



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN – TESIS DE GRADO

AUTORES: JULIO CESAR CAPERA RODRIGUEZ  
MARIA XIMENA CARRERO BLANCO

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

DIRECTOR: JORGE LUIS GROSSO VARGAS

TITULO DE LA TESIS: DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE EMISIONES GENERADAS POR EL SISTEMA DE COMBUSTIÓN CON CARBÓN SOBRE PARRILLA FIJA Y EL NUEVO COMBUSTIBLE TIPO CCTA (CARBÓN – COMBUSTÓLEO – TENSOACTIVO – AGUA) PULVERIZADO Y ATOMIZADO EN HORNOS

### RESUMEN:

Se realizó un estudio de impacto ambiental del sistema de emisiones con combustible tipo CCTA en hornos colmena de la Ladrillera CasaBlanca. Se validó el software diseñado para el cálculo y análisis de los gases emitidos por fuentes fijas, aplicado al equipo de muestreo de la Universidad. Por último se desarrolló un sistema que contribuirá al control de las emisiones y a mejorar la utilización de gases de combustión en la etapa de secado.

### CARACTERÍSTICAS:

PAGINAS: 176

PLANOS:

ILUSTRACIONES:

CD-ROM: 1

DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE EMISIONES  
GENERADAS POR EL SISTEMA DE COMBUSTIÓN CON CARBÓN SOBRE  
PARRILLA FIJA Y EL NUEVO COMBUSTIBLE TIPO CCTA (CARBÓN –  
COMBUSTÓLEO – TENSOACTIVO – AGUA) PULVERIZADO Y ATOMIZADO EN  
HORNOS

JULIO CESAR CAPERA RODRIGUEZ  
MARIA XIMENA CARRERO BLANCO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2007

DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE EMISIONES  
GENERADAS POR EL SISTEMA DE COMBUSTIÓN CON CARBÓN SOBRE  
PARRILLA FIJA Y EL NUEVO COMBUSTIBLE TIPO CCTA (CARBÓN –  
COMBUSTÓLEO – TENSOACTIVO – AGUA) PULVERIZADO Y ATOMIZADO EN  
HORNOS

JULIO CESAR CAPERA RODRIGUEZ  
MARIA XIMENA CARRERO BLANCO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero de Producción Industrial

Director  
JORGE LUIS GROSSO VARGAS  
Ingeniero Químico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2007



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: Cúcuta, 17 de septiembre de 2007

HORA: 8:00 a 10:00 a.m.

LUGAR: SALA CAPACITACION CIMAC

Plan de Estudios: INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

Título de la tesis: "DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE EMISIONES GENERADAS POR EL SISTEMA DE COMBUSTION CON CARBON SOBRE PARRILLA FIJA Y EL NUEVO COMBUSTIBLE TIPO CCTA (CARBON - COMBUSTOLEO - TENSOACTIVO - AGUA) PULVERIZADO Y ATOMIZADO EN HORNOS"

Jurados: FABIO ORLANDO SEGURA ESCOBAR  
ENRIQUE ASELA MOROS  
ANA MILENA GOMEZ SOTO

Director: JORGE LUIS GROSSO VARGAS

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
JULIO CESAR CAPERA RODRIGUEZ	190428	CUATRO,DOS	4,2
MARIA XIMENA CARRERO BLANCO	190120	CUATRO,DOS	4,2

FABIO ORLANDO SEGURA ESCOBAR

**APROBADA**

ENRIQUE ASELA MOROS

ANA MILENA GOMEZ SOTO

Vo.Bo. FABIO ORLANDO SEGURA ESCOBAR  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Producción Industrial

Martha A

Av. Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag- Teléfonos:5776655 ext: 115 - 116 Fax: 5771988  
Cúcuta - Colombia

*Este trabajo va dedicado a mis padres, María Elcida Rodríguez y Luís Alberto Capera Tapiero, por su apoyo y paciencia en la trayectoria de este estudio; y en especial le dedico a mi amada hermana Maritza Capera Rodríguez (Q.E.P.D.).*

**Julio César**

*A mis padres Gladis Cecilia Blanco y Alfredo Carrero Nuncira, y a mi hermano Carlos Alfredo Carrero Blanco, por su apoyo, amor, su lucha incansable; porque me han dado la fuerza para sobrepasar los obstáculos de la vida y porque son el motor de mi cuerpo y de mi espíritu.*

*A Julio César Capera Rodríguez, porque su dedicación y tolerancia han hecho posible este sueño.*

***Ximena***

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores del presente trabajo de grado expresan sus agradecimientos a:

Al Dr. M. Sc. Jorge Luís Grosso Vargas, por su paciencia, dedicación y orientación en el estudio realizado.

Al Ing. Pablo Emilio Mogollo Florez, por su valiosos aporte en el desarrollo del trabajo.

Al Ing. Fabio Orlando Segura Escobar, por su colaboración en el plan de estudios de Ingeniería de Producción Industrial.

A las Ing. Ana Cecilia Bustos y Yadira Guevara, por su constante colaboración y asesorías.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	23
1. RELACIÓN ENTRE LOS CAPITULOS DEL PRESENTE PROYECTO	26
2. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE COMBUSTIÓN ACTUAL CON CARBÓN SOBRE PARRILLA FIJA Y CON EL NUEVO COMBUSTIBLE TIPO CCTA EN HORNOS COLMENA	28
2.1 OBJETIVOS	28
2.2 ALCANCE	28
2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO O ACTIVIDAD ECONÓMICA	28
2.3.1 Descripción y delimitación de la empresa	28
2.3.2 Descripción del proceso	29
2.4 OFERTA AMBIENTAL	41
2.4.1 Sistema abiótico	41
2.4.2 Sistema biótico	43
2.4.3 Sistema antrópico	44
2.5 DEMANDA AMBIENTAL	44



2.5.1 Calificación de los contaminantes según su nivel de riesgo	46
2.5.2 Efectos de la contaminación del aire por emisiones	46
2.6 BALANCE OFERTA - DEMANDA	48
2.7 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	49
2.7.1 Identificación de alternativas	49
2.8 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	49
2.8.1 Identificación de las medidas preventivas, correctoras o compensatorias	50
2.9 SEGUIMIENTO Y MONITORÉO	57
2.9.1 Metodología para realizar y ejecutar un sistema de seguimiento	57
3. METODOLOGÍA PARA REALIZAR UNA PRUEBA EN CHIMENEA	59
3.1 OBJETIVOS	59
3.2 ALCANCE	59
3.3 PRUEBA EN CHIMENEA	59
3.4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS MENCIONADOS EN LA METODOLOGÍA PARA REALIZAR UNA PRUEBA DE CHIMENEA	64
3.5 ANÁLISIS DE LA MUESTRA	76
3.5.1 Método 2	76

3.5.2 Método 3	77
3.5.3 Método 4	78
3.5.4 Método 5	78
3.5.5 Método 8	82
3.6 SEGUIMIENTO DE UN MUESTREO ISOCINÉTICO	84
4. CÁLCULO DE VELOCIDAD DE FLUJOS GASEOSOS	90
4.1 OBJETIVOS	90
4.2 ALCANCES	90
4.3 MEDICIÓN DE FLUJOS	91
4.4 EQUIPO Y UBICACIÓN DE LA PRUEBA	95
4.4.1 Equipo utilizado para medir la velocidad del gas de combustión	95
4.4.2 Ubicación de la medición de velocidad	99
4.5 METODOLOGÍA PARA MEDIR VELOCIDADES DE GASES	101
4.5.1 Procedimiento para realizar la medición de velocidad en un ducto o tubería	101
4.5.2 Algoritmo del procedimiento	103
4.5.3 Seguimiento de la medición de presiones en el conducto del horno 5 en la Ladrillera CasaBlanca S.A.	104

4.5.4 Análisis de resultados	127
5. DISPOSITIVOS DE CONTROL	129
5.1 OBJETIVOS	129
5.2 ALCANCE	129
5.3 CONTROL DE LAS EMISIONES DE CHIMENEA	129
5.3.1 Precombustión limpia del carbón	129
5.3.2 Combustión limpia del carbón	130
5.3.3 Postcombustión limpia del carbón	130
5.4 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	136
5.4.1 Información necesaria para diseñar el filtro de mangas	138
5.4.2 Características de la tela filtrante	138
5.4.3 Especificaciones del equipo seleccionado	139
5.4.4 Características del filtro de mangas	140
6. ANALISIS COMPARATIVO TEÓRICO ENTRE EL CARBÓN Y EL COMBUSTIBLE TIPO CCTA	141
6.1 OBJETIVOS	141
6.2 ALCANCE	141

6.3 COMPARACIÓN ENTRE LOS GASES DE COMBUSTIÓN PRODUCIDOS POR LOS COMBUSTIBLES, Y SUS CARACTERÍSTICAS	141
6.4 ANÁLISIS DE LA COMPARACIÓN	143
7. VALIDACIÓN DE LA FÓRMULA EMPÍRICA UTILIZADA PARA CALCULAR LAS EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO EN HORNOS COLMENA	145
7.1 OBJETIVOS	145
7.2 ALCANCE	145
7.3 SELECCIÓN DE LA ECUACIÓN EMPÍRICA ÓPTIMA	145
7.4 AJUSTE MATEMÁTICO DE LA ECUACIÓN EMPÍRICA ÓPTIMA	146
7.5 EVALUACIÓN DE LA ECUACIÓN EMPÍRICA ÓPTIMA Y DE SU AJUSTE MATEMÁTICO	147
7.6 RESULTADO COMPARATIVO	148
8. CONCLUSIONES	149
9. RECOMENDACIONES	152
BIBLIOGRAFÍA	153
ANEXOS	155