

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diseño de un Sistema de Remoción de Contaminantes del Aire  
Generados desde un Incinerador de Desechos Hospitalarios”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

Juan Pablo Vera Figueroa

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2005

## **AGRADECIMIENTO**

A todos quienes en determinado momento me brindaron su valiosa ayuda para llevar a cabo este trabajo, ya sea con sus sugerencias o con la información técnica requerida, especialmente al Ing. Mario Patiño, al Dr. Alfredo Barriga y al Ing. Jorge Duque.

# DEDICATORIA

A

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Francisco Andrade S.  
SUBDECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Dr. Alfredo Barriga R.  
VOCAL

---

Ing. Mario Patiño A.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Rodolfo Paz M.  
VOCAL SUPLENTE

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

**“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”**

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Juan Pablo Vera Figueroa

## RESUMEN

Debido al creciente interés a nivel local y mundial de proteger el ambiente contra la contaminación generada por la actividad humana, es cada vez más necesario desarrollar e implementar métodos de control de emisiones a una gran cantidad de procesos que inevitablemente generan contaminación tanto en el aire como en el resto del entorno.

Una de las tecnologías ampliamente utilizada en la disposición de desechos hospitalarios es la incineración de éstos. Es así que, como consecuencia de la operación de un incinerador para este tipo de residuos, surge la necesidad de diseñar un sistema de control de emisiones al aire que permita reducir tales emisiones. Por tal motivo, en este trabajo se diseñará un sistema de control de contaminación del aire, capaz de controlar las emisiones generadas por un incinerador de desechos de tipo hospitalario.

El objetivo de esta tesis será entonces diseñar un sistema que pueda remover tanto partículas como gases contenidos en la descarga del incinerador, de tal manera que permita reducir las emisiones por debajo de los estándares establecidos para este tipo de aplicación.

Para el desarrollo de esta tesis será necesario conocer qué tipo de contaminantes y en qué cantidad van a ser generados, razón por la cual se

utilizarán técnicas para estimar tales emisiones a partir de información relacionada con las características de la materia que ingresa al incinerador. Posteriormente se procede al diseño del sistema de control de emisiones, el cual además de los dispositivos de remoción de contaminantes, incluye el equipo destinado a modificar la temperatura del gas, con el fin de, por un lado obtener el enfriamiento de los gases a la entrada del tren de remoción y por otro lado, el recalentamiento de los mismos a la salida del sistema. Esto se realizará para optimizar las condiciones de absorción en el primer caso, y de prevenir la condensación y restaurar la flotabilidad de los gases en la chimenea, en el segundo caso. Básicamente el sistema consiste de un lavador de aire tipo venturi destinado a la remoción de partículas seguido de una torre de absorción rellena para depurar los gases de descarga; se incluye una descripción de los principales medios utilizados para remover partículas y gases, así como también los principios de operación y procedimientos utilizados en el diseño de cada uno de los dispositivos de control de emisiones que se van aplicar en la solución de este problema.

El resultado final será el diseño de un sistema de control de emisiones al aire, que por sus características de tamaño, operación y fiabilidad, resulte conveniente. Al final de este documento se incluirá un análisis de resultados así como también un análisis de costos con la finalidad de brindar información complementaria que permita establecer la viabilidad de un proyecto de este tipo en nuestro medio.



# INTRODUCCIÓN

La incineración de desechos hospitalarios, es una técnica ampliamente utilizada en el manejo de éstos residuos, pues por medio de ella se obtiene la reducción del volumen que ocupan, y la destrucción del peligro asociado a la naturaleza de los desechos generados en hospitales.

Cuando los desechos son incinerados, éstos se transforman en gases y cenizas; los primeros van a estar constituidos por una mezcla de numerosas sustancias, entre ellas contaminantes de gran importancia, como son el dióxido de azufre, monóxido de carbono, dioxinas, furanos entre otras. Por otro lado, el incinerador va a generar un desecho sólido, constituido por cenizas de fondo y cenizas voladoras; las primeras permanecen en el interior del incinerador y se caracterizan por un alto contenido de metales y vidrio, es decir la parte no combustible de los desechos, mientras que las cenizas voladoras son aquellas partículas finas, usualmente en el rango respirable, que son arrastradas por la corriente gaseosa del incinerador hacia el exterior.

La emisión de gases contaminantes y partículas, constituyen un problema medioambiental, por ello en el trabajo presentado a continuación se lleva a cabo el diseño de un sistema para el control de tales emisiones. Como punto de partida, se utiliza parte de la información del diseño del incinerador para predecir la composición, y

características de la descarga gaseosa, puesto que éste trabajo se ha desarrollado de manera paralela a la construcción del incinerador.

Ésta tesis está enfocada al diseño fluido-dinámico del sistema de remoción de contaminantes, y aunque se seleccionan algunos materiales, otras consideraciones de diseño tales como soldaduras, esfuerzos, instalaciones eléctricas o sistemas de control automático, están fuera del alcance del presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cooper C. D., Alley F. C., Air Pollution Control – A Design Approach (2<sup>nd</sup> ed.). Waveland Press, Inc., 1986
2. Hesketh, H. E., Air Pollution Control, Ann Arbor Science Publishers, Inc., 1979
3. Tchobanoglous G., Theisen H., Gestión Integral de Residuos Sólidos- Volúmen I, McGraw Hill, 1994
4. Haas C. N., Vamos R. J., Hazardous and Industrial Waste Treatment, Prentice Hall Inc., 1995
5. Perry R. H.; Chilton C. H., Chemical Engineer's Handbook (Fifth Edition), McGraw Hill, Inc., 1973, pp. 3-104,3-105,18-51; 7<sup>th</sup> Edition: pp. 14-8,14-17 a 14-21
6. Incropera F., De Witt D., Fundamentos de Transferencia de Calor (4<sup>ta</sup> edición), Prentice Hall, 1999
7. EPA, AP-42, Volume I Chapter 2: Solid Waste Disposal, Section 2.3: Medical Waste Incineration, Fifth Edition.  
<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch02/bgdocs/b02s03.pdf>

8. EPA, Standards of Performance for New Stationary Sources and Emission Guidelines for Existing Sources: Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators; Final Rule, Federal Register, September 15, 1997, pp. 48347 – 48391  
<http://www.epa.gov/ttn/atw/129/hmiwi/fr91597.pdf>
9. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Industrial Ventilation A Manual of Recommended Practice (14<sup>th</sup> Edition), Edward Brothers Incorporated, 1976
10. Treybal R. E., Operaciones con Transferencia de Masa, Editorial Hispano Americana S.A., versión en español de la edición 1968
11. Kern D. Q., Procesos de Transferencia de Calor (7<sup>ma</sup> impresión en español), Compañía Editorial Continental S. A., 1973
12. Wark K., Warner C. F., Davis W. T., Air Pollution Its Origin and Control (Third Edition), Addison Wesley Longman Inc., 1998
13. Heinsohn R. J., Kabel R. L., Sources and Control of Air Pollution, Prentice Hall, 1999
14. John J. E. A., Haberman W. L., Introduction to Fluid Mechanics (Second Edition), Prentice Hall Inc., 1971
15. Red Panamericana de Manejo de Residuos REPAMAR – Ministerio de Salud Pública del Ecuador, Proyecto de Asesoría Técnica en Incineradores de Desechos Hospitalarios, Editor: Ph D. Ian Narváez, 1998

<http://www.cepis.org.pe/eswww/repamar/gtzproye/incinera/incinera.html#RESULTADOS>

16. EPA, Air Pollution Control Cost Manual, Sixth Edition

[http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/c\\_allchs.pdf](http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/c_allchs.pdf)

17. EPA, Virtual Classroom: SI\_412C Course

[http://yosemite.epa.gov/oaqps/EOGtrain.nsf/DisplayView/SI\\_412C\\_0-5?OpenDocument](http://yosemite.epa.gov/oaqps/EOGtrain.nsf/DisplayView/SI_412C_0-5?OpenDocument)

18. Energy Research Center of the Netherlands, Phyllis Data Base for Biomass and Waste, 2004

<http://www.ecn.nl/phyllis/single.html>

19. National Pollutant Inventory, Emission Estimation Technique Manual for Sewage Sludge and Biomedical Waste Incineration, Australia, 1999

[http://www.npi.gov.au/handbooks/approved\\_handbooks/pubs/incineration.pdf](http://www.npi.gov.au/handbooks/approved_handbooks/pubs/incineration.pdf)

20. Sulphuric Acid Plant and Technology Training Manual, DKL Engineering, Inc, 2003

[http://members.rogers.com/acidmanual2/gcl\\_quench.htm](http://members.rogers.com/acidmanual2/gcl_quench.htm)

21. Jaeger Products Inc., Boletines de los productos

<http://www.jaeger.com>

22. Goulds Pumps, Catálogo de Bombas Serie NPE

<http://www.goulds.com>

23. Casals, Catálogo General 2001

<http://www.casals.com.es>

24. ALLSpray.com, Catálogo de Productos, 2004

<http://www.ALLSpray.com>