



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



RESUMEN TESIS DE GRADO

AUTOR(ES)

NOMBRE: (S): JAIME APELLIDOS: ARBELÁEZ VARGAS
NOMBRE: (S): ONASSIS APELLIDOS: GUZMÁNGUZMÁN

FACULTAD: DE INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR

NOMBRE(S): HORACIO APELLIDOS: CORAL ENRÍQUEZ

TITULO DE LA TESIS: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN PARA TANQUES DE RECUPERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES

RESUMEN

El presente trabajo describe el proceso de recuperación de gases refrigerantes haciendo énfasis en la etapa de carga hacia el cilindro de recuperación el cual se calienta a tal punto que el cilindro necesita ser enfriado con agua potable para evitar que se eleve su presión, lo cual genera gastos adicionales, pérdida de tiempo y condiciones inseguras.

Como solución se plantea el diseño e implementación de un sistema de refrigeración y un controlador para enfriar el cilindro de recuperación con el fin de hacer el sistema más eficiente, seguro y reducir el tiempo de recuperación entre un 40 y 50 % evitando así la liberación de gases refrigerantes a la atmósfera.

Palabras Claves: Controlador, Sistema de refrigeración, Variador, Sensor, LabView

CARACTERÍSTICAS:

PAGINAS 123 PLANOS: ILUSTRACIONES64 CD-ROM 1

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
PRESIÓN PARA TANQUES DE RECUPERACIÓN DE GASES
REFRIGERANTES**

**JAIME ARBELÁEZ VARGAS
ONASSIS GUZMÁN GUZMÁN**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ CAMACHO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2011**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE
PRESIÓN PARA TANQUES DE RECUPERACIÓN DE GASES
REFRIGERANTES**

**JAIME ARBELÁEZ VARGAS
ONASSIS GUZMÁN GUZMÁN**

**Trabajo de grado presentado como requisito
para optar al título de Ingeniero Electrónico**

**Director
HORACIO CORAL ENRÍQUEZ
M.Sc. En Ingeniería con Énfasis en Automática**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ CAMACHO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2011**

**CONVENIO
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ
CAMACHO**

ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO 2-2011

El jurado Académico del programa de Ingeniería Electrónica, conformado para la evaluación de la sustentación del proyecto de grado **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PRESION PARA TANQUES DE RECUPERACION DE GASES REFRIGERANTE**, presentado por los estudiantes:

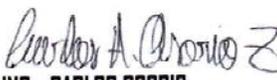
Cédula	Nombre	Calificación en letras	Nota
94371915	DNASSIS GUZMAN	<u>CUATRO PUNTO TRES</u>	<u>4.3</u>
94495760	JAIME ARBELAEZ VARGAS	<u>CUATRO PUNTO TRES</u>	<u>4.3</u>

Y dirigido por el Ingeniero **HORACIO CORAL**

Aprueban la sustentación como requisito para optar el título como Ingeniero E

Firmado en la ciudad de Cali a los 23 días del mes de Septiembre de 2011


ING. MARLON MAURICIO HERNANDEZ M.Sc
JURADO 1


ING. CARLOS OSORIO
JURADO 2


JORGE HUMBERTO ERAZO AUX M.Eng
Director Programa Ingeniería Electrónica
Institución Universitaria Antonio José Camacho


ING. BINAEL GUEVARA IBARRA Ph.D
Director Plan estudio Ingeniería Electrónica
Universidad Francisco de Paula Santander

A Dios en primer lugar, por amarnos tanto y regalarnos estos tres años que hoy reflejan el primer fruto, de muchos que vendrán, y que son producto de nuestra constancia y perseverancia.

A mi madre por los valores que me inculco desde niño que me han permitido ser una persona de bien, útil a la sociedad y a mi familia.

A mi padre por su apoyo y comprensión durante todo éste tiempo.

A mis hermanos, demás familiares y amigos en especial a mis hijos Karol, José Ferney, Christian, y en especial a mi esposa Leidy, quienes tuvieron paciencia y apoyo, a ustedes que son mis pilares y a quienes quiero servirles de ejemplo y apoyo en el futuro.

JAIME ARBELÁEZ VARGAS

A Dios y a mis padres Doris Guzmán Cucalón y Henry Guzmán Bonilla, que me dieron la vida y siempre están a mi lado guiándome y mostrándome el buen camino.

A mis hermanos, demás familiares, amigos en especial a mis hijos Julio cesar, Jazmín, Juan Pablo y a mi esposa Ayda, quienes tuvieron paciencia y apoyo total para terminar este nuevo logro, a ellos les debo todo mi esfuerzo.

ONASSIS GUZMÁN GUZMÁN

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Horacio Coral Enríquez, M.Sc. En Ingeniería con Énfasis en Automática y director del proyecto, por sus enseñanzas y su invaluable apoyo incondicional durante el desarrollo del proyecto quien aparte de habernos apoyado brindando su conocimiento y colaboración fue parte fundamental de éste proyecto desde sus inicios comprometiéndose con él como si fuese suyo, a él muchas gracias.

Los docentes de la institución que en su momento contribuyeron de una forma eficaz, destacando a Ricardo Jaime Murillo, Fernando Fuenmayor y Juan Gonzalo Álvarez por las bases que fundaron en nosotros al brindarnos sus conocimientos a lo largo de la carrera.

La empresa Espumas del Valle y en especial a Jorge Mario por brindarnos los espacios y consejos cuando más lo necesitamos.

La empresa Techno Chiller Service Ingeniería por su aporte e interés en el financiamiento para implementar el proyecto de grado.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN PARA TANQUES DE RECUPERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES	21
2. PRINCIPIOS BÁSICOS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	23
2.1 PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN	24
2.1.1 Refrigerantes y tipos de refrigerantes	24
2.1.2 Unidades de medida ambiental	26
2.1.3 Legislación nacional	27
2.1.4 Legislación internacional	28
2.1.5 Transferencia de calor	29
2.1.6 Compresores	32
2.1.7 Condensadores y evaporadores	33
2.1.7.1 El condensador	33
2.1.7.2 El evaporador	34
2.1.8 Controles de flujo refrigerante	35
3. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN, INSTRUMENTACIÓN Y ELEMENTOS FINALES DE CONTROL	38
3.1 CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	38
3.1.1 Dimensionamiento del compresor	38

3.1.2 Dimensionamiento serpentín evaporador y serpentín condensador	46
3.1.3 Selección de la válvula de expansión	48
3.2 CÁLCULOS Y SELECCIÓN DEL MOTOR, VARIADOR DE VELOCIDAD Y SELECCIÓN SENSOR DE MEDICIÓN	48
3.2.1 Cálculo del torque y potencia del motor	48
3.2.2 Selección del variador de velocidad	50
3.2.3 Selección del sensor de medición	52
3.3 SELECCIÓN DEL HARDWARE	55
3.3.1 Consideraciones para la selección de la tarjeta de adquisición de datos	55
3.4 ENSAMBLE DEL PROTOTIPO	58
4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROLADOR PID	61
4.1 MODELADO DEL SISTEMA	62
4.2 DISEÑO DEL CONTROLADOR DIGITAL	81
4.2.1 Diseño del compensador PI por el método de síntesis con $t_{ss} \leq 1200$ seg	85
4.2.2 Diseño del compensador PI por el método de cancelación polo-cero con $t_{ss} \leq 1200$ seg	90
4.2.3 Diseño del compensador PI por el método de síntesis con $t_{ss} \leq 600$ seg	96
4.2.4 Diseño del compensador pi por el método de cancelación polo-cero con $t_{ss} \leq 600$ seg	101
4.3 PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR PID EN LABVIEW	107
4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL SISTEMA DE CONTROL	111
4.5 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN	118

5. CONCLUSIONES	120
BIBLIOGRAFÍA	121