 a 250,000 por m^3/s , (\$4.10 a \$119 por *scfm*), anualmente
- c. **Costo Anualizado:** \$9,700 a \$260,000 por m^3/s , (\$4.60 a \$123 por *scfm*), anualmente
- d. **Efectividad de Costo:** \$84 a \$2,300 por tonelada métrica (\$76 a \$2,100 por tonelada corta), costo anualizado por tonelada por año de contaminante controlado.

10. Teoría de Operación:

Un depurador tipo venturi acelera la corriente del gas de desecho para atomizar el líquido depurador y para mejorar el contacto entre el gas y el líquido. En un depurador tipo venturi, una sección de “garganta” es construida en el interior del ducto la cual fuerza a la corriente de gas a acelerarse a medida que el ducto se estrecha y enseguida se expande. A medida que el gas entra en la garganta tipo venturi, tanto la velocidad como la turbulencia del gas aumentan. Dependiendo del diseño del depurador, el líquido depurador es rociado dentro de la corriente de gas antes de que el gas se encuentre con la garganta tipo venturi, o en la garganta, o hacia arriba en contra del flujo de gas en la garganta. Entonces, el líquido depurador es atomizado en pequeñas gotas por la turbulencia en la garganta y la interacción entre las gotas y las partículas se aumenta. Algunos diseños usan aspersiones suplementarias atomizadas hidráulicamente o neumáticamente para acrecentar las creación de gotas. La desventaja de estos diseños es que se requiere un suministro de líquido limpio para evitar la obstrucción (Ref. EPA, 1998; AWMA, 1992; Corbitt, 1990).

Después de la sección de la garganta, la mezcla se desacelera, e impactos posteriores ocurren causando la aglomeración de gotas. Una vez que las partículas han sido capturadas por el líquido, la MP humedecida y las gotas de líquido en exceso son separadas de la corriente de gas por una sección de arrastre que suele consistir de un separador ciclónico y/o un eliminador de neblina (Ref. EPA, 1998; Corbitt, 1990).

Los diseños actuales para los depuradores tipo venturi generalmente utilizan el flujo vertical de gas hacia abajo a través de la garganta tipo venturi e incorporan tres puntos principales: (1) una sección de entrada de acercamiento en húmedo o pared inundada para evitar una acumulación de polvo en una intersección entre lo seco y lo húmedo; (2) una garganta ajustable para la garganta tipo venturi para proveer ajuste de la velocidad del gas y la caída de presión; y (3) un codo inundado localizado por debajo del venturi y adelante del separador por arrastre, para reducir el desgaste por las partículas abrasivas. La garganta venturi a veces es

recubierta con una capa refractoria para resistir la abrasión por las partículas de polvo (Ref. *Perry*, 1984).

11. Ventajas/Pros:

Las ventajas de los depuradores tipo venturi incluyen (Ref. *Cooper*, 1994):

1. Pueden manejar polvos inflamables y explosivos con bajo riesgo;
2. Pueden manejar neblinas;
3. Un mantenimiento relativamente bajo;
4. Simple en diseño y fáciles de instalar;
5. La eficiencia de recolección puede ser variada;
6. Proporcionan enfriamiento para los gases calientes; y
7. Los gases corrosivos y polvos pueden ser neutralizados.

12. Desventajas/Contras:

Las desventajas de los depuradores tipo venturi incluyen (Ref. *Perry*, 1984; *Cooper*, 1994):

1. El líquido efluente puede crear problemas de contaminación del agua;
2. El producto de desecho se recolecta en húmedo;
3. Un alto potencial de problemas de corrosión;
4. Se requiere protección contra el congelamiento;
5. El gas de escape puede requerir recalentamiento para evitar una pluma visible;
6. La MP recolectada puede estar contaminada, y puede no ser reciclado; y
7. Desecho del fango residual puede ser muy costoso.

13. Otras Consideraciones:

Para las aplicaciones en MP, los depuradores en húmedo generan residuos en forma de una pasta aguada. Esto crea la necesidad tanto del tratamiento de aguas residuales como de la disposición de residuos sólidos. Inicialmente, la pasta aguada es tratada para separar el residuo tóxico del agua. El agua tratada puede entonces ser reutilizada o descargada. Una vez que el agua

es removida, el residuo resultante estará en forma sólida o en forma de una pasta aguada. Si el residuo sólido es inerte y no tóxico, por lo general puede ser desechado en un relleno sanitario. Los residuos tóxicos tendrán procedimientos más estrictos para su disposición. En algunos casos el residuo sólido puede tener algún valor y puede ser vendido o reciclado (Ref. EPA, 1998).

14. Referencias

Avallone, 1996. "Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers," edited by Eugene Avallone and Theodore Baumeister, 10th Edition, McGraw-Hill, New York, NY, 1996.

AWMA, 1992. Air & Waste Management Association, Air Pollution Engineering Manual, Van Nostrand Reinhold, New York.

Cooper, 1994. David Cooper and F. Alley, Air Pollution Control: A Design Approach, 2nd Edition, Waveland Press, Prospect Heights, IL, 1994.

Corbitt, 1990. Standard Handbook of Environmental Engineering, edited by Robert A. Corbitt, McGraw-Hill, New York, NY, 1990.

Dixit, 1999. Mandar Dixit, Misonix, Inc., (516) 694-9555, personal communication with Eric Albright, May 25, 1999.

EPA, 1992. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "Control Technologies for Volatile Organic Compound Emissions from Stationary Sources," EPA 453/R-92-018, Research Triangle Park, NC, December, 1992

EPA, 1995. U.S. EPA, "Compilation of Air Pollutant Emission Factors," AP-42, Volume I, Research Triangle Park, NC, January, 1995.

EPA, 1996. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "OAQPS Control Cost Manual," Fifth Edition, EPA 453/B-96-001, Research Triangle Park, NC February.

EPA, 1998. U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, "Stationary Source Control Techniques Document for Fine Particulate Matter," EPA-452/R-97-001, Research Triangle Park, NC, October.

Perry, 1984. "Perry's Chemical Engineers' Handbook," edited by Robert Perry and Don Green, 6th Edition, McGraw-Hill, New York, NY, 1984.

Turner, 1999. Tom Turner, Turner Envirolitics, (800) 933-8385, personal communication with Eric Albright, May 26, 1999.