

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB- 12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/1

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): YEYNER ALVEIRO **APELLIDOS:** CARRILLO PABON
NOMBRE(S): FRANK WILIAM **APELLIDOS:** BLANCO OJEDA

FACULTAD: INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR:
NOMBRE(S): JOSÉ RICARDO **APELLIDOS:** BERMÚDEZ SANTAELLA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN DINAMÓMETRO HIDRÁULICO UTILIZADO EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.

RESUMEN

El proyecto tiene como finalidad el diseño e implementación de un sistema de control de un dinamómetro hidráulico. Para ello, se elabora una investigación descriptiva correlacional para *medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre un problema de estudio* y encontrar la relación entre la temperatura que adquiere el fluido de trabajo del dinamómetro con respecto al tiempo y la relación o error que existe entre el comportamiento real y el comportamiento simulado. En los resultados se determina e implementa el modelo matemático del dinamómetro hidráulico y del sistema de refrigeración a través de la herramienta Matlab-Simulink. Seguidamente, se selecciona la instrumentación y el sistema de refrigeración más adecuado para satisfacer el dinamómetro hidráulico. Igualmente, se calcula e implementa el sistema de control basado en estructuras clásicas como PID, PI o PD. Finalmente, se calcula e implementa la interfaz de monitorización y control utilizando el software LabVIEW.

PALABRAS CLAVE: Sistema de control, dinamómetro hidráulico, sistema de refrigeración.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 140 **PLANOS:** **ILUSTRACIONES:** **CD ROOM:** 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

COPIA NO CONTROLADA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN DINAMÓMETRO
HIDRÁULICO UTILIZADO EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.

YEYNER ALVEIRO CARRILLO PABON
FRANK WILIAM ADOLFO BLANCO OJEDA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2018

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN DINAMÓMETRO
HIDRÁULICO UTILIZADO EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.

YEYNER ALVEIRO CARRILLO PABON
FRANK WILIAM ADOLFO BLANCO OJEDA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de:

Ingenieros Electromecánicos

Director:

Msc I.E. JOSÉ RICARDO BERMÚDEZ SANTAELLA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2018

**FACULTAD DE INGENIERÍAS
ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO
MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

FECHA: 17 de Agosto de 2018

HORA: 10:00 A.M.

LUGAR: AG 101

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN DINAMÓMETRO HIDRÁULICO UTILIZADO EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA”.

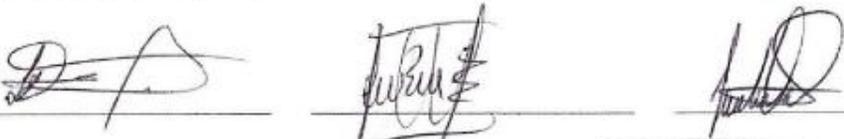
Jurados: Msc. LUIS EMILIO VERA DUARTE
Ing. JOSÉ RAFAEL EUGENIO LÓPEZ
Msc. CRISTIAN LEONARDO TARAZONA CELIS

Dirigido: Msc. JOSÉ RICARDO BERMÚDEZ SANTAELLA

MERITORIA

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTE	CÓDIGO	CALIFICACIÓN
YEYNER ALVEIRO CARRILLO PABÓN	1090782	4,8
FRANK WILIAM ADOLFO BLANCO OJEDA	1090846	4,8

FIRMA DE LOS JURADOS:



VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR



Magaly G.

Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag
Teléfono (057)(7) 5776655 - www.ufps.edu.co
oficinadeprensa@ufps.edu.co San José de Cúcuta - Colombia

Creata mediante decreto 323 de 1970

Dedicatoria

A mis amados padres Jairo Blanco Moreno y Marlen Ojeda Gonzales, por dedicar su esfuerzo y sobre todo brindarme el apoyo incondicional para salir adelante en este proceso, esto es por ustedes y para ustedes, seguiré con esta lucha incansable para algún brindarles lo mejor. Gracias por su fe en mí.

A mi hermano mayor Joel, por la motivación y demostrarme que cuando se quiere se pueden alcanzar las metas.

A mis dos familias quienes estuvieron pendientes de mí en este proceso y me dieron ánimos para continuar y nunca desfallecer

A mi novia Michelle Guerrero quien ha sido una bendición en este proceso, gracias por tu amor, comprensión, paciencia y por apoyarme en los momentos más difíciles

Frank Wiliam Adolfo Blanco Ojeda

Dedicatoria

Agradezco primeramente a Dios, por permitirme cumplir este logro tan importante en vida como lo es la obtención del título como profesional.

A mis familiares doy mi gratitud por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios, recibirme en sus casas y contar en todo momento con su ayuda.

A los miembros del grupo de investigación en desarrollo de procesos industriales los cuales fueron mi segunda familia en el paso por nuestra alma mater.

Yeyner Alveiro Carrillo Pabon

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Al MSc. Ing Jose Ricardo Bermudez Santaella por la confianza prestada, colaboración, compromiso, sus palabras de motivación y sobre todo sus grandes consejos para la vida

Al Ing Jose Rafael Eugenio Lopez por acompañarnos de manera incondicional en este proyecto de grado y sus constantes asesorías.

Al MSc. Ing Luis Emilio Vera Duarte por el apoyo, consejos y colaboración en los momentos precisos.

Al PhD Carlos Eduardo Castilla Alvarez por sus aportes fundamentales en el desarrollo del proyecto y por brindarnos asesoría a pesar de la distancia.

A los integrantes de la familia GIDPI quienes de alguna u otra forma colaboraron con detalles en este proyecto de grado, muchas gracias y éxitos para Daniel Susa, Erick Rincón, Giancarlo Sepulveda, Brian Perez, Nathaly Patiño, Neiber Herrera, Johans Becerra, Elena Peñaranda, Abdul Cárdenas y David Marcucci.

Contenido

	pág.
Introducción	20
1. Problema	21
1.1 Titulo	21
1.2 Planteamiento del Problema	21
1.3 Formulación del Problema	22
1.4 Objetivos	22
1.4.1 Objetivo general	22
1.4.2 Objetivos específicos	22
1.5 Justificación	23
1.6 Alcances y Limitaciones	23
1.6.1 Delimitaciones	23
1.6.2 Delimitación espacial	24
1.6.3 Delimitación temporal	24
1.6.4 Delimitación conceptual	24
2. Marco Referencial	25
2.1 Antecedentes	25
2.2 Marco Teórico	26
2.2.1 Propiedades de los fluidos	27
2.2.2 Cantidad de flujo	27
2.2.3 Ecuación de continuidad	28
2.2.4 Ecuación general de la energía	28
2.2.5 Ley Cero de la termodinámica	30

2.2.6 Balance de masa	31
2.2.7 Balance de energía	31
2.2.8 Ecuación fundamental de las Turbomáquinas o ecuación de Euler	33
2.2.9 Modelamiento de procesos industriales	35
2.2.10 Control analógico	36
2.2.11 Tipos de frenos	37
2.2.11.1 Frenos de fricción	37
2.2.11.2 Freno hidráulico	38
2.2.11.3 Freno de corrientes parasitas	39
2.2.11.4 Dinamofrenos	40
2.2.11.5 Válvulas de control	41
2.2.11.6 Tipos de bombas hidráulicas	42
2.2.11.7 Bombas de desplazamiento positivo	42
2.2.11.8 Bombas centrifugas	43
2.2.12 Motor de combustión interna	44
2.2.12.1 Ciclo Otto	44
2.2.12.2 Ciclo Diésel	46
2.2.13 Radiador	47
2.2.13.1 Radiador con núcleo tipo tubular	47
2.2.13.2 Radiador con núcleo tipo panal	48
2.2.12.3 Radiador con núcleo tipo láminas de agua	49
2.3 Marco Conceptual	50
2.4 Marco Contextual	51
2.5 Marco Legal	53

3. Diseño Metodológico	54
3.1 Tipo de Investigación	54
3.2 Universo	54
3.3 Actividades y Metodología	56
3.4 Técnica de Recolección de Datos	58
5. Desarrollo del Proyecto	59
4.1 Descripción de la Planta	59
4.1.1 Descripción de los componentes	59
4.1.2 Válvula de control	60
4.1.2.1 Caudalímetro	60
4.1.2.2 Sensor de presión	61
4.1.2.3 Dinamómetro hidráulico	61
4.1.2.4 Sensor enconder	61
4.1.2.5 Celda de carga	61
4.1.2.6 Tensor	61
4.1.2.7 Motor de combustión interna	62
4.1.2.8 Filtro de combustible	62
4.1.2.9 Depósito de combustible	62
4.1.2.10 Sensor de temperatura	62
4.1.2.11 Reservatorio de agua	62
4.1.2.12 Radiador	62
4.1.2.13 Banco de adquisición	63
4.1.2.14 Fuente de alimentación	63
4.1.2.15 Bomba centrífuga	63

4.1.2.16 Transmisión	63
4.2 Determinación del Modelo Matemático	63
4.2.1 Modelo matemático del dinamómetro hidráulico	64
4.2.1.1 Análisis de energía absorbida por el dinamómetro hidráulico	64
4.2.1.2 Análisis de pérdidas en el dinamómetro hidráulico	68
4.2.1.3 Análisis de torque proporcionado al dinamómetro hidráulico	69
4.2.1.4 Análisis de la ecuación dinámica del dinamómetro hidráulico	70
4.2.2 Modelo matemático del sistema de refrigeración	71
4.2.2.1 Análisis de Energía en el Aire que atraviesa el radiador	71
4.2.2.2 Análisis de energía en el agua que circula a través del radiador	75
4.2.2.3 Obtención de la ecuación dinámica del radiador	75
4.3 Implementación de los Modelos Matemáticos	76
4.3.1 Implementación y resultados del modelo dinamómetro hidráulico	77
4.3.2 Implementación y resultados del sistema de refrigeración	80
4.4 Selección de la Instrumentación	85
4.4.1 Instrumentación del dinamómetro hidráulico y sistema de refrigeración	86
4.4.1.1 Caudalímetro	86
4.4.1.2 Sensor de presión	91
4.4.1.3 Celda de carga	93
4.4.1.4 Termocuplas	94
4.5 Diseño e Implementación del Sistema de Control	96
4.5.1 Estrategia de control del dinamómetro hidráulico	99
4.5.2 Estrategia de control del sistema de refrigeración	101
4.6 Diseño de la Interfaz de Monitorización	103

4.6.1 Diseño tarjeta de acondicionamiento de señales	103
4.6.2 Diseño interfaz del banco de pruebas	112
5. Análisis de Resultados	118
5.1 Análisis de Resultados del Motor con y sin el Sistema de Refrigeración en el Fluido de Trabajo	118
5.2 Análisis de las Curvas Características del Motor de Combustión Interna	120
5.3 Comportamiento de Velocidad y torque del Motor ante una Carga Nominal	122
5.4 Implementación del Control PWM	124
5.5 Selección de la Bomba Centrífuga	125
5.6 Análisis de Respuesta de los Sistemas de Control	127
5.6.1 Análisis de los controladores del dinamómetro hidráulico	127
5.6.2 Análisis de los controladores del sistema de refrigeración	129
6. Conclusiones	132
7. Recomendaciones	134
Referencias Bibliográficas	136