



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



RESUMEN DE TESIS DE GRADO

AUTOR: OSCAR RICARDO SANDOVAL RODRÍGUEZ

AUTOR: CARLOS EDUARDO CASTILLA ÁLVAREZ

FACULTAD: INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR: I.E Msc. JOSE RICARDO BERMUDEZ SANTAELLA

TÍTULO DE LA TESIS: ANÁLISIS, DISEÑO Y MODELAMIENTO DE PROTOTIPOS DIDÁCTICOS DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA EL DESARROLLO DE UN LABORATORIO ESPECIALIZADO DEL DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER (UFPS) – SAN JOSÉ DE CÚCUTA.

RESUMEN

Este proyecto está impulsado por la necesidad de crear experiencias didácticas en las cuales los estudiantes de Ingeniería Electrónica y Electromecánica colocaran en práctica los conceptos aprendidos en materias como: Balance de masa y energía, sensores y acondicionadores de señal, instrumentación industrial, control analógico y digital, sistemas de supervisión, electrónica de potencia, y los demás saberes adquiridos en el transcurso de su carrera.

Los procesos diseñados en este proyecto son: Un tanque calentador, un tanque serpentín, un tanque mezclador, un tanque reactor y un tanque enfriador, estos procesos están conectados entre sí para simular un proceso aún mayor, sin olvidar que se podrían trabajar por separado.

PALABRAS CLAVES: LABVIEW, MATRIZ BINARIA, PROCESOS INDUSTRIALES, REACTOR, SIMULINK®.

PÁGINAS: 279

PLANOS: 22

ILUSTRACIONES: 155 **CD-ROM:** 1



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

ACTA DE SUSTENTACION DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 07 DE NOVIEMBRE DE 2012 HORA: 4:00 P.M.

LUGAR: SALON DE CONFERENCIAS FU 408

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULO DE LA TESIS: "ANÁLISIS, DISEÑO Y MODELAMIENTO DE PROTOTIPOS DIDÁCTICOS DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA EL DESARROLLO DE UN LABORATORIO ESPECIALIZADO DEL DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER (UFPS)- SAN JOSÉ DE CÚCUTA".

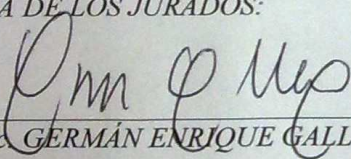
JURADOS: IE Msc. GERMÁN ENRIQUE GALLEGO
IE Ph.D. FRANCISCO ERNESTO MORENO GARCÍA


DIRECTOR: IE MSC. JOSÉ RICARDO BERMUDEZ SANTAELLA


NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
OSCAR RICARDO SANDOVAL RODRÍGUEZ	1090103	5.0	CINCO, CERO
CARLOS EDUARDO CASTILLA ALVAREZ	1090088	5.0	CINCO, CERO

LAUREADA

FIRMA DE LOS JURADOS:


IE Msc. GERMÁN ENRIQUE GALLEGO


IE Ph.D. FRANCISCO ERNESTO MORENO GARCÍA

Vo. Bo. 
IE Ph.D. FRANCISCO ERNESTO MORENO GARCÍA
Coordinador Comité Curricular

**ANÁLISIS, DISEÑO Y MODELAMIENTO DE PROTOTIPOS
DIDÁCTICOS DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA EL
DESARROLLO DE UN LABORATORIO ESPECIALIZADO DEL
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA DE LA
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER (UFPS) – SAN
JOSÉ DE CÚCUTA.**

CARLOS EDUARDO CASTILLA ÁLVAREZ
OSCAR RICARDO SANDOVAL RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
CÚCUTA
2012

ANÁLISIS, DISEÑO Y MODELAMIENTO DE PROTOTIPOS
DIDÁCTICOS DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA EL
DESARROLLO DE UN LABORATORIO ESPECIALIZADO DEL
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA DE LA
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER (UFPS) – SAN
JOSÉ DE CÚCUTA.

CARLOS EDUARDO CASTILLA ÁLVAREZ
OSCAR RICARDO SANDOVAL RODRÍGUEZ

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD
FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

Director
Msc. I.E JOSÉ RICARDO BERMÚDEZ SANTAELLA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
CÚCUTA
2012

Dedicatoria

Dedico este esfuerzo personal y este logro académico:

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de ser el principio y el fin de todo cuanto existe.

A mi madre Malena.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre José.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis familiares.

A mi hermana Diana por ser el ejemplo de una hermana mayor, de la cual aprendí aciertos y a superar los momentos difíciles; a mi tía Martha, a mi tía Mayda, a mi tío Emiro, a mi primo Daniel y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis. ¡Gracias a ustedes!

A mis maestros.

Msc. Jose Ricardo Bermudez Santaella por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis; al I.E. PhD. Francisco Moreno García por el apoyo ofrecido en este trabajo; al Msc. José Armando Becerra por el tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional y al Msc. German Enrique Gallego por apoyarnos en su momento.

A mis amigos.

Por apoyarnos mutuamente en nuestra formación profesional y hasta el momento seguir siendo amigos: Oscar Ricardo Sandoval, Wilmer Favian López, Juan José García, Luz Elena Peñaranda, Abdul Orlando Cárdenas y Maryely Rizo Ovalles, por haberme ayudado a realizar este trabajo y por prestarme su colaboración cuando la necesite.

A la Universidad Francisco de Paula Santander y en especial al Departamento de electricidad y electrónica por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

Carlos Eduardo Castilla Álvarez

Dedicatoria

A

Nuestro Dios. Por ser grande y maravilloso, por ser guía de mi vida.

Mis padres. Víctor Manuel y Ana Francisca, Por todo su amor incondicional, el apoyo y la confianza que depositan cada día en mí.

Mis hermanos. William, Enelia, Alexander y Lorena por estar siempre conmigo y apoyarme hasta el final, por enseñarme el gran valor de la hermandad y el estar siempre juntos en los momentos difíciles y duros de la vida.

Mis hermosas sobrinas. Juliana Ortega, Melanny Sandoval y Catalina Ortega por su amor verdadero, cariño y nobleza pura que hace que cada día que pase de mi vida tenga la fortaleza para sobresalir y ser un tío maravilloso.

Por último, a todos y cada uno de las personas que en el transcurso de mi vida me han servido de profesores en todas las áreas del conocimiento, inculcándome valores como la responsabilidad, la honestidad, perseverancia y amistad.

Oscar Ricardo Sandoval Rodríguez

Agradecimiento

A Dios.

Por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarme cada día más.

A ti Madre.

Por haberme educado y soportar mis errores. Gracias por tus consejos, por el amor que siempre me has brindado, por cultivar e inculcar ese sabio don de la responsabilidad. ¡Gracias por darme la vida! ¡Te quiero mucho!

A ti Padre.

A quien le debo todo en la vida, le agradezco el cariño, la comprensión, la paciencia y el apoyo que me brindó para culminar mi carrera profesional.

A mi Hermana.

Por que siempre he contado con ella para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y amistad ¡Gracias!

A mis Familiares.

Gracias a todos mis tíos que directamente me impulsaron para llegar hasta este lugar, a todos mis familiares que me resulta muy difícil poder nombrarlos en tan poco espacio, sin embargo ustedes saben quienes son.

A mis maestros.

Gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional, en especial al Msc. José Ricardo Bermúdez Santaella por haber guiado el desarrollo de este trabajo y llegar a la culminación del mismo.

A mis amigos.

Gracias al equipo que formamos hemos logrado llegar hasta el final del camino, quiero resaltar con gran cariño las amistad incondicional de Wilmer Favian López y a mi gran compañero de tesis Oscar Ricardo Sandoval.

Carlos Eduardo Castilla Álvarez

Agradecimiento

A Dios y al Espíritu Santo, por darme la vida, llenarme de sabiduría y fortaleza, iluminarme y guiarme en la vida de estudiante, por ayudarme a culminar este trabajo y colmarme de coraje para alcanzar una meta más.

A mi madre Ana Francisca Rodríguez, quien con su dedicación, consejos y entrega ha sido la mejor madre, amiga y maestra. Por inculcarme todos los valores.

A mi padre Victor Manuel Sandoval, ejemplo de responsabilidad, constancia, honestidad y rectitud.

A mis hermanos, en especial a mi hermana mayor y segunda madre Enelia Smith Sandoval, quien desde pequeño ha sido mi modelo a seguir, con su determinación, madurez, firmeza y amor al estudio me ha enseñado a ser perseverante y con ello lograr la excelencia.

A mis compañeros de clases, Juan José, Carlos Eduardo, Wilmer Favian, Luz Elena y Abdul Orlando, quienes me acompañaron en este mismo recorrido sin perder los ánimos y hoy llegamos juntos a la meta.

A mi amiga siempre sincera e incondicional Alejandra Cárdenas, quien me enseñó a no rendirme en momentos difíciles y el valor de una gran amistad, un gran cariño y sobre todo darme ánimo cuando lo necesité.

A mis admirados profesores en especial a mi director de proyecto I.E Msc. José Ricardo Bermúdez que con sus consejos, ayudas y enseñanzas marcaron mi vida de estudiante y me hicieron el profesional que hoy soy; también a I.E PhD. Francisco Ernesto Moreno García, I.E Msc. German Enrique Gallego, I.E Jhon Jairo Ramírez, I.E Msc. Jose Armando Becerra por enseñarme conceptos claves en cada uno de los cursos en los cuales fueron esenciales para el desarrollo y culminación de este proyecto.

Oscar Ricardo Sandoval Rodríguez

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	25
INTRODUCCIÓN	26
INGENIERÍA CONCEPTUAL	27
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	28
1.1 TÍTULO	28
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	28
1.3 JUSTIFICACIÓN	28
1.3.1 Beneficios científicos	29
1.3.2 Beneficios tecnológicos	29
1.3.3 Beneficios institucionales	29
1.3.4 Beneficios empresariales	30
1.3.5 Impacto esperado	30
1.4 OBJETIVOS	30
1.4.1 Objetivo general	30
1.4.1 Objetivos específicos	30
2. MARCO REFERENCIAL	32
2.1 ANTECEDENTES	32
2.2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	36
2.2.1 Procesos industriales	36
2.2.2 Materiales utilizados	41
2.2.3 Instrumentación industrial	42
2.2.4 Software de modelamiento, simulación y monitoreo	43
3. NORMATIVA	49
4. DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR	51

4.1 TIPO DE PROYECTO	51
4.2 LIMITACIONES	51
4.3 ACTIVIDADES Y METODOLOGÍAS	51
5. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA	54
6. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROYECTO	57
6.1 PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN	57
6.2 DETERMINACIÓN DEL PÚBLICO OBJETIVO	57
6.3 HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	58
6.4 TAMAÑO DE LA MUESTRA	58
6.5 RESULTADOS DE LA ENCUESTA	60
6.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	73
6.7 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO	74
INGENIERÍA BÁSICA	75
7. MODELAMIENTO DINÁMICO DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES	76
7.1 CONSIDERACIONES GENERALES	76
7.2 NOMENCLATURA	77
7.3 FUNDAMENTOS BÁSICOS	79
7.3.1 Energía potencial	79
7.3.2 Energía cinética	79
7.3.3 Energía interna	80
7.3.4 Trabajo de flujo y de flecha	80
7.3.5 Ley de Joule	81
7.3.6 Calor perdido por convección	82
7.3.7 Trabajo producido por el agitador	83
7.4 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA	84

7.4.1 Balance de masa	84
7.4.2 Balance de energía	85
7.4.3 Diferencia de temperatura media logarítmica (LMTD).....	88
7.5 TANQUE CALENTADOR	88
7.5.1 Balance de masa en el tanque calentador	89
7.5.2 Balance de energía en el tanque calentador	89
7.6 TANQUE SERPENTÍN Y SERPENTÍN SUMERGIDO.....	90
7.6.1 Balance de masa en el serpentín.....	91
7.6.2 Balance de energía en el serpentín.....	91
7.6.3 Balance de masa en el tanque serpentín	92
7.6.4 Balance de energía en el tanque serpentín	92
7.7 TANQUE MEZCLADOR.....	93
7.7.1 Balance de masa en el tanque mezclador	94
7.7.2 Balance de energía en el tanque mezclador	94
7.8 TANQUE REACTOR	95
7.8.1 Balance de masa en el tanque reactor	96
7.8.2 Balance de energía en el tanque reactor	97
7.8.3 Balance de masa en la chaqueta refrigerante del tanque reactor	97
7.8.4 Balance de energía en la chaqueta refrigerante del tanque reactor.....	97
7.9 TANQUE ENFRIADOR.....	98
7.9.1 Balance de masa en el tanque enfriador	99
7.9.2 Balance de energía en el tanque enfriador	99
8. DISEÑO MECÁNICO DE LOS PROTOTIPOS.....	101
8.1 DISEÑO DEL SERPENTÍN	101
8.1.1 Descripción de los parámetros de diseño.....	102

8.1.2 Tubería de trabajo	102
8.1.3 Propiedades del flujo	102
8.1.4 Ecuaciones asociadas al diseño	103
8.1.5 Desarrollo de los cálculos en EES	104
8.2 DISEÑO DE LOS TANQUES	105
8.2.1 Estudio mecánico del cilindro	106
8.2.2 Estudio mecánico del la tapa del cilindro	110
8.2.3 Diseño de la base	114
8.2.4 Estudio de resistencia de la base	114
8.3 DISEÑO DEL AGITADOR.....	117
8.4 DISEÑO DEL MOTOR DEL AGITADOR	120
8.5 SELECCIÓN DE LA TUBERIA.....	122
8.6 SELECCIÓN DEL CAUDAL	122
9. SIMULACIÓN.....	123
9.1 TANQUE CALENTADOR	125
9.2 TANQUE SERPENTÍN Y SERPENTÍN SUMERGIDO	126
9.3 TANQUE ENFRIADOR.....	130
9.4 TANQUE MEZCLADOR.....	132
9.5 TANQUE REACTOR Y CHAQUETA DE REFRIGERACIÓN	134
10. MANUAL DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES	139
11. SEGURIDAD INDUSTRIAL	140
11.1 CLASES DE INCENDIOS	140
11.1.1 Clase A: Sólidos comunes (producen brasa y llama)	140
11.1.2 Clase B: Líquidos y gases (Llama)	140
11.1.3 Clase C: Equipo eléctrico energizado	141

11.1.4 Clase D: Metales combustibles	141
11.1.5 Clase K: Grasas y aceites	141
11.2 EXTINTORES	142
11.3 ERGONOMÍA EN EL ÁREA DE TRABAJO	142
11.4 RIESGOS FÍSICOS	143
11.5 RIESGOS ELÉCTRICOS	144
INGENIERÍA DE DETALLE	145
12. PLANO ARQUITECTÓNICO	146
13. PLANO DE INSTRUMENTACIÓN	147
14. PLANO ELÉCTRICO	148
15. PLANOS ESTRUCTURALES	149
16. MONITOREO	150
16.1 OBJETIVO DEL MONITOREO DE LOS PROTOTIPOS DISEÑADOS	150
16.2 CRITERIO PARA EL DISEÑO DEL HMI	150
16.2.1 Análisis y modelado de tareas	150
16.2.2 Aspectos de diseño	151
16.2.3 Reglas para el diseño de interfaces	152
16.2.4 Guía y consideraciones para el diseño	154
16.2.5 Normas para el diseño del HMI	155
16.3 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	156
16.4 CONFIGURACIÓN DE LOS "Task"	157
16.5 CONFIGURACIÓN DE LOS CANALES DE LECTURA	158
16.5.1 Ubicar el DAQmx "Task"Name	158
16.5.2 Ubicar el DAQmx Start "Task"	159
16.5.3 Ubicar el DAQmx read	159

16.5.4 Ubicar el Array to Cluster	160
16.5.5 Ubicar el Unbundle By Name	160
16.5.6 Ubicar el DAQmx Stop	161
16.6 CONFIGURACIÓN DE LOS CANALES DE ESCRITURA.....	162
16.7 PANEL FRONTAL	163
16.7.1 Panel de selección de la medida	163
16.7.2 Panel de visualización	164
16.7.3 Panel de control de las válvulas y bombas.....	164
16.7.4 Control de los agitadores.....	165
16.7.5 Panel de gráficas.....	166
17. SELECCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN	167
17.1 PARÁMETROS DE ANÁLISIS PARA TRANSMISORES	167
17.2 SELECCIÓN DEL TRANSMISOR DE TEMPERATURA.....	167
17.3 SELECCIÓN DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN.....	174
17.4 SELECCIÓN DEL TRANSMISOR DE CAUDAL	176
17.5 SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DE CONTROL.....	179
17.6 SELECCIÓN DE LA BOMBA CENTRÍFUGA.....	181
17.7 SELECCIÓN DEL MOTOR DEL AGITADOR.....	183
18. ESTRATÉGIAS DE CONTROL EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES	186
18.1 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE CONTROL	187
18.2 CALIBRACIÓN DEL ACTUADOR Y LA VÁLVULA DE CONTROL	189
18.3 SISTEMAS DE CONTROL DEL TANQUE REACTOR.....	190
18.4 SISTEMAS DE CONTROL DEL TANQUE SERPENTÍN	194
18.5 SISTEMAS DE CONTROL DEL TANQUE MEZCLADOR	200
19. PROPUESTA DEL ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOS PROCESOS.....	208

19.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA FÍSICA DENTRO DE LA UFPS.....	209
19.2 PLANTA FÍSICA	209
19.3 SISTEMA ELÉCTRICO E INSTRUMENTACIÓN	210
19.4 COMPONENTES POR PROTOTIPOS	210
19.4.1 Componentes del tanque calentador.....	211
19.4.2 Componentes del tanque serpentín.....	211
19.4.3 Componentes del tanque mezclador.....	212
19.4.4 Componentes del tanque reactor.....	212
19.4.5 Componentes del tanque enfriador.....	213
19.5 CANTIDAD TOTAL DE COMPONENTES.....	213
20. PUBLICACIONES	216
21. RESULTADOS	219
22. CONCLUSIONES.....	221
23. RECOMENDACIONES	224
BIBLIOGRAFÍA.....	225
ANEXOS	230