



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS

RESUMEN – TESIS DE GRADO

AUTORES CARLOS EDINSON CAICEDO ALDANA, CARLOS ANDRES CASTELLANOS CONDE Y HAROLD HUMBERTO HERNÁNDEZ SEPÚLVEDA
FACULTAD DE INGERIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA ELECTRÓNICA
DIRECTOR RODRIGO MARTÍNEZ DÍAZ
TITULO DE LA TESIS MODELAMIENTO Y MEJORAS EN EL DESEMPEÑO DE UN SISTEMA DE LLENADO DE LÍQUIDOS

RESUMEN

El objetivo fundamental de este proyecto, fue dar solución a una problemática que se presenta en un proceso real mediante el estudio del comportamiento de materiales, elementos de control, magnitudes y variables que involucran gran parte del conocimiento y aplicación de los conceptos en áreas como la instrumentación industrial y la mecánica de fluidos. A su vez, estructurar el modelo matemático de la planta existente que permitiera hacer el análisis del comportamiento de la misma, para mejorar la característica de respuesta en el envasado del líquido.

CARACTERÍSTICAS:

PAGINAS: 118 PLANOS: ILUSTRACIONES: 73 CD-ROM 1

**MODELAMIENTO Y MEJORAS EN EL DESEMPEÑO DE UN SISTEMA DE
LLENADO DE LIQUIDOS**

**CARLOS EDINSON CAICEDO ALDANA
CARLOS ANDRES CASTELLANOS CONDE
HAROLD HUMBERTO HERNANDEZ SEPÚLVEDA**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ CAMACHO
FACULTAD DE INGENIERIA
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA ELECTRONICA
SANTIAGO DE CALI
2009**

**MODELAMIENTO Y MEJORAS EN EL DESEMPEÑO DE UN SISTEMA DE
LLENADO DE LIQUIDOS**

**CARLOS EDINSON CAICEDO ALDANA
CARLOS ANDRES CASTELLANOS CONDE
HAROLD HUMBERTO HERNANDEZ SEPÚLVEDA**

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

**Director
RODRIGO MARTINEZ DIAZ
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ CAMACHO
FACULTAD DE INGENIERIA
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA ELECTRONICA
SANTIAGO DE CALI
2009**

CONVENIO
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ CAMACHO
FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO 2-2009

El Jurado Académico del programa de Ingeniería Electrónica, conformado para la evaluación de la sustentación del Proyecto de grado "**MODELAMIENTO Y MEJORAS EN EL DESEMPEÑO DE UN SISTEMA DE LLENADO DE LIQUIDOS**", presentado por los estudiantes:

NOMBRE	CALIFICACIÓN EN LETRAS	NOTA
CARLOS ANDRES CASTELLANOS CONDE	<u>Cuatro punto Cuatro</u>	<u>4.4</u>
CARLOS EDINSON CAICEDO ALDANA	<u>Cuatro punto Dos</u>	<u>4.2</u>
HAROLD HUMBERTO HERNANDEZ SEPULVEDA	<u>Cuatro punto Dos</u>	<u>4.2</u>

Y dirigido por el ingeniero **RODRIGO MARTINEZ DIAZ**

Aprueban la sustentación como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico.


ING. JEAN PIERRE DIAZ PAZ
 Jurado 1


ING. CRISTIAN LEONARDO TARAZONA CELIS
 Jurado 2


ING. NORMA XIMENA RÍOS COTAZO
 Directora Programa Ingeniería Electrónica
 Institución Universitaria Antonio José Camacho

 26 sept 2009
ING. JOSE ALEJO RANGEL ROLON
 Director Plan Estudio Ingeniería Electrónica
 Universidad Francisco de Paula Santander

A Dios Todopoderoso, quien permitió culminar este arduo proceso de formación profesional.

A mi madre Luz Mary Aldana, quien siempre me ha apoyado y me ha forjado como persona.

A mi esposa Paula Andrea Marmolejo, a mis hijos Jhon Edinson Caicedo Marmolejo y Juan Esteban Caicedo Marmolejo por su paciencia para obtener este título.

CARLOS EDINSON CAICEDO ALDANA

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Rodrigo Martínez Díaz, Ingeniero Electricista, Director del Proyecto, por guiarnos a través de su experiencia y conocimientos en el área de Control.

La Universidad Francisco de Paula Santander y a la Institución Universitaria Antonio José Camacho por formarnos como profesionales.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	20
1. ESTRATEGIAS DE CONTROL PARA EL DISEÑO DE CUALQUIER TIPO DE PROCESO TOTALMENTE AUTÓNOMO	25
1.1 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE LLENADO ACTUAL	25
1.1.1 Forma del envase	26
1.1.2 Tamaño de la boca del envase	26
1.1.3 Elementos que incorpora el envase	26
1.1.4 Productos alimenticios	26
1.1.5 Productos líquidos con mayor o menor densidad	26
1.2 TIPOS DE MÁQUINAS DE LLENADO (LLENADORAS)	26
1.2.1 Máquinas llenadoras paso a paso	27
1.2.2 Máquina llenadora rotativa	28
1.2.3 Máquina llenadora universal (tipo anaconda)	29

1.2.4 Máquinas llenadoras por peso	30
1.3 SISTEMAS DE LLENADO	30
1.3.1 Sistema de llenado por nivel	31
1.3.2 Sistema de llenado por gravedad	31
1.3.3 Sistema de llenado por vacío	32
1.3.4 Sistema de llenado por presión	32
1.3.5 Sistema de llenado por volumen	33
1.3.6 Sistemas de llenado por dosificación mecánica	33
1.3.7 Sistema de llenado por peso	34
2. PROCESO DE LLENADO	35
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL	35
2.2 ESTACIONES DE TRABAJO	38
2.2.1 Estación de llenado	39
2.2.2 Estación de control	39
2.2.3 Estación de control de aire	39

2.2.4 Estación de tapado	40
2.2.5 Estación de etiquetado	40
3. TEORIAS ASOCIADAS	41
3.1 LA MECÁNICA DE LOS FLUIDOS Y LA HIDRÁULICA	41
3.1.1 Definición de un fluido	41
3.1.2 Peso específico	42
3.1.3 Densidad de un cuerpo	42
3.1.4 Viscosidad de un fluido	42
3.1.5 Cinemática	42
3.2 TEORÍA DE SISTEMAS DE CONTROL	42
3.2.1 Sistemas de control automático	42
3.2.2 Control moderno	47
3.2.3 Control de sistemas multivariables	47
3.2.4 Apareamiento de lazos de control	48
3.2.5 Definición de ganancia relativa	49

3.2.6 RGA	50
4. ANALISIS DEL PROTOTIPO	55
4.1 MODELO DEL SISTEMA DE LLENADO	55
4.2 ANALISIS DE LOS ELEMENTOS DE LA MAQUINA LLENADORA	56
4.2.1 Tanques de almacenamiento	56
4.2.2 Tanque dispensador de seis salidas (flauta) y mangueras	64
4.2.3 Tanque de retorno o alivio	66
4.2.4 Compresor	67
4.2.5 Boquillas	68
4.2.6 Rieles	68
4.2.7 Motobomba	69
4.2.8 Tablero de control	69
4.2.9 Cilindro neumático de movimiento lineal	71
4.2.10 Válvula	72
5. MODELAMIENTO MATEMATICO DEL SISTEMA	73

5.1 CAPTURA EXPERIMENTAL DE LAS SEÑALES DE RESPUESTA DEL SISTEMA DE LLENADO	73
5.1.1 Sensor óptico	73
5.1.2 Aplicación experimental del escalón al sistema de llenado	75
5.2 VALIDACION DE MODELOS MATEMATICOS	80
5.2.1 Validación del modelo matemático de la respuesta sensor botella 1 escalón botella 1	80
5.2.2 Validación del modelo matemático de la respuesta sensor botella 1 escalón botella 2	84
5.2.3 Validación del modelo matemático de la respuesta sensor botella 2 escalón botella 1	86
5.2.4 Validación del modelo matemático de la respuesta sensor botella 2 escalón botella 2	89
6. DISEÑO DE CONTROLADORES PARA EL SISTEMA DE LLENADO DE LIQUIDOS	93
6.1 DESACOPLE DEL SISTEMA MULTIVARIABLE	93
6.2 DISEÑO DE CONTROLADOR PARA G11	96
6.3 DISEÑO CONTROLADOR PARA G22	98
6.4 ANALISIS DEL SISTEMA ACOPLADO SIN COMPENSAR	100

6.5 ANALISIS DEL SISTEMA ACOPLADO COMPENSADO	102
7. CONCLUSIONES	104
8. RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFIA	106
ANEXOS	108