



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA SISTEMAS DE CONTROL, EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

Autores:

Alcaciega Siza Cristian Oswaldo

Simba Lema Diego Andrés

Tutor:

Ing. Ms.C. Byron Paúl Corrales Bastidas

Latacunga - Ecuador

Septiembre 2019 – Febrero 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Alcaciega Siza Cristian Oswaldo y Simba Lema Diego Andrés declaramos ser autores del presente proyecto de investigación "DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA SISTEMAS DE CONTROL, EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI", siendo el Ing. Ms.C. Byron Paúl Corrales Bastidas y la Ing. Ms.C. Tammy Lucía Gallo Castillo tutores del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



Alcaciega Siza Cristian Oswaldo

CC: 180550594-6



Simba Lema Diego Andrés

CC: 050410950-5

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: "DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA SISTEMAS DE CONTROL, EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI", de Alcaciega Siza Cristian Oswaldo y Simba Lema Diego Andrés de la Carrera de Ingeniería Electromecánica considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero del 2020.

Tutor



Ing. Ms.C. Byron Paul Corrales Bastidas

CC: 050234776-8

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, por cuanto, los postulantes: **Alcaciega Siza Cristian Oswaldo** y **Simba Lema Diego Andrés** con el título de Proyecto de titulación: "DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA SISTEMAS DE CONTROL, EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI", han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Febrero del 2020

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Ms.C. Luigi Orlando Freire Martinez

CC: 050252958-9

Lector 2

Ing. Ms.C. Verónica Paulina Freire Andrade

CC: 050205622-9

Lector 3

Ing. Ms.C. Luis Rolando Cruz Parachi

CC: 050259517-6

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, Febrero del 2020


Ing. Ms.C. Byron Paúl Corrales Bastidas
Docente de la Universidad Técnica De Cotopaxi

Presente.-

En calidad de Docente de la Universidad Técnica De Cotopaxi, confirmo la realización del proyecto **“DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA SISTEMAS DE CONTROL, EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, implementado por los señores estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica; Alcaciega Siza Cristian Oswaldo con CC. 180550594-6 y Simba Lema Diego Andrés con CC. 050410950-5.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para que los interesados puedan hacer uso para los fines que crean conveniente.

Atentamente:



Ing. Ms.C. Byron Paúl Corrales Bastidas

CC: 050234776-8

Docente de la Universidad Técnica De Cotopaxi

AGRADECIMIENTO

A mis padres Oswaldo Alcaciega y Blanca Siza quienes fueron los pilares fundamentales para alcanzar mis metas y objetivos planteados, a mis hermanas, hermano y familiares, quienes siempre me alentaron y apoyaron a seguir adelante.

También a la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formar parte de esta institución en el lapso de mi preparación académica, y sus docentes por impartirnos sus conocimientos.

Cristian A.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y familiares por el apoyo condicional brindado durante todo este tiempo, que me motivo seguir adelante durante el transcurso de mi formación universitaria.

Le agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi y maestros por haber compartido sus enseñanzas para formarme como profesional.

Diego S.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	¡Error! Marcador no definido.
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
1. INFORMACIÓN BASICA.....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	3
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	3
2.2. TIPO DE PROPUESTA ALCANCE.....	3
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO	3
2.4. SINÓPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	3
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	4
2.5.1. OBJETO DE ESTUDIO	4
2.5.2. CAMPO DE ACCIÓN	4
2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA.....	4
2.6.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA.....	4
2.6.2. PROBLEMA	5
2.7. HIPÓTESIS.....	5
2.8. BENEFICIARIOS	5
2.9. OBJETIVOS.....	5
2.9.1. OBJETIVO GENERAL	5
2.9.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5

2.10.	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	6
3.	MARCO TEÓRICO	7
3.1.	ANTECEDENTES.....	7
3.2.	SISTEMAS DE CONTROL	8
3.2.1.	ELEMENTOS GENERALES DE UN SISTEMA DE CONTROL.....	8
3.2.2.	VARIABLE CONTROLADA Y SEÑAL DE CONTROL O VARIABLE MANIPULADA	9
3.2.3.	TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL	10
3.3.	SENSORES ELECTRÓNICOS	12
3.3.1.	SENSORES DE ILUMINACIÓN	12
3.3.2.	SENSORES DE TEMPERATURA	13
3.3.3.	SENSORES DE POSICIÓN, DESPLAZAMIENTO Y PROXIMIDAD.....	13
3.4.	COMPONENTES EMPLEADOS EN EL MÓDULO DE CONTROL	14
3.5.	DIAGNOSTICO ENERGÉTICO	18
3.6.	TIPOS DE CONTROLADORES INDUSTRIALES	18
3.6.1.	CONTROL ON/OFF	18
3.6.2.	CONTROL PROPORCIONAL.....	19
3.6.3.	CONTROL PROPORCIONAL - INTEGRAL.	20
3.6.4.	CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO	21
3.6.5.	PROPORCIONALES-INTEGRALES-DERIVATIVOS (PID)	22
3.6.6.	CONTROL FUZZY	23
3.6.7.	CONTROL PREDICTIVO (MPC)	24
3.7.	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN GRÁFICA	25
3.7.1.	TIPOS DE LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	25
3.8.	SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN GRÁFICA LABVIEW	26
3.8.1.	USO DE LA MEMORIA LABVIEW	26
3.9.	SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DAQ.....	27

3.9.1.	FUNCIONES DE DISPOSITIVOS DAQ.....	27
3.9.2.	SOFTWARE DAQ.....	27
3.9.3.	NI-DAQ.....	28
3.9.4.	NI-DAQ TRADICIONAL.....	28
3.9.5.	NI ELVISMX.....	28
3.9.6.	NI MYDAQ.....	28
4.	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	29
4.1.	SEÑALIZACIÓN DE VARIABLES.....	29
4.2.	PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO ESQUEMÁTICO.....	30
4.3.	DISEÑO ESQUEMÁTICO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DEL MÓDULO.....	31
4.4.	DISEÑO ESQUEMÁTICO DEL CONTROL DEL MOTOR DC.....	31
4.5.	DISEÑO ESQUEMÁTICO DE CONTROL DEL MOTOR PASO A PASO.....	32
4.6.	DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL DE TEMPERATURA.....	33
4.6.1.	DISEÑO DEL CIRCUITO DEL SENSOR DE TEMPERATURA LM35.....	33
4.6.2.	DISEÑO DEL CIRCUITO DEL VENTILADOR DC.....	33
4.6.3.	DISEÑO DEL CIRCUITO DEL FOCO DE UÑA DE 12V.....	34
4.7.	DISEÑO DEL CIRCUITO DEL ENCODER ÓPTICO.....	34
4.8.	DISEÑO DEL CIRCUITO PARA LA FOTORRESISTENCIA LDR.....	36
4.9.	DISEÑO DEL CIRCUITO PARA LA ACTIVACIÓN DEL RELÉ.....	37
4.10.	DISPOSICIÓN DE PINES DEL MÓDULO DE CONTROL.....	37
4.11.	DISEÑO Y RUTEADO ESQUEMÁTICO DEL CIRCUITO FINAL.....	38
4.12.	IMPRESIÓN DE LA PLACA Y COLOCACIÓN DE ELEMENTOS.....	39
4.13.	DISEÑO DE LA CAJA DE ACRÍLICO Y OTROS ELEMENTOS.....	40
4.14.	PROCEDIMIENTO PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE LA NI MYDAQ, Y EL SOFTWARE.....	41
4.13.	DISEÑO DEL PROGRAMA EN EL SOFTWARE DE ELEMENTOS FINITOS.....	41
4.14.	PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS CONSTANTES DEL CONTROL PID.....	42

5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS).....	43
5.1. MÓDULO PARA SISTEMAS DE CONTROL.....	43
5.2. PRUEBA DE COMUNICACIÓN ENTRE LA NI MYDAQ Y EL SOFTWARE	44
5.3. PRUEBA DE CONTROL ON- OFF DE TEMPERATURA	44
5.4. PRUEBA DE CONTROL PID DE TEMPERATURA.....	46
5.5. PRUEBA DE LA PRÁCTICA DE POSICIÓN	47
5.6. PRUEBA DE LA PRÁCTICA DE CONTROL DE VELOCIDAD.....	48
5.7. PRUEBA DE LAS RPM DEL MOTOR DC	49
5.8. PRUEBA DE LUMINOSIDAD CONTROL ON-OFF.	49
5.9. PRUEBA DE ACTIVACIÓN DEL RELÉ	51
6. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	51
6.1. IMPACTO TECNOLÓGICO	51
6.2. IMPACTO PRÁCTICO.....	52
6.3. IMPACTO ECONÓMICO	52
7. VALORACIÓN ECONÓMICA Y/O PRESUPUESTO PARA IMPLEMTAR LA PROPUESTA DEL PROYECTO	52
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
9. BIBLIOGRAFÍA.....	57
10. ANEXOS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Diagrama de un sistema de control	8
Figura 3.2. Obtención de la función de transferencia de lazo cerrado $T(s)$	9
Figura 3.3. Elementos de sistema de control a lazo abierto.	10
Figura 3.4. Muestra la configuración de un sistema retroalimentado	11
Figura 3.5. Diagrama Lazo abierto.....	12
Figura 3.6. Fotorresistencia (LDR)	12
Figura 3.7. Sensor de circuito integrado (LM35).....	13
Figura 3.8. Codificador óptico	13
Figura 3.9. Motor DC 5V	14
Figura 3.10. Driver TB6612FNG	14
Figura 3.11. Sensor de velocidad	15
Figura 3.12. Regulador LM7805CV	15
Figura 3.13. Amplificador LM741	16
Figura 3.14. Motor step	16
Figura 3.15. Circuito integrado ULN2003A	16
Figura 3.16. Ventilador VN-2251	17
Figura 3.17. Foco de uña 12V	17
Figura 3.18. Circuito integrado 74LS04.....	17
Figura 3.19. Comportamiento en tiempo del control de nivel tipo On-Off.....	19
Figura 3.20. Sistema de control.....	20
Figura 3.21. Acción proporcional en un controlador	20
Figura 3.22. Diagrama de bloques de la acción PI.....	21
Figura 3.23. Acción del control proporcional – integral	21
Figura 3.24. Diagrama de bloques PD.....	21
Figura 3.25. Acción de control proporcional derivativo	22
Figura 3.26. Diagrama de bloques de control PID	22
Figura 3.27. Acción del controlador PID	23
Figura 3.28. Diagrama del control Fuzzy	24
Figura 3.29. Estrategia de control predictivo	24
Figura3. 30. Panel frontal LabVIEW	26
Figura 3.31. Diagrama de bloques.....	26
Figura 3.32. Diagrama de adquisición de datos	27

Figura 3.33. NI myDAQ.....	28
Figura 4.1. Diseño de la fuente de alimentación del módulo.....	31
Figura 4. 2. Esquema control de motor DC.....	32
Figura 4. 3. Diagrama de control del motor step.....	32
Figura 4. 4. Conexión del LM35	33
Figura 4. 5. Diagrama de coneccion del ventilador.....	33
Figura 4. 6. Diagrama del conexión del foco	34
Figura 4. 7. Ilustración de división de tensión	35
Figura 4. 8. Diagrama del encoder para el motor paso a paso.....	35
Figura 4. 9. Diagrama del encoder para el motor DC	36
Figura 4. 10. Diagrama de la fotorresistencia.....	36
Figura 4. 11. Diagrama del relé.....	37
Figura 4. 12. Disposición de pines del módulo de control	38
Figura 5. 1. Módulo para sistemas de control.....	43
Figura 5. 2. Ventana del NI MAX.....	44
Figura 5. 3. Activación de relé al superar la temperatura de setpoint	45
Figura 5.4. Control on-off con un setpoint de 45°C.....	46
Figura 5. 5. Onda del PID, con un setpoint de 50°C	46
Figura 5. 6. Posición del motor step a 40°.....	47
Figura 5. 7. Posición motor step a 260 °	47
Figura 5. 8. Visualización de la ventana del control de velocidad.....	48
Figura 5. 9. RPM del motor DC	49
Figura 5.10. Sistema de control ON-OFF de luminosidad.....	50
Figura 5.11. Formas de onda del sistema de control ON-OFF.....	50
Figura 5.12. Visualización de la ventana de control del relé.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Descripción de las actividades por objetivo.	6
Tabla 3.1. Regla de sintonía de Ziegler-Nichols (segundo método).	23
Tabla 4. 1. Señalización de variables.....	29
Tabla 4.2. Procesos para llevar a cabo la propuesta tecnológica.....	30
Tabla 4.3. Procedimiento para el diseño esquemático.....	30
Tabla 4. 4. Disposición de pines del módulo de control.....	38
Tabla 4.5. Diseño y ruteado del circuito final.	39
Tabla 4.6. Impresión de la placa y colocación de elementos.....	40
Tabla 4.7. Diseño de la caja de acrílico y otros elementos.....	40
Tabla 4.8. Comunicación entre la NI myDAQ, el módulo y el software.	41
Tabla 4.9. Diseño del programa en el software de elementos finitos.	41
Tabla 4.10. Procedimiento para la obtención de las constantes del control PID.....	42
Tabla5. 1. Activación y desactivación de los elementos del módulo dependientes del setpoint.....	45
Tabla 5.2. Activación del relé a un setpoint de 45°C.....	45
Tabla5. 3. Constantes del PID	47
Tabla 5.4. Control del ángulo de giro del motor step a diferente setpoint.	48
Tabla 5.5. Generación de PWM para el control de velocidad del motor DC.....	48
Tabla 5.6. RPM de acuerdo a la velocidad del motor DC.....	49
Tabla 5.7. Datos de sistemas de control ON-OFF de luminosidad	50
Tabla 5.8. Accionamiento de relé	51
Tabla 7. 1. Presupuesto para la elaboración de la propuesta tecnológica.....	53

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA SISTEMAS DE CONTROL, EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

Autores: Alcaciega Siza Cristian Oswaldo
Simba Lema Diego Andrés

RESUMEN

La propuesta tecnológica presentada es el diseño y construcción de un módulo para Sistemas de Control en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para realizar prácticas de laboratorio de temperatura, velocidad, posición e iluminación, elaborada mediante investigación bibliográfica y experimental, se realiza el diseño esquemático de circuitos de control para un motor DC, motor paso a paso, ventilador y un foco incandescente, y el diseño esquemático para la adquisición de datos de sensores como un LM35, fotorresistencia, y un encoder óptico, los diseños se desarrollan en un software de elementos finitos para posteriormente imprimirlos en una placa de baquelita y proceder a la colocación de sus componentes electrónicos, dando como resultado el módulo finalizado listo para el desarrollo de pruebas, la comunicación entre el módulo y el software de elementos finitos es por medio de una tarjeta de adquisición de datos tipo NI myDAQ, el envío y la recepción de señales depende de la lógica programable del usuario y su requerimiento, por medio de programas desarrollados se puede realizar el accionamiento directo en los actuadores, control de temperatura por medio de PID y control ON-OFF, cambio de giro y control de velocidad por medio de un PWM en el motor DC, control de posición del motor paso a paso, control ON-OFF del LDR y accionamiento de un relé de propósito general, demostrando con estas pruebas la funcionalidad del módulo que servirá para prácticas enfocadas hacia el aprendizaje tanto teórico como práctico del estudiante, fortaleciendo sus habilidades y conocimientos.

Palabras claves: Sistemas de Control, Tarjeta de Adquisición de Datos, Lógica Programable, Control PID, Control ON-OFF.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

THEME: “THE DESIGN OF A DIDACTIC MODULE FOR CONTROL SYSTEMS, IN THE ELECTROMECHANICAL ENGINEERING LABORATORY, OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI”

Authors: Alcaciega Siza Cristian Oswaldo
Simba Lema Diego Andrés

ABSTRACT

The technological proposal presented is the design and construction of a module for Systems of Control in the Laboratory of Electromechanical Engineering of the Technical University of Cotopaxi, in order to realize laboratory practices in topics like temperature, speed, position and luminosity, which were based on bibliographical descriptions and experimental investigation, the primary purpose is to realize the schematic design of circuits of control for a DC engine, engine step by step, fan and an incandescent focus, and the schematic design for the acquisition of sensor data such as an LM35, photoresistor, and an optical encoder, the designs are developed in a finite element software to later print them on a bakelite plate and proceed to the placement of their electronic components, all of this results in the finalized module ready for the development of tests, the communication between the module and the software of finite elements is made through of an N-type data acquisition card NI myDAQ, the shipment and the reception of signals depends on the programmable logic of the user and your requirement, through developed programs can be directly drive in the actuators, temperature control by means of PID and control ON-OFF, change of rotation and speed control by PWM in the engine DC, control position of the engine step by step, control ON-OFF of the LDR and actuation of a general purpose relay, finally, with these tests we can demonstrate the functionality of the module which can be used for practices focused on both theoretical and practical student learning, strengthening their skills and knowledge.

Keywords: Control Systems, Data Acquisition Card, Programmable Logic, PID Control, ON-OFF Control.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores: Alcaciega Siza Cristian Oswaldo y Simba Lema Diego Andrés, egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, cuyo título versa **"DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA SISTEMAS DE CONTROL, EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI"**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2020

Atentamente



Mg. Bolívar Maximiliano Cevallos Galarza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C: 091082166-9

1. INFORMACIÓN BASICA

PROPUESTO POR:

Alcaciega Siza Cristian Oswaldo.

Simba Lema Diego Andrés.

TEMA APROBADO:

“DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA SISTEMAS DE CONTROL, EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

CARRERA:

Ingeniería Electromecánica.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:

Ing. Ms.C. Byron Paúl Corrales Bastidas

EQUIPO DE TRABAJO:

El equipo de trabajo está conformado por los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de Ingeniería Electromecánica:

Alcaciega Siza Cristian Oswaldo.

Simba Lema Diego Andrés.

Y por el docente Tutor:

Ing. Ms.C. Byron Paúl Corrales Bastidas

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO:

La duración del proyecto es de Septiembre del 2019 a Febrero del 2020

FECHA DE ENTREGA:

Febrero 2020

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Como línea de investigación se basa en, Procesos Industriales.

La línea de investigación está relacionada con la propuesta tecnológica, diseño de un módulo didáctico de sistemas de control, para el laboratorio de Ingeniería Electromecánica, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, pues se fomenta la utilización de nuevos sistemas de control en procesos industriales.

SUB LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA:

En lo que corresponde a la sub línea de investigación de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, las investigaciones que se desarrollen en esta línea estarán enfocadas a promover el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan mejorar el rendimiento productivo, fomentando la producción industrial más limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial, que se fundamenta en el diseño, construcción, control, automatización, mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:

El tipo de propuesta es Tecnológica, ya que con el módulo para sistemas de control se incentiva a la utilización de nuevos equipos de adquisición de datos, el cual recibe y recepta señales analógicas y digitales por medio de sensores y actuadores.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1.TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DISEÑO DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA SISTEMAS DE CONTROL, EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

2.2.TIPO DE PROPUESTA ALCANCE

Con el diseño y construcción del banco de pruebas para sistemas de control, se podrá realizar prácticas de control de temperatura, posición, velocidad, luminosidad, con el fin de mejorar el aprendizaje en los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.3.ÁREA DEL CONOCIMIENTO

Según la UNESCO el área de conocimiento que abarca el proyecto, es la de Ingeniería, industria y construcción.

Donde interviene la sub área 52 Ingeniería y profesiones afines, el cual consta con: Dibujo técnico, mecánica, metalistería, electricidad, electrónica, telecomunicaciones, ingeniería energética y química, mantenimiento de vehículos, topografía.

2.4.SINÓPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

La propuesta tecnológica consiste en la construcción de un módulo didáctico de Sistemas de Control, para el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, el cual está conformado de la parte de hardware y software.

El módulo para sistemas de control está conformado por un motor DC, un motor a paso a paso, una fotorresistencia (LDR), un sensor de temperatura LM35, un relé de propósito general, y una tarjeta de Adquisición de Datos de la serie NI myDAQ, la cual recepta y emite señales analógicas y digitales a la interfaz desarrollada.

Las prácticas que se podrán realizar son: control de temperatura, luminosidad, velocidad, y posición, el control puede ser de forma manual o automáticamente de los actuadores, según sea la programación. El módulo está enfocado en la enseñanza y aprendizaje hacia el estudiante en materia de sistemas y técnicas de control industrial.

2.5.OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

El objeto de estudio es el módulo para sistemas de control.

2.5.2. Campo de acción

El campo de acción viene a ser los métodos y procesos basados en sistemas de control, tomando en cuenta variables como elementos pasivos y activos, que son sensores y actuadores, con el que se pretende reforzar, la parte técnica y analítica de temas y técnicas estudiados durante el proceso de formación del ingeniero electromecánico.

2.6.SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1. Situación problemática

Dentro de las competencias que corresponden a un Ingeniero Electromecánico está el dominio de procesos y automatización basados en sistemas de control industrial, por lo cual los fundamentos teóricos deben ser sustentados con la práctica, para el desarrollo de una buena educación y preparación académica.

La Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, imparte las asignaturas de programación, electrónica, sistemas digitales, electrónica de potencia, control industrial, sistemas de control, control de autómatas programables, y medidas eléctricas e instrumentación, estas imparten conocimientos teóricos que se ven en la obligación de reforzarlos con la práctica, viéndose obstaculizados ya que no cuentan con módulos para reforzar la teoría con la práctica.

Actualmente, cada día se incrementa la aceleración del avance de las ciencias y el desarrollo tecnológico, debido a este avance se ha recurrido a reemplazar la lógica cableada en los sistemas de automatización y control de contactos por la lógica programada, ya que un proceso automatizado brinda mejores garantías de calidad, seguridad y competitividad. Se requiere entonces que el Ingeniero Electromecánico adquiera conocimientos teóricos y prácticos de instrumentación y programación, los cuales estén fomentados a la utilización de nuevos sistemas de control en procesos industriales. Es por todo esto que surge la necesidad de un módulo de sistemas de control con el que se reforzará el aprendizaje de los estudiantes.

2.6.2. Problema

La necesidad de módulos didácticos para Sistemas de Control, en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en el que se pueda realizar prácticas de temperatura, posición, velocidad, y luminosidad enfocadas a instrumentación y sistemas de control.

2.7.HIPÓTESIS

La implementación de un módulo didáctico de Sistemas de Control, permitirá realizar prácticas referentes al control de velocidad, temperatura, posición y luminosidad, en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.8.BENEFICIARIOS

- Los beneficiarios directos son, la Universidad Técnica de Cotopaxi, para la Carrera de Ingeniería Electromecánica, los docentes, estudiantes internos y externos de la Universidad Técnica de Cotopaxi que se vean interesados en la manipulación del módulo.
- Indirectamente se benefician los lectores quienes se interesen por el desarrollo del presente escrito.

2.9.OBJETIVOS

2.9.1. Objetivo general

- Diseñar un módulo didáctico para Sistemas de Control, en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi para realizar prácticas de temperatura, posición, velocidad y luminosidad.

2.9.2. Objetivos específicos

- Recopilar datos técnicos y bibliográficos de elementos que conformarán el módulo, como sensores y actuadores.
- Construir el esquema electrónico en el cual irán los elementos electrónicos seleccionados.
- Imprimir programas por medio de software de análisis de elementos finitos, para la adquisición de datos y el accionamiento de sensores y actuadores.

- Establecer pruebas y prácticas, por medio de guías detallados en un manual de operación y utilización.

2.10. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Tabla 1.1. Descripción de las actividades por objetivo.

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la metodología
Recopilar datos técnicos y bibliográficos de elementos que conformarán el módulo, como sensores y actuadores.	Se investiga las aplicaciones de equipos electrónicos en sistemas de control. Obtención de voltaje de operación nominal, resistencia, corriente con carga, sin carga y de arranque, velocidad, entre otros datos.	Conocimiento de la utilidad de los componentes y relación entre estas y el software. Selección de elementos o componentes que conformarán el módulo.	Mediante metodología investigativa, cualitativa y de campo.
Construir el esquema electrónico en el cual irán los elementos seleccionados.	Realización del esquema electrónico por software. Impresión del diagrama en una placa de baquelita.	Placa de baquelita listas para la incorporación de los elementos que compondrán el módulo.	Mediante elementos finitos.
Imprimir programas por medio de software de análisis de elementos finitos, para la adquisición de datos y el	Estudio del uso y aplicación de elementos finitos en la adquisición y envío de señales analógicas y digitales. Elaborar programas capaces de receptor y	Adquisición de conocimiento sobre el uso y manipulación del software de análisis de elementos finitos que se va a	Mediante metodología investigativa y por medio de elementos

accionamiento de sensores y actuadores.	enviar señales analógicas y digitales hacia el módulo.	emplear. Obtención de programas capaces de interactuar con el módulo, según sea el requerimiento.	finitos.
Establecer pruebas y prácticas, por medio de guías detallados en un manual de operación y utilización	Análisis de la comunicación entre el módulo, DAQ y la programación.	Funcionalidad del módulo de sistemas de control finalizado. Guías de laboratorio.	Metodología cualitativa y de campo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

- La empresa National Instruments desarrolló el módulo Entrenador de Planta de Control (EPC), que es un equipo electrónico que incluye sensores y actuadores típicos en sistemas de instrumentación y control tales como temperatura, velocidad, posición, señales analógicas de corriente continua, alterna, digital, y tren de pulsos. El EPC está diseñado para utilizarse mediante una tarjeta de adquisición de datos DAQ o sistema embebido de National Instruments, está diseñado para facilitar el aprendizaje de conceptos de teoría de control e instrumentación. [1]
- En su trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento los señores Altamirano E. y Méndez P. realizaron el “Diseño y construcción de módulos didácticos para el laboratorio virtual de instrumentación industrial, de la carrera de ingeniería en mantenimiento eléctrico”, donde incluyen sensores de temperatura, velocidad, posición, actuadores habituales como calentadores, motores, indicadores led, además de la adquisición de señales análogas de voltaje, señales digitales on/off y señales tipo pulsátiles y accionamiento de relé. [2]

- En su trabajo de grado Rodríguez A. diseño una ``Planta electrónica para entrenamiento de sistemas de control utilizando la interface NI myDAQ y el software LabVIEW 2010'', en el que realizan el control de variables como velocidad, temperatura y sonido, por medio de control ON/OFF y PID. [3]
- Bucheli J. y Velásquez L. en su trabajo de grado realizan el `` José Luis Bucheli Naranjo, Lenin Mauricio Velásquez Garrido Diseño y construcción de un módulo con sistemas HMI para el análisis y estudio de sensores y transductores de proximidad analógicos por medio de la tarjeta de adquisición de datos DAQ NI y controlada por el software LabVIEW'', se emplea para el análisis y estudio del comportamiento de sensores de proximidad analógicos, para determinar el rango de trabajo y su comportamiento frente a diversos materiales. [4]

3.2.Sistemas de control

Los sistemas de control son el conjunto de elementos que interactúan para conseguir que la salida de un proceso se comporte tal y como se desea, mediante una acción de control. Un sistema o proceso está formado por un conjunto de elementos relacionados entre sí que ofrecen señales de salida en función de señales o datos de entrada. [5]

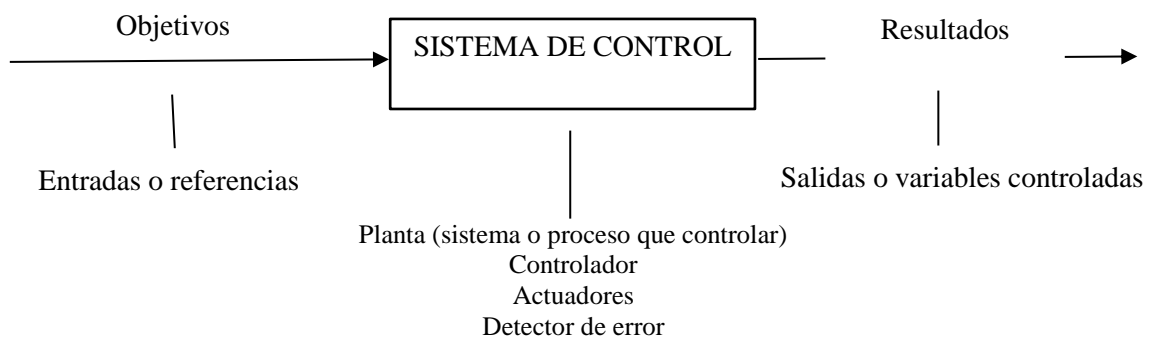


Figura 3.1. Diagrama de un sistema de control

Fuente: [5]

3.2.1. Elementos generales de un sistema de control

Los elementos que componen a un sistema de control son: señal, indicadores, transmisor, controladores, transductores, precisión, error, sensor, exactitud.

Señal: Es aquella muestra física que puede ser medida ya sea variable o constante en el tiempo.

Controladores: Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta operación calcula un error, para luego actuar con el fin de corregir el error.

Precisión: Capacidad de un instrumento de entregar el mismo valor para la magnitud medida al realizar varias mediciones y en unas mismas condiciones.

Sensor: Es un dispositivo que, al partir de la energía del medio en el que se mide, proporciona una señal de salida transducible que es función de la magnitud que se pretende medir.

Exactitud: Es la capacidad de un instrumento de medición de dar indicaciones que se aproximen al valor verdadero de la magnitud medida.

Error: Es la diferencia entre la salida real y la salida ideal. El error se puede expresar como un porcentaje de la lectura. [6]

Error de estado estable en función de t(s): Con respecto a la figura 3.2, el error E(s) se define como la diferencia de la entrada R(s) menos la salida Y(s): [7]

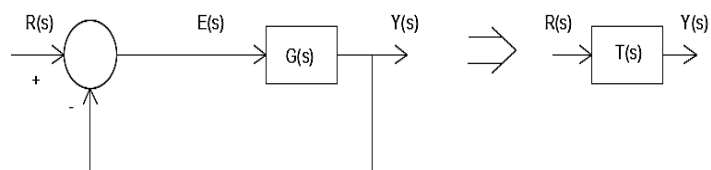


Figura 3.2. Obtención de la función de transferencia de lazo cerrado T(s)

Fuente: [7]

$$E_s = R_s - Y_s \quad (1)$$

Donde se considera que en lazo cerrado:

$$Y_s = R_s \times T_s \quad (2)$$

Al sustituir (b) en (a):

$$E_s = R_s - Y_s = R_s[1 - T_s] \quad (3)$$

3.2.2. Variable controlada y señal de control o variable manipulada

La variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. La señal de control o variable manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada.

Tipos de señales

Consideraremos como señales las variaciones a lo largo del tiempo de las entradas o salidas de un sistema. Obviamente, estas señales pueden ser de distinta naturaleza, y por tanto sus unidades físicas pueden ser diversas. Según cómo sea la variación de estas señales, podemos clasificarlas dentro de dos grandes grupos: señales analógicas y señales digitales.

Circuitos análogos y circuitos digitales

Circuitos análogos: trabajan con una amplia variedad de señales que varían en forma continua dentro de valores. Los circuitos análogos se denominan también circuitos lineales.

Circuitos digitales o lógicos: trabajan con señales que pueden adoptar únicamente uno de dos valores posibles. En un instante dado, las entradas y salidas de un circuito digital están en alto o en bajo, pero no en un valor intermedio. [8]

3.2.3. Tipos de sistemas de control

Los tipos de sistemas de control más comunes son los sistemas de control a lazo abierto y los sistemas de control a lazo cerrado.

Sistema de control a lazo abierto

Es aquel sistema de control en el que la salida no es afectada por la señal de entrada. La salida no se realimenta para compararla con la entrada. Los elementos de un sistema a lazo abierto usualmente están divididos en dos partes, el controlador y el proceso controlado. [9]

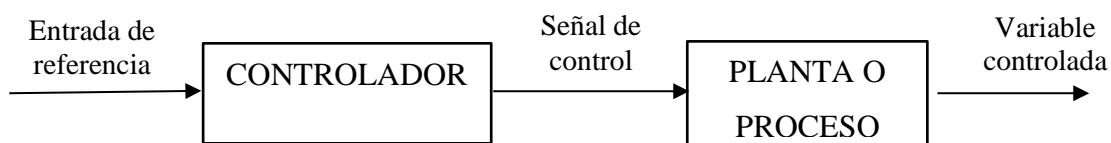


Figura 3.3. Elementos de sistema de control a lazo abierto.

Fuente: [9]

Sistema de control de lazo cerrado

Es aquel sistema en el cual la acción de control depende de la salida. Dicho sistema utiliza un sensor que detecta la respuesta real para compararla, entonces, con una referencia a manera de entrada. El término retroalimentar significa comparar; en este caso, la salida real se compara

con respecto al comportamiento deseado, de tal forma que si el sistema lo requiere se aplica una acción correctora sobre el proceso por controlar. [7]

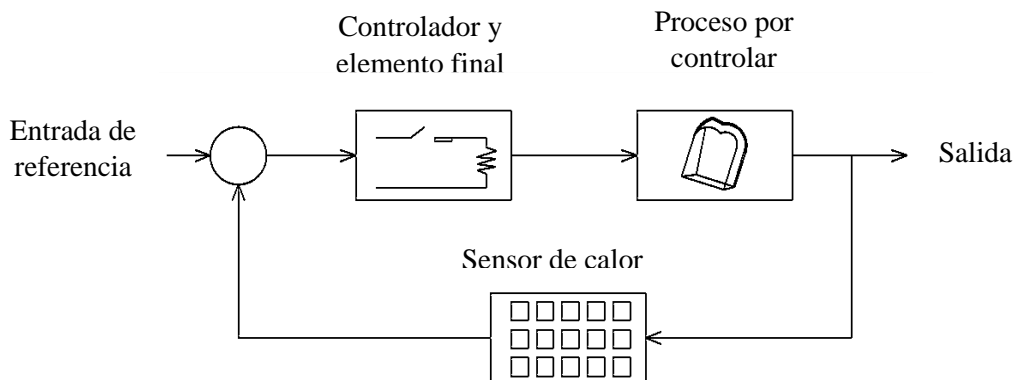


Figura 3.4. Muestra la configuración de un sistema retroalimentado

Fuente: [7]

Sistemas de control en lazo cerrado en comparación con sistemas en lazo abierto.

La ventaja de los sistemas de control de lazo cerrado, es que al usar de forma adecuada la realimentación, se puede lograr que el sistema sea relativamente insensible a las perturbaciones externas o exógenas y a variaciones internas de los parámetros del sistema.

Las ventajas fundamentales de los sistemas de control en lazo abierto son las siguientes:

1. Construcción simple y facilidad de mantenimiento.
2. Menos costosos que el correspondiente sistema en lazo cerrado.
3. No hay problemas de estabilidad.

Las desventajas fundamentales de los sistemas de control en lazo abierto son las siguientes:

1. Las perturbaciones y los cambios en la calibración originan errores, y la salida puede ser diferente de lo que se desea.
2. Para mantener la calidad requerida en la salida, es necesaria la recalibración de vez en cuando. [10]

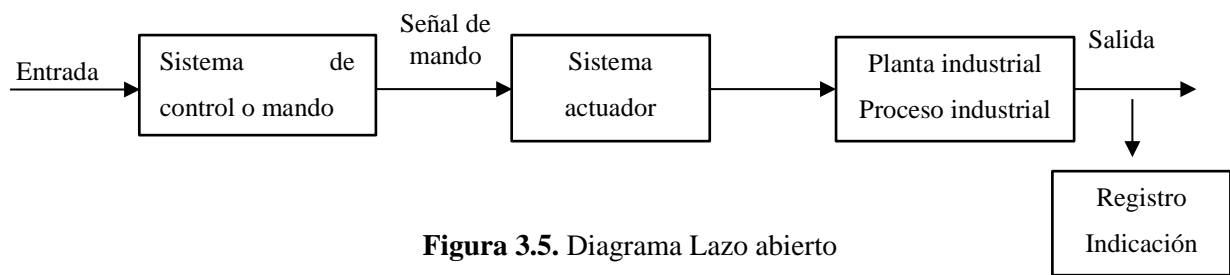


Figura 3.5. Diagrama Lazo abierto

Fuente: [10]

3.3. Sensores electrónicos

Un sensor electrónico es un dispositivo que recibe una señal o estímulo y responde con una señal eléctrica. Además los sensores pueden ser activos o pasivos.

Sensor activo: Es un sensor que requiere una fuente externa de excitación como las RTD o células de carga.

Sensor pasivo: Es un sensor que no requiere una fuente externa de excitación como los termopares o fotodiodos.

Existe una gran variedad de sensores en el mercado, para poder medir magnitudes físicas, de los que se enumeran solo los requeridos para realizar la propuesta tecnológica:

- Sensor de Iluminación
- Sensor de Temperatura
- Sensor de Movimiento (posición, aceleración y velocidad)

3.3.1. Sensores de iluminación

Los sensores de iluminación generan una pequeña corriente proporcional al nivel de iluminación, como por ejemplo: [11]

Fotorresistencia (LDR): Varían la resistencia interna en función de la intensidad luminosa recibida, puede soportar un voltaje máximo de 150VDC.

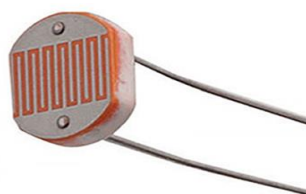


Figura 3.6. Fotorresistencia (LDR)

Fuente: [11]

3.4. Componentes empleados en el módulo de control

A continuación se describe los componentes que compondrán el módulo para sistemas de control.

Motor DC 5V.

Se emplea un motor DC pequeño de imán permanente y escobillas, fácil de encontrar en el mercado local, es adecuado para el control y la interacción con la tarjeta de adquisición de datos (DAQ), sus características técnicas se muestran en el anexo 2.



Figura 3.9. Motor DC 5V

Fuente: [14]

Driver TB6612FNG

El driver TB6612FNG es un puente H Dual compacto se utiliza para el control del motor DC, es usada para controlar el motor en uno de cuatro modos con el que cuenta: giro en sentido de las manecillas del reloj, en contra de las manecillas, short-brake y stop según sea la disposición, la velocidad del motor es controlada mediante una señal PWM. Los datos técnicos se aprecian en el anexo 3.



Figura 3.10. Driver TB6612FNG

Fuente: [15]

Sensor de velocidad (MOC7811)

Conformado por un encoder óptico (MOC7811) el cual es un transductor rotativo que posee una rueda acoplada al motor, se lo aplica para indicar la posición angular de un eje, velocidad y aceleración del rotor del motor DC, mediante una señal eléctrica que será procesada por la NI myDAQ según sea el requerimiento del programa empleado en LabVIEW.

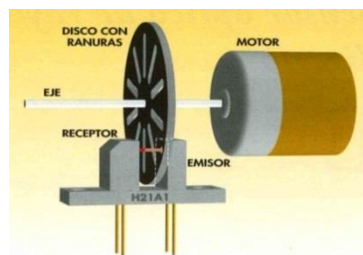


Figura 3.11. Sensor de velocidad

Fuente: [16]

Fuente de 12 voltios

Para el módulo de sistemas de control se emplea una fuente externa de 12V y 2A, que será la encargada en suministrar energía, sus características se aprecian en el anexo 4.

Regulador LM7805CV

Es el encargado de regular el voltaje positivo de 5V a 1.5A de corriente, para alimentar los elementos electrónicos del módulo, garantizando una fuente de tensión constante disminuyendo las oscilaciones en los niveles de tensión evitando daños en el circuito. Las características técnicas se encuentran en el anexo 4.

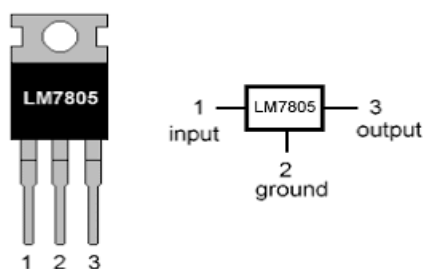


Figura 3.12. Regulador LM7805CV

Fuente: [17]

Amplificador operacional LM741

Se emplea el LM741 que es un amplificador operacional de propósito general, cuenta con un rendimiento mejorado sobre los estándares de la industria como el LM709. El LM741 ofrece protección de sobrecarga en la entrada y la salida, ausencia de enclavamiento cuando se excede el rango de modo común y libre de oscilaciones. Sus características se encuentran en el anexo 5.

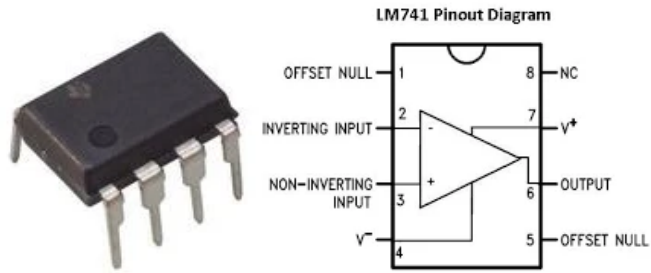


Figura 3.13. Amplificador LM741

Fuente: [18]

Motor paso a paso (step)

El motor step utilizado es un modelo 28BYJ-48, el rango nominal de trabajo es de 5V a 12V, se lo emplea para prácticas de posición, este motor convierte pulsos eléctricos en movimientos mecánicos discretos, sus características son vistas en el anexo 6.



Figura 3.14. Motor step

Fuente: [19]

ULN2003A

Es un circuito integrado empleado para el control del motor step, son elementos capaces de soportar grandes voltajes y corriente conformados por un conjunto de transistores Darlington, sus características se encuentran en el anexo 7.



Figura 3.15. Circuito integrado ULN2003A

Fuente: [20]

Ventilador DC

Este ventilador es el modelo VN-2251, es de pequeño tamaño y va acoplado al módulo en la parte superior del LM35, es fácil de encontrar en el mercado local y a un precio accesible, trabaja con 12V, sus dimensiones son de 4cm×4cm y 1 cm de alto.



Figura 3.16. Ventilador VN-2251

Fuente: [21]

Foco de ña de 12V

Es un foco incandescente que trabaja con 12V, se lo emplea para calentar el sensor de temperatura y el sensor de luminosidad, soporta las variaciones de tensión, puede ser controlado su voltaje de entrada obteniendo menor luminosidad lo que servirá para realizar las prácticas de control a partir de la tarjeta de adquisición de datos y el software.



Figura 3.17. Foco de ña 12V

Fuente: [22]

Circuito integrado 74LS04

Este circuito integrado posee 6 inversores independientes, se lo aplica como una compuerta not, trabaja con señales de 0V y 5V para dar la señal de 1 o 0 según corresponda, sus características técnicas se aprecian en el anexo 8.

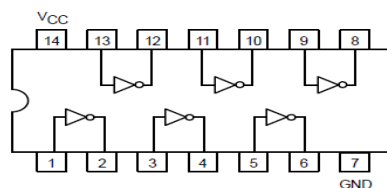


Figura 3.18. Circuito integrado 74LS04

Fuente: [23]

3.5. Diagnostico energético

El diagnostico energético es la aplicación de un conjunto de técnicas que permitan determinar el grado de eficiencia con la que se utiliza la energía. El cual estudia todas las formas y fuentes de energía, haciendo un análisis crítico de una fuente consumidora de energía, el cual tiene como objetivo de establecer el punto de inicio para la implementación y control de un programa de ahorro de energía, de esa forma se determina dónde y cómo se utiliza, además de cuantificar lo que se desperdicia. [24]

3.6. Tipos de controladores industriales

Los controladores industriales se clasifican, de acuerdo con sus acciones de control, como:

- De dos posiciones o de encendido y apagado (on/off)
- Proporcionales
- Proporcionales-integrales
- Control proporcional derivativo
- Proporcionales-integrales-derivativos

3.6.1. Control on/off

En un sistema de control de dos posiciones, el controlador en respuesta a la señal de error a su entrada solo tiene dos posiciones fijas a su salida como acción de control, independientemente de que el elemento final de control pueda tener posiciones intermedias a las anteriormente enunciadas. Por ejemplo, considere el sistema de control del nivel de líquido, en donde se utiliza una válvula electromagnética para manipular el flujo de entrada y de esta manera mantener un nivel constante. Por su característica constructiva esta válvula o está abierta o está cerrada. Para el caso que nos ocupa, la válvula se abre al energizarse.

Al realizarse un gráfico que nos muestre el comportamiento del nivel y de la válvula solenoide en función del tiempo, se obtendría la figura 3.19.

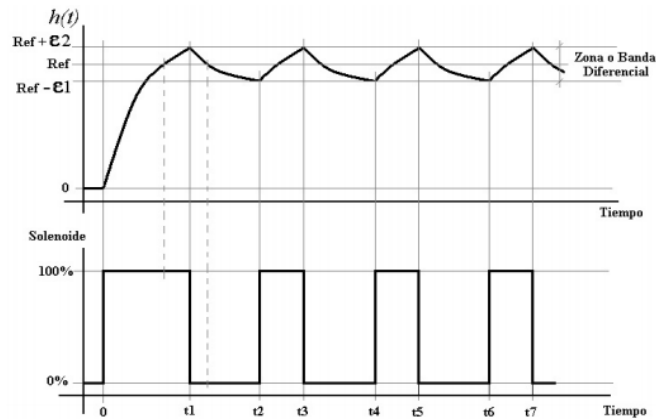


Figura 3.19. Comportamiento en tiempo del control de nivel tipo On-Off.

Fuente: [25]

Al observarse la figura 3.19, se aprecia que para un instante de tiempo cualquiera que se fija como referencia de inicio en el funcionamiento del tanque, este comienza a llenarse apreciándose por tanto que la duración del tiempo t_1 es el mayor de todos ya que la planta parte de condición inicial cero al encontrarse totalmente vacía, sin embargo, también se puede apreciar que si bien el nivel de líquido alcanza y sobrepasa, el valor de referencia (Ref), la electroválvula se mantiene energizada permitiendo el ingreso de una mayor cantidad de líquido por efecto tanto del tiempo muerto del sistema como de su constante de tiempo. [25]

3.6.2. Control Proporcional

El controlador proporcional genera a la salida una señal de control que es proporcional a la señal de error. De este modo:

$$m(t) = k \times e(t) \rightarrow M(s) = k \times E(s) \dots \dots \dots (4)$$

Donde, $e(t)$: señal de error, $m(t)$: señal de control, y k : sensibilidad proporcional o ganancia proporcional.

Para poder eliminar un error estacionario es necesario que la función de transferencia en lazo abierto contenga algún elemento integrador (polo en $s=0$), siendo el sistema estable, y el control proporcional no añade al sistema ningún elemento integrador. El control proporcional no permite eliminar un error estacionario.

Si se calcula el error en régimen estacionario ante una entrada escalón, $R(s)=1/s$.

$$Kp = \lim_{s \rightarrow 0} Gc(s) \times G(s) \times H(s) \dots \dots \dots (5)$$

Si $G(s)$ tiene un elemento integrador (polo en $s=0$) entonces $Kp \rightarrow \infty$

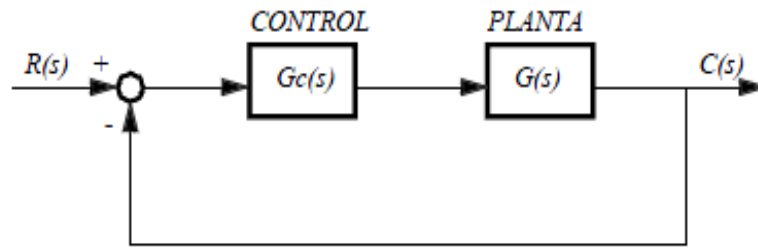


Figura 3.20. Sistema de control

Fuente: [5]

En la figura 3.21, se muestra la variación del error que se alimenta al controlador proporcional y la amplificación que hace que éste de dicha información de acuerdo al valor de la ganancia; y que la variable de proceso se estabiliza con el control proporcional después de un período de perturbación.

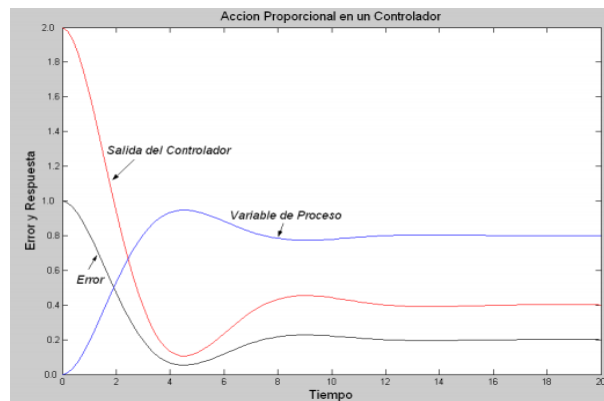


Figura 3.21. Acción proporcional en un controlador

Fuente: [5]

3.6.3. Control proporcional - Integral.

El control proporcional integral combina las ventajas de la acción proporcional y de la acción integral; la acción integral elimina el error estacionario, mientras que la acción proporcional reduce el riesgo de inestabilidad que conlleva la introducción de la propia acción integral.

La acción de control proporcional integral (PI) genera una señal resultante de la combinación de la acción proporcional y la acción integral conjuntamente.

$$m(t) = kp \times e(t) + ki \int_0^t e(t) \times dt = kp \left[e(t) + \frac{1}{Ti} \times \int_0^t e(t) \times dt \right] (6)$$

Donde Ti es el tiempo integral.

$$M(s) = kp \left[1 + \frac{1}{Ti \times s} \right] \times E(s) \Rightarrow \frac{M(s)}{E(s)} = kp \left[1 + \frac{1}{Ti \times s} \right] (7)$$

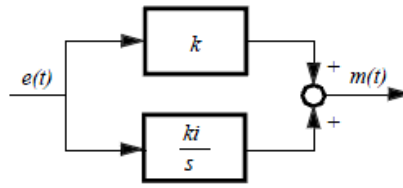


Figura 3.22. Diagrama de bloques de la acción PI.

Fuente: [5]

En la expresión de $M(s)$ los parámetros ajustables son k_p y T_i ; este último afecta la acción de control integral mientras que el primero afecta a los dos (proporcional e integral). Si suponemos que $e(t)$ es una función escalón unitario (señal típica de prueba) podemos ver, en forma cualitativa, como responde este control.

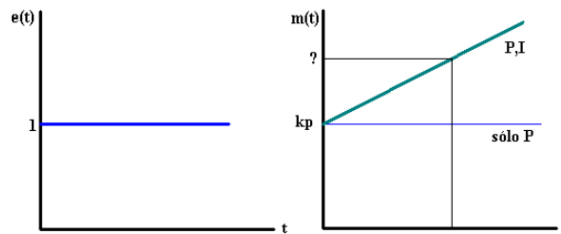


Figura 3.23. Acción del control proporcional – integral

Fuente: [26]

3.6.4. Control proporcional derivativo

La acción de control proporcional derivativa (PD) genera una señal que es resultado de la combinación de la acción proporcional y la acción derivativa conjuntamente.

$$m(t) = k_p \times e(t) + k_d \frac{de(t)}{dt} = k_p \left[e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \dots \dots \dots (8)$$

Donde T_d es el tiempo derivativo.

$$M(s) = k_p \times (1 + T_d \times s) \times E(s) \Rightarrow \frac{M(s)}{E(s)} = k_p(1 + T_d \times s) \dots \dots \dots (9)$$

La estructura en diagrama de bloques:

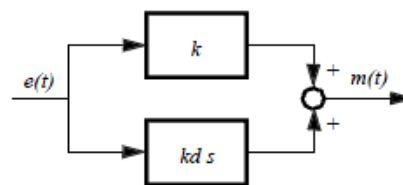


Figura 3.24. Diagrama de bloques PD.

Fuente: [5]

El control proporcional derivativo proporciona al sistema una mayor estabilidad relativa que se traduce en una respuesta transitoria con menor sobreimpulso. Sin embargo, cuando la influencia del control es muy grande, el sistema de control tiende a ofrecer una respuesta excesivamente lenta.

Siendo k_p y T_d parámetros ajustables, si suponemos que $e(t)$ es una función rampa unitaria (señal típica de control) la respuesta de este tipo de control es la siguiente:

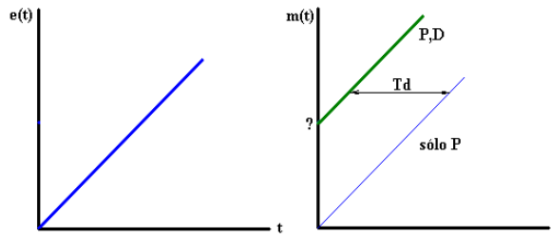


Figura 3.25. Acción de control proporcional derivativo

Fuente: [26]

3.6.5. Proporcionales-integrales-derivativos (PID)

La acción de control proporcional integral derivativa (PID) genera una señal resultado de la combinación de la acción proporcional, la acción integral y la derivativa conjuntamente.

$$m(t) = k_p \times e(t) + k_d \frac{de(t)}{dt} + k_i \int_0^t e(t) \times dt \quad (10)$$

$$m(t) = k_p \left[1 + T_d \frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{T_i} \times \int_0^t e(t) \times dt \right] \quad (11)$$

La acción de control proporcional integral derivativa permite eliminar el error en estado estacionario, logrando una buena estabilidad relativa del sistema de control. La mejora de estabilidad relativa implica una respuesta transitoria con tiempos de adquisición y un valor de máximo sobreimpulso pequeños. [5]

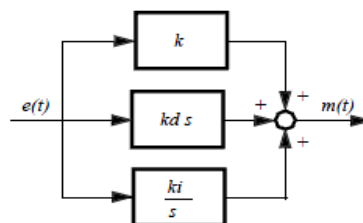


Figura 3.26. Diagrama de bloques de control PID

Fuente: [5]

Con K_p , T_i , T_d , constantes ajustables, ahora analizaremos la respuesta del controlador PID cuando la señal $e(t)$ es una rampa unitaria.

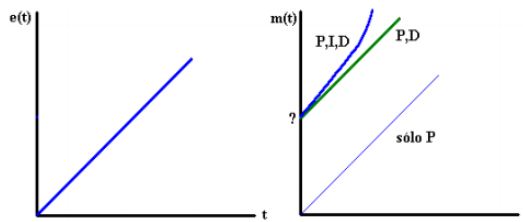


Figura 3.27. Acción del controlador PID

Fuente: [26]

Sintonía de controladores de sistemas PID por el segundo método Ziegler-Nichols

Este método no requiere retirar el controlador PID del lazo cerrado. En este caso solo hay que reducir al mínimo la acción derivativa y la acción integral del regulador PID. El ensayo en lazo cerrado consiste en aumentar poco a poco la ganancia proporcional hasta que el sistema oscile de forma mantenida ante cualquier perturbación. Esta oscilación debe ser lineal, sin saturaciones. En este momento hay que medir la ganancia proporcional, llamada ganancia crítica o K_c , y el periodo de oscilación T_c en segundos.

Tabla 3.1. Regla de sintonía de Ziegler-Nichols (segundo método).

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
PID	$0.59 \cdot K_c$	$1.18 \cdot K_c / T_c$	$0.075 \cdot K_c \cdot T_c$

Fuente: [27]

La constante K_p corresponde a la ganancia proporcional, T_i es la ganancia integral y T_d es la ganancia derivativa.

3.6.6. Control Fuzzy

Puede ser expresado como un control a través de palabras que interpretan el sentido común, en lugar de números, o bien sentencias en lugar de ecuaciones, sin embargo las variables no se miden en sentido común sino en números, por lo tanto se realiza una adaptación previa antes de introducir el estado de la variable al controlador.

Resulta entonces conveniente utilizar como variable de entrada al controlador, el error en el proceso ($e = r - y$), el cambio del error (de/dt) y la acumulación del error ($\int e(t).dt$). Luego cada una debe ser fusificada, es decir, se deben definir una cantidad de funciones de

pertenencia que representen los diferentes estados, que pueden tomar variables (por ejemplo, error pequeño, mediano, grande). [28]

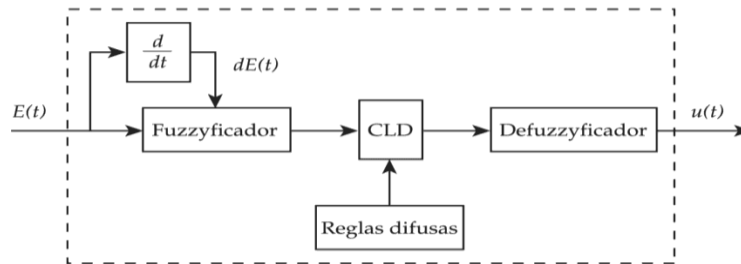


Figura 3.28. Diagrama del control Fuzzy

Fuente: [28]

3.6.7. Control predictivo (MPC)

A continuación se indican las ideas comunes a todos los controladores que se engloban en el control predictivo:

- Utilización de manera explícita de un modelo para predecir la salida del proceso en instantes de tiempo futuros, llamado horizonte temporal.
- Cálculo de las acciones de control minimizando una cierta función objetivo.
- Uso de una estrategia deslizante de tal modo que en cada instante el horizonte es desplazado hacia delante en el tiempo.

La estrategia que siguen todos los controladores de la familia MPC son:

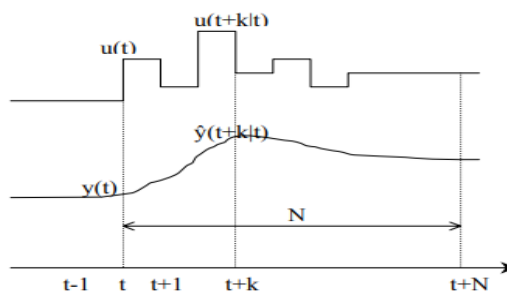


Figura 3.29. Estrategia de control predictivo

Fuente: [29]

En cada instante t utilizamos el modelo del proceso para predecir las futuras salidas para un determinado horizonte temporal u horizonte de predicción N . Se obtienen así las salidas predichas $y(t+k|t)^n$ para $k=1, n$ depende de los valores conocidos hasta el instante t (entradas y salidas conocidas) y de las señales de control $u(t+k|t)$, donde $k=0$, que han de ser calculadas y enviadas al sistema. [29]

3.7.Lenguaje de programación gráfica

La programación gráfica es una herramienta que utiliza una interfaz visual que permite programar en un entorno gráfico. La visualización del diseño de programación gráfica es esencial para que los programadores puedan evolucionar desde el concepto hasta la creación; ya que, puede proporcionar una comprensión más profunda de un proyecto. [30]

3.7.1. Tipos de lenguaje de programación

Con el término software se designan todas las instrucciones con las que se indica a un microprocesador o microcontrolador qué hacer. El repertorio de instrucciones que el microprocesador reconoce se denomina conjunto de instrucciones. Su forma dependerá del microprocesador que se utilice. El conjunto de instrucciones necesarias para llevar a cabo una tarea dada se llama programa.

Lenguaje ensamblador

Las instrucciones escritas en código binario se conocen como código ensamblador o máquina, escribir programas en este código es un proceso tedioso que requiere habilidad; está sujeto a errores, dado que el programa es una serie de ceros y unos. [13]

Lenguajes Imperativos

Los lenguajes imperativos o de procedimiento son lenguajes controlados por mandos u orientados a enunciados (instrucciones). Ejemplos:

- Ejemplos de lenguajes imperativos: Fortran, Algol, Pascal, C, Ada, C++, Java, C#

Lenguajes Funcionales (o aplicativos)

Un programa en estos lenguajes consiste en una especificación de la función recursiva que queremos calcular, junto con los argumentos sobre los que se aplica. Normalmente, dicha función estará especificada en términos de otras, que también se incluyen en el programa. [31]

Lenguajes base en regla

Los lenguajes en base a reglas se ejecutan verificando la presencia de una cierta condición habilitadora y, cuando se satisface, ejecutan una acción apropiada. El lenguaje más común en base a reglas es Prolog, que también se conoce como de programación lógica, puesto que las condiciones habilitadoras básicas son ciertas clases de expresiones lógicas de predicados.

3.8. Software de programación gráfica LabVIEW

LabVIEW es una herramienta de programación gráfica, orientado a aplicaciones de control de instrumentos electrónicos usadas en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual, utiliza diagramas gráficos de flujo de datos y paneles frontales interactivos para crear una jerarquía de instrumentos modulares definidos por software. El código de fuente de LabVIEW consta de diagramas gráficos de flujo de datos que muestran claramente las relaciones de dependencia de los datos. [32]

3.8.1. Uso de la memoria LabVIEW

La memoria LabVIEW es la cantidad de memoria física disponible en el sistema o en el dispositivo. La memoria usada la utiliza para cuatro bloques diferentes como son:

El panel frontal: Donde se ven los datos y se manipulan y controlan.

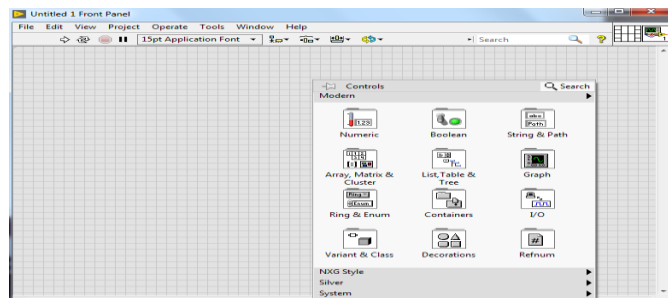


Figura 3. 30. Panel frontal LabVIEW

El diagrama de bloques: En este se aprecia la estructura del programa, su función y algoritmo, de una forma gráfica en lenguaje G, donde los datos fluyen a través de líneas.

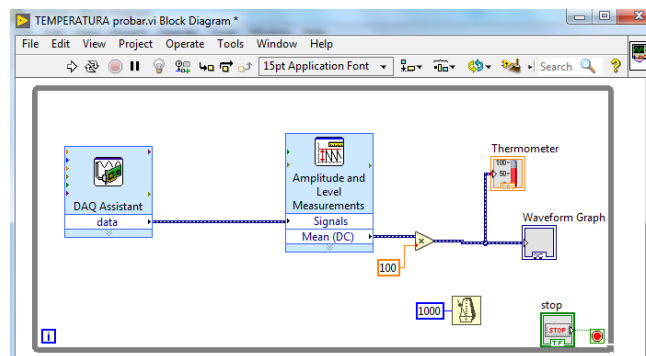


Figura 3.31. Diagrama de bloques

El programa compilado: Esta es una operación automática que ocurre al ejecutar el algoritmo, en este proceso, se encuentran los errores de confección que son mostrados en una

lista de errores, donde con solo darle doble click al error, se aprecia en el diagrama de bloques, donde ocurre éste, para su corrección.

Los datos: Como el algoritmo maneja datos, requiere de un espacio en memoria para estos, lo que hace tomar en cuenta que el computador usado debe tener la memoria suficiente para manejarlos. Por ejemplo, cuando se usan grandes matrices en cálculos se puede requerir de mucho espacio. [33]

3.9. Sistema de adquisición de datos DAQ

Un sistema DAQ está formado por tres tipos básicos de hardware, un bloque Terminal, un cable y un instrumento DAQ. Este apartado describe cada tipo de hardware, se centra en la función que desempeñan los componentes del instrumento DAQ.

3.9.1. Funciones de Dispositivos DAQ

- Entradas analógicas miden señales analógicas
- Salidas analógicas generan señales analógicas
- Entradas/salidas digitales miden y generan señales digitales
- Contadores/temporizadores cuentan eventos digitales o generan pulsos/señales digitales

El procesamiento de datos de las DAQ se obtiene como se muestra en la figura 3.24.

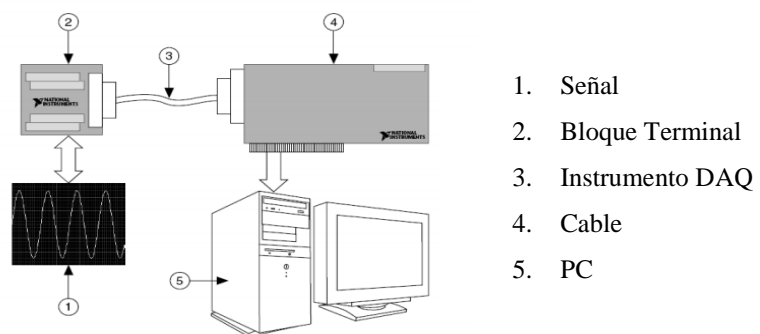


Figura 3.32. Diagrama de adquisición de datos

Fuente: [34]

3.9.2. Software DAQ

El software DAQ actúa como un simple interfaz de programación para programar la entrada analógica, salida analógica, E/S digitales, y contadores/temporizadores en centenares de multifunciones de dispositivos hardware DAQ. El software de DAQ incluye drivers y aplicaciones software. Los drivers son únicos para el dispositivo o tipo de dispositivo e incluyen el sistema de comandos que el dispositivo acepta.

3.9.3. NI-DAQ

Se utiliza el software NI-DAQ para la comunicación con dispositivos NI DAQ, tales como los dispositivos (MIO) de múltiples funciones de entrada-salida de la serie M y de la serie E y los módulos del condicionamiento de señal de SCXI.

3.9.4. NI-DAQ tradicional

El NI-DAQ tradicional es una mejora del NI-DAQ 6.9.x, la versión anterior de NI-DAQ. El NI-DAQ tradicional tiene las mismas VIs y funciones y trabaja la de la misma manera que el NI-DAQ 6.9.x. Se puede utilizar el NI-DAQ tradicional en la misma computadora que el NI-DAQmx, que no se puede hacer con NI-DAQ 6.9.x

3.9.5. NI ELVISmx

NI ELVISmx es el software de controlador compatible con NI myDAQ. NI ELVISmx utiliza instrumentos de software basado en LabVIEW para controlar el dispositivo NI myDAQ, proporcionando la funcionalidad de un conjunto común de instrumentos de laboratorio. [34]

3.9.6. NI myDAQ

Es una tarjeta de adquisición de datos portátil, este dispositivo utiliza la plataforma NI LabVIEW basado en los instrumentos de software, permitiendo a los estudiantes medir y analizar las señales del mundo real. Combinado con NI LabVIEW en el PC, los estudiantes pueden analizar y procesar las señales adquiridas y mantener control de procesos sencillos en cualquier momento y lugar, NI myDAQ proporciona entradas analógicas (AI), salidas analógicas (AO), entradas y salidas digitales (DIO), de audio, fuentes de alimentación, y un Multímetro digital (DMM) funciones en un compacto dispositivo USB. [35]

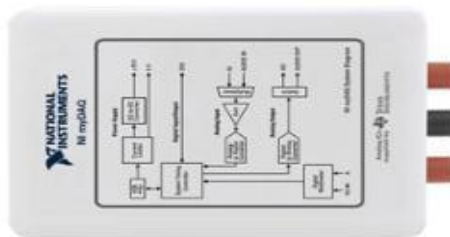


Figura 3.33. NI myDAQ

Fuente: [35]

Las especificaciones técnicas así como la disposición de los terminales de tornillo conector de la NI myDAQ se muestran en el anexo 9 y el anexo 10.

4. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Este capítulo detalla los métodos empleados para el desarrollo de la propuesta tecnológica, para cumplir los objetivos planteados, se fundamenta los siguientes métodos:

Investigación bibliográfica.

Mediante la investigación bibliográfica se aclara interrogantes, se sustenta el trabajo escrito como práctico, con información verídica y comprobada de libros, revistas, catálogos, sitios web, entre otros, con la recopilación de toda esta información se obtiene las bases y una idea clara de cómo cumplir con los objetivos planteados de una manera técnica y eficaz. Se aclara las ideas de los procesos industriales enlazados a sistemas de control por medio de tarjetas de adquisición de datos (DAQ) y un software de elementos finitos

Investigación experimental.

Se desarrolla pruebas experimentales de la funcionalidad del módulo, de la comunicación entre la tarjeta de adquisición de datos, los elementos que conforman el módulo (actuadores, sensores), y el software, para verificar su funcionalidad o corregir posibles fallas, obteniendo al final los resultados planteados.

4.1. Señalización de variables

Para el desarrollo de la propuesta tecnológica se emplean dos tipos de variables, independiente y dependiente que se describen a continuación.

Tabla 4. 1. Señalización de variables

Variable independiente	Variable dependiente	Unidad de medida
Módulo para Sistemas de Control	Temperatura	Grados Centígrados (°C)
	Velocidad	Revoluciones por minuto (Rpm)
	Posición	Grados (°)
	Voltaje	Voltios (V)

Para llevar a cabo la propuesta tecnológica se divide los procesos en 12 partes fundamentales, las mismas que serán empleadas para formar parte del módulo de control, esto se puede visualizar en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Procesos para llevar a cabo la propuesta tecnológica

Diseño de la fuente de alimentación del módulo	Diseño del control del motor DC	Diseño del circuito para la activación del relé
Diseño del control del motor paso a paso	Diseño del circuito de control de temperatura	Disposición de pines del módulo de control
Diseño del circuito del encoder óptico	Diseño del circuito para la fotorresistencia (LDR)	Diseño y ruteado esquemático del circuito del módulo de control
Comunicación entre el módulo y el software	Diseño del programa en el software de elementos finitos	Sintonía de variables para el sistema PID

4.2. Procedimiento para el diseño esquemático.

Para el diseño esquemático de los circuitos que compondrán al módulo de control el procedimiento es igual para todos los diseños, cambiando únicamente los elementos de cada diagrama y su disposición o ubicación, y por ende su funcionalidad, el proceso se menciona en la siguiente tabla.

Tabla 4.3. Procedimiento para el diseño esquemático.

Ítem	Procedimiento para el diseño esquemático.
Método	Diseño esquemático en elementos finitos
Herramientas o equipos	Computador, software de elementos finitos
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Poseer conocimientos previos acerca de la manipulación del software. 2. Ejecutar el software de elementos finitos a utilizarse, como nuevo proyecto. 3. Seleccionar los componentes en una librería del software. 4. Se procede a seleccionar y arrastrar los componentes desde la librería hacia la ventana de trabajo. 5. Conectar cada elemento tomando en cuenta la disposición de las salidas y entradas de las señales de estos, y los valores nominales de trabajo de cada componente. 6. Revisión de la correcta conexión entre elementos y guardado del diseño en una carpeta en el ordenador. 	

4.3. Diseño esquemático de la fuente de alimentación del módulo

Para la fuente de voltaje que alimentará los elementos del módulo se emplea dos rangos de voltajes diferentes uno de 12V que alimentara al módulo directamente al foco de uña de 12V, al ventilador y al relé, sin embargo este voltaje debe ser regulado a 5V que se lo obtiene con la ayuda de reguladores LM7805, ya que algunos componentes del módulo trabajan con este valor nominal así como circuitos integrados, drivers, motor DC, motor step, y otros elementos, esto se realiza con el procedimiento indicado en la tabla 4.3.

En la figura 4.1 se observa la configuración esquemática en donde, para regular el voltaje y garantizar que el módulo no sufra daños por variación de voltaje se utiliza un LM7805, el cual es representado en un software de elementos finitos, para garantizar su funcionamiento y realizar el esquema de conexión, el voltaje de que proviene de la fuente de 12V, posteriormente ingresa al regulador LM7805 para transformarla en 5V, para luego distribuir la tensión a los elementos electrónicos, como se muestra a continuación.

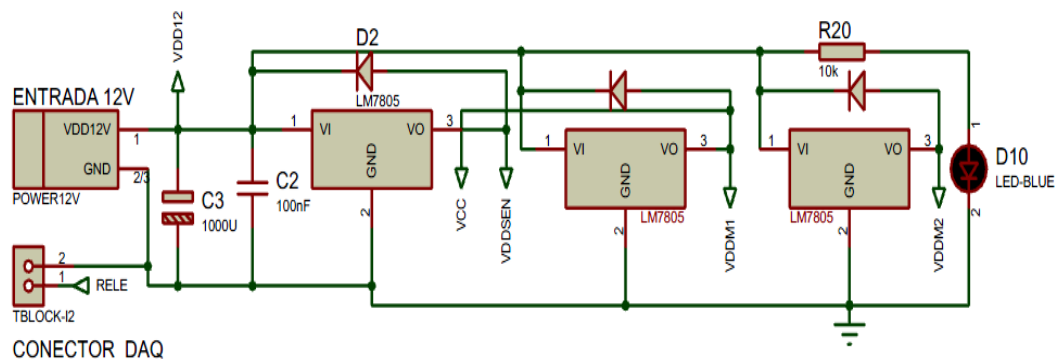


Figura 4.1. Diseño de la fuente de alimentación del módulo

4.4. Diseño esquemático del control del motor DC

Para el diseño del circuito de control para velocidad del motor DC se emplean elementos como un motor DC de 5 voltios, driver TB6612FNG, y el software de elementos finitos, con el cual se realiza el diagrama de control del motor DC.

Para realizar el esquema de control del motor DC se emplea el procedimiento descrito en la tabla 4.3, por medio del cual se realiza el diagrama de conexión de los elementos antes mencionados, para esto se debe cargar la biblioteca de los elementos que se vaya a utilizar en caso de no tenerlos, una vez con que tengamos los elementos cargados los buscamos en la librería del programa y procedemos a seleccionarlos, se procede a su conexión tomando en

cuenta las salidas y entradas de cada elemento, y el voltaje nominal de trabajo de estas, una vez realizado el esquema nos queda:

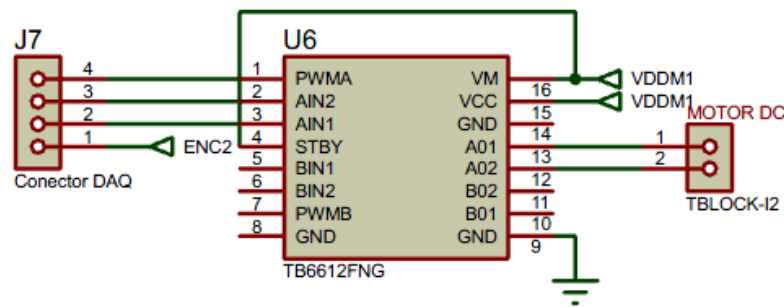


Figura 4. 2. Esquema control de motor DC

4.5.Diseño esquemático de control del motor paso a paso

En el diseño del circuito del motor step se emplean los siguientes elementos: motor step de 5V, circuito integrado ULN2003, Leds color blanco, y conectores para la salida hacia la NI myDAQ y para el motor step, que son seleccionados de acuerdo a sus características técnicas y el requerimiento o trabajo a las que van a ser sometidas, tomando en cuenta que para las pruebas que se realizan con el módulo no requerirán de potencias altas.

Diagrama de control del motor paso a paso (step)

El diseño es realizado en un software de elementos finitos, para posteriormente añadirlo al esquema final, esta compuesto por un circuito integrado ULN2003A, sus características tecnicas se aprecia en el anexo 7, la conexión 1-2-3-4 son las entradas y las salidas seran 16-15-14-13, teniendo en cuenta que por el puerto 9 (COM) es el ingreso de la corriente, y en cada salida esta conectado un diodo led indicador como muestra la figura:

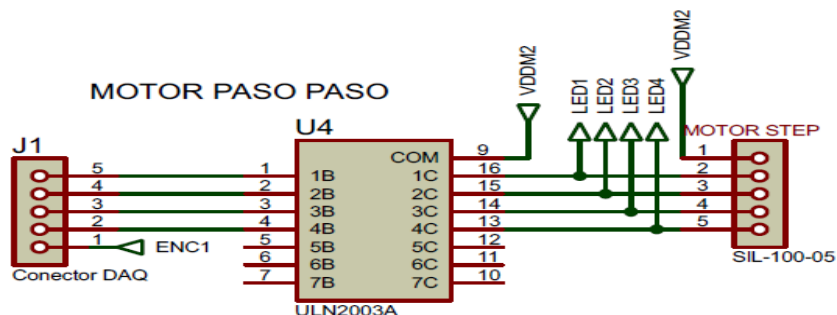


Figura 4. 3. Diagrama de control del motor step

4.6. Diseño del circuito de control de temperatura

El diseño del circuito de control de temperatura está dividido en tres secciones que son el sensor de temperatura LM35, ventilador DC, y un foco de uña de 12V, cabe indicar que la unión de estos diagramas formara el control de temperatura, tomando en cuenta que no se encuentra hecho ningún tipo de acondicionamiento, ya que se lo realiza directamente en el interfaz desarrollado en el software de elementos finitos. El procedimiento para el diseño de estos circuitos se los menciona en la tabla 4.3.

4.6.1. Diseño del circuito del sensor de temperatura LM35

Se debe tomar en cuenta que para transformar el voltaje a temperatura el sensor arroja una señal de 10 mV por cada grado centígrado, este valor debe ser multiplicado por 100 y así obtener el valor real de la temperatura.

$$\text{Temperatura real } (^{\circ}\text{C}) = \#mV \times 100 \dots\dots\dots (12)$$

El LM35 está conectado por dos resistencias que son empleadas como estabilizadoras y evitar las perturbaciones en el sensor, y estas a su vez salen a los conectores para la NI myDAQ y el sensor, a continuación se muestra el diagrama de conexión.

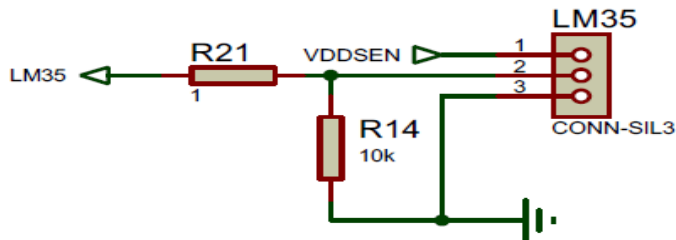


Figura 4. 4. Conexión del LM35

4.6.2. Diseño del circuito del ventilador DC

Va acoplado al módulo en la parte superior del LM35, para garantizar su funcionamiento y preservar la vida útil del ventilador está conectado a un optotransistor y un transistor 2N3904, con un diodo y dos resistencias como se puede observar en la figura.

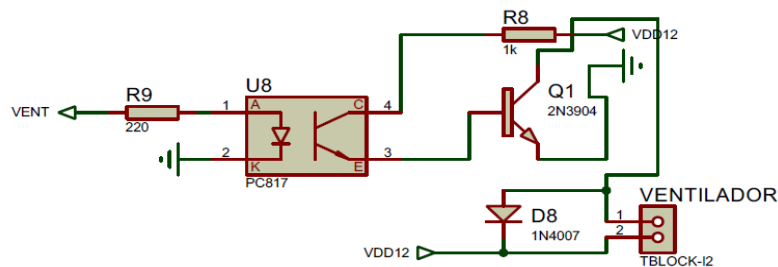


Figura 4. 5. Diagrama de conexión del ventilador

4.6.3. Diseño del circuito del foco de uña de 12V

Se lo emplea para calentar el sensor de temperatura y el sensor de luminosidad, está conectado a optotransistor con salida a Transistor Bipolar NPN. PC817, empleado como elemento de seguridad permitiendo que la señal fluya en una sola dirección, se emplea dos transistores para amplificar la señal, esto se aprecia en la siguiente figura.

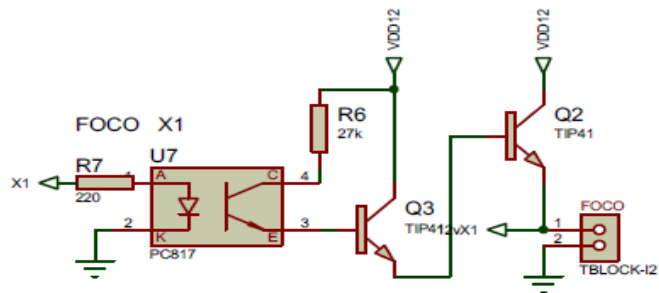


Figura 4. 6. Diagrama del conexión del foco

Para el diseño del circuito se emplea una configuración de Par Darlington con transistores NPN como se puede observar en la figura 4.6, esta configuración cumple la misión de elevar la corriente que llegara al foco, ya que con mayor cantidad de corriente este proporcionará más calor que se requiere para la práctica de temperatura, la fórmula empleada para el cálculo de la corriente del colector total es:

$$I_c = I_{c_1} + I_{c_2} \dots \dots \dots (13)$$

Empleando la ecuación 13 se obtiene la corriente final que consumirá el foco, con este valor se puede verificar el correcto funcionamiento y eficiencia del mismo, las corrientes que se toman son una de la fuente de 12V = 2A, y la del regulador de 5V = 1.3A, entonces tenemos:

$$I_c = 1.3 A + 2 A \dots \dots \dots (14)$$

$$I_c = 3.3 A \dots \dots \dots (15)$$

La corriente que saldrá del colector dos será de 3.3 A, proporcionando al foco la corriente suficiente para su operación, permitiendo además que este cause la temperatura adecuada para la prueba de temperatura.

4.7.Diseño del circuito del encoder óptico

Se realiza el diseño del circuito para el encoder óptico (MOC7811), empleado en el motor DC y en el motor paso a paso, este circuito tendrá la misión de adquirir las señales en forma de

pulsos para ser procesadas, y ver el número de pasos y la velocidad que da cada motor, para esto se emplea un LM741 como comparador de tensión, divisor de voltaje, y una compuerta not, como se puede apreciar en la figura 4.8 y 4.9.

División de tensión

La división de tensión se usa para expresar la tensión en una o varias resistencias en serie, en términos de la tensión de la combinación. En la figura 4.7, la tensión en R2 se determina por medio de la LVK y de la ley de Ohm. [36]

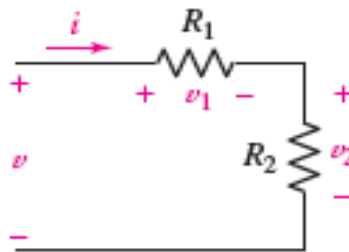


Figura 4. 7. Ilustración de división de tensión

Fuente: [36]

$$v = v_1 + v_2 = iR_1 + iR_2 = i(R_1 + R_2) \dots \dots \dots (16)$$

En consecuencia tenemos:

$$v_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2} v \dots \dots \dots (17)$$

Por medio de la división de tensión se reduce el voltaje de una de las líneas que entra al comparador, ya que debe existir una tensión alta y una baja, para obtener la señal en estado alto y bajo del comparador, por medio de la ecuación 17 se puede comprobar si el valor de la tensión disminuye con respecto a la otra tensión.

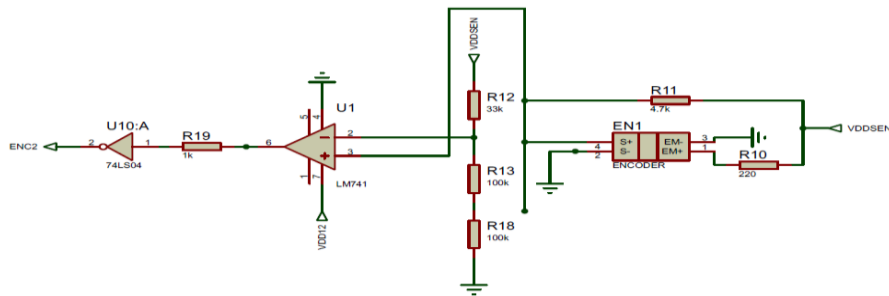


Figura 4. 8. Diagrama del encoder para el motor paso a paso

La configuración para el diagrama del encoder para el motor DC es similar al anterior, con la diferencia que esta cuenta con dos compuertas not como se aprecia a continuación.

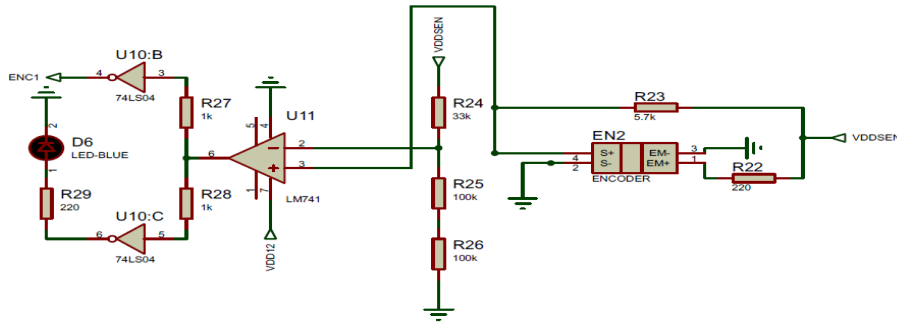


Figura 4. 9. Diagrama del encoder para el motor DC

El divisor de voltaje que se da para los diagramas de la figura 4.8 y 4.9 son iguales como se puede visualizar, por medio de la ecuación 17 se determina el valor del voltaje dos, con los valores de $V_1=5V$, $R_1=33K\Omega$, $R_2=200K\Omega$, obteniendo:

$$v_2 = \frac{200K\Omega}{33K\Omega + 200K\Omega} * 5V$$

$$v_2 = 4.29V$$

Conociendo el valor del v_1 y v_2 se puede interpretar el funcionamiento del comparador de tensión, que cuenta con dos entradas correspondientes al v_1 y v_2 , cuando el v_2 sea menor que el v_1 envía una señal de 0V, y cuando el v_2 sea menos que el v_1 dará una señal de 5V.

4.8. Diseño del circuito para la fotorresistencia LDR

En el diseño del circuito para la fotorresistencia se aplica divisor de voltaje, un amplificador de señal por medio del LM741, este trabaja con 5V, y tiene la configuración de la siguiente manera.

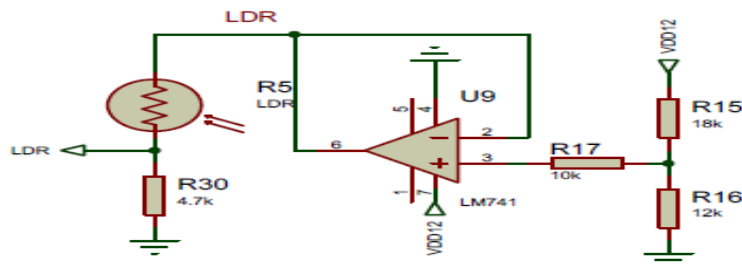


Figura 4. 10. Diagrama de la fotorresistencia

En la figura 4.10 se puede observar el diagrama de la fotorresistencia donde consta de una resistencia (R30) para estabilizar el sensor, una resistencia de equilibrio que conforman un divisor de voltaje (R15,R16,R17), y un LM741 que lo empleamos para mantener el voltaje e incrementar la corriente.

4.9. Diseño del circuito para la activación del relé

El funcionamiento de este circuito es la activación y desactivación de un relé de propósito general, el cual está conformado por un optoacoplador PC817 que se lo emplea como protección, un transistor 2N3904, diodos, resistencias y un foco piloto para ver cuando este activo el relé, esto lo podemos ver a continuación.

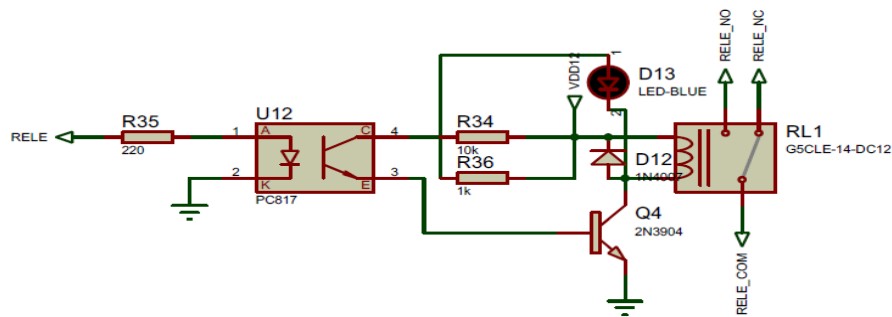


Figura 4. 11. Diagrama del relé

4.10. Disposición de pines del módulo de control

La disposición de los pines del módulo de control se encuentra enlistada en forma descendente, identifican las salidas y entradas de los conectores con cada elemento como se muestra en la tabla 4.4.

Tabla 4. 4. Disposición de pines del módulo de control

Disposición de pines del módulo de control		
Componente	Nomenclatura	Identificación
RELÉ	IN	Entrada de la señal de activación del relé
	N/O	Normalmente abierto
	C	Común
	N/C	Normalmente cerrado
Motor paso a paso	A01	Conector de la bobina 1
	A02	Conector de la bobina 2
	B01	Conector de la bobina 3
	B02	Conector de la bobina 4
	SEN	Conector del sensor óptico
Motor DC	PWM	Controlador de velocidad por PWM
	A	Giro a la derecha
	B	Giro a la izquierda
	SEN	Conector del sensor óptico
Sensores	LDR	Fotorresistencia para prácticas de luminosidad
	LM35	Sensor de temperatura
Ventilador	VEN	Ventilador
Foco	X1	Foco de 12 V, activación señal de la DAQ
	X2	Foco 12V, accionamiento directo

Disposición de pines del módulo de control																		
GND	IN RELE	Relé			Motor paso a paso					Motor DC				SENSORES		VENT/ FOCO		
		N/C	C	N/A	A01	A02	B01	B02	SEN	PWM	A	B	SEN	LDR	LM35	VEN	X1	X2

Figura 4. 12. Disposición de pines del módulo de control

4.11. Diseño y ruteado esquemático del circuito final

Una vez que ya se tiene el esquemático se procede a realizar el ruteado del mismo, se lo puede realizar con el botón auto ruteado, pero de esta manera no lo realiza de una manera bien dimensionada, por lo que es necesario realizar los ajustes de forma manual, colocando cada elemento de la mejor manera, como se aprecia en el anexo 12. El proceso para llevarlo a cabo es el siguiente.

Tabla 4.5. Diseño y ruteado del circuito final.

Ítem	Diseño y ruteado esquemático del circuito
Método	Diseño esquemático en elementos finitos
Herramientas o equipos	Computador, software de elementos finitos
Procedimiento	
7. Ejecutar el software de elementos finitos a utilizarse, como nuevo proyecto. 8. Abrir los diagramas de los diseños realizados anteriormente. 9. Se procede a seleccionar y copiar todos los diagramas hacia la ventana de trabajo del nuevo proyecto. 10. Ordenar los diagramas del nuevo proyecto en el orden establecido previamente. 11. Revisión de la correcta conexión entre elementos y posición de estos. 12. Una vez que se tenga el esquemático final se procede a realizar el ruteado del mismo, se lo puede realizar con el botón auto ruteado, aunque no lo realiza de una manera bien dimensionada. 13. Por lo que es necesario realizar los ajustes de forma manual, colocando cada elemento de la mejor manera, como se aprecia en el anexo 12. 14. Se debe guardar el esquemático en una carpeta del ordenador.	

4.12. Impresión de la placa y colocación de elementos

Finalizado la sección 4.11 se procede a la impresión del esquemático en una placa de baquelita para posteriormente colocar los elementos, este proceso se detalla en la tabla 4.6.

Finalizado el ruteado se procede a imprimirlo para posteriormente grabarlo en una placa de baquelita como se aprecia en el anexo 14, terminado este proceso se procede a soldadura de cada uno de los componentes del módulo, obteniendo el módulo concluido, ver anexo 15, para posteriormente realizar el análisis de los resultados obtenidos.

Tabla 4.6. Impresión de la placa y colocación de elementos

Ítem	Impresión de la placa y colocación de elementos
Método	Método del planchado y suelda con cautín
Herramientas o equipos	Cautín, placa de baquelita, cloruro férrico, estaño
Equipo de protección	Guantes, mascarilla.
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none">1. Se procede a imprimir el esquemático realizado en el software hacia la placa de baquelita, por medio del método de planchado, con la ayuda del cloruro férrico.2. Se coloca en la parte superior de la placa de baquelita la nomenclatura de los elementos que integran el módulo.3. Con la ayuda del cautín se coloca cada elemento en su lugar respectivo, verificando su correcta instalación.4. Una vez concluido el punto 3, se obtiene la placa del módulo de control finalizado, esto se puede ver en el anexo 15.	

4.13. Diseño de la caja de acrílico y otros elementos

Se realiza el diseño de una caja de acrílico en donde ira la placa, un freno, una rueda y soporte para el motor DC del módulo de control, siguiendo el siguiente proceso.

Tabla 4.7. Diseño de la caja de acrílico y otros elementos

Ítem	Diseño de la caja de acrílico y otros elementos
Método	Mediante elementos finitos
Herramientas o equipos	Computador, software de elementos finitos
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none">1. Ejecutar el software de elementos finitos a utilizarse.2. Se procede al diseño de la caja con las dimensiones de (16.2x15.7)cm y una altura de 4.4cm, como muestra el anexo 16, en el que va incluido un freno que se lo puede ver en el anexo 18.3. Con el diseño de la caja se procede a recortar el acrílico por medio de láser.4. El diseño de la rueda y el soporte que se los puede observar en el anexo 17 y 19, son impresos mediante impresión 3D.	

4.14. Procedimiento para la comunicación entre la NI myDAQ, y el software.

La siguiente tabla muestra el proceso para la comunicación entre la NI myDAQ, y el software.

Tabla 4.8. Comunicación entre la NI myDAQ, el módulo y el software.

Ítem	Comunicación entre la NI myDAQ, y el software.
Método	Mediante elementos finitos.
Herramientas o equipos	Computador, software de elementos finitos, NI myDAQ
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se debe instalar el software LabVIEW, con el complemento NI ELVIS, que es el software de controlador compatible para la NI myDAQ. 2. Instalado el software se verifica la comunicación entre el ordenador y la NI myDAQ, con ayuda del NI MAX. 3. Una vez instalado el software y su complemento se puede trabajar en este. 	

4.13. Diseño del programa en el software de elementos finitos

Para poder realizar un programa en el software de elementos finitos es necesario poseer conocimientos previos acerca de su funcionamiento y manejo, a continuación se detalla el procedimiento para realizar un programa.

Tabla 4.9. Diseño del programa en el software de elementos finitos.

Ítem	Diseño del programa en el software de elementos finitos.
Método	Mediante elementos finitos.
Herramientas o equipos	Computador, software de elementos finitos, NI myDAQ.
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ejecutar el software de elementos finitos a emplearse. 2. Se procede a elegir nuevo proyecto, este muestra una opción para seleccionar el tipo de proyecto que se desee trabajar, en este caso se selecciona Blank VI. 3. Aparecen dos ventanas en las que se realiza el proyecto, ventana del panel frontal de VI, y ventana de diagrama de bloques, como muestra el anexo 20. 4. Con presionar una vez el botón derecho del mouse dentro de las ventanas aparecerá el menú de herramientas o componentes, el cual está catalogado como numéricos, booleanos, indicadores, estructuras, array, string, DAQ Assistant, entre otros, que serán seleccionados según el requerimiento del programador, 	

- como muestra el anexo 20.
5. Para colocar los componentes se selecciona y arrastrar en la ventana según sea la lógica de programación, como el ejemplo del anexo 21.
 6. Para saber si el programa se encuentra correctamente realizado presionamos el botón Run, en caso de tener error este automáticamente dará un cuadro de error con la descripción del mismo, para ser corregido. Ver anexo 21.
 7. Una vez corregido el error el programa correrá o se simulara automáticamente sin problema al oprimir el botón de Run.
 8. Guardar el programa en una carpeta del ordenador.

4.14. Procedimiento para la obtención de las constantes del control PID

Tabla 4.10. Procedimiento para la obtención de las constantes del control PID

Ítem	Procedimiento para la obtención de las constantes del control PID
Método	Regla de sintonía de Ziegler-Nichols
Herramientas o equipos	Computador, software de elementos finitos, NI myDAQ
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Adquisición de información sobre la regla de sintonía de Ziegler-Nichols 2. Con ayuda de la sección 3.5.5 y la tabla 3.3 se procede a la obtención de las variables para el control PID, requerido para el diseño que se menciona en este escrito, pudiendo estos valores cambiar según la necesidad. 3. Obtenidas las constantes se las introduce en el PID autotuning del software, en las entradas de ganancia proporcional, tiempo integral y tiempo derivativo. 4. El PID autotuning se encarga de procesar automáticamente las señales o datos descritos en este, para controlar el proceso. 	

Para sintonizar el control PID se emplea el método descrito en el capítulo 3 en la sección 3.5.5 y la tabla 3.3, con lo que se toman los valores de $T_i=0$ y $T_d=0$, usando sólo la acción de control proporcional, se fija una temperatura de trabajo en la referencia y se aumenta la ganancia proporcional hasta conseguir una respuesta oscilatoria mantenida.

En este caso la ganancia proporcional mantenida es de 0,600 y el periodo de oscilaciones es de 2.5 segundos, utilizando la tabla 3.3 se calcula el T_i (tiempo integral) y T_d (tiempo

derivativo). Las constantes para la ganancia proporcional es de 0.600, para el tiempo integral es de 0.004 y para el tiempo derivativo es de 0.001, estos datos se los obtiene por medio de la regla de sintonía de Ziegler-Nichols, estos datos serán insertados en el PID autotuning en el programa desarrollado.

5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS)

Este capítulo menciona los resultados obtenidos en el diseño y construcción del módulo de control, dividiendo por partes los resultados obtenidos para su mejor comprensión, se analiza los resultados adquiridos por medio de pruebas y prácticas desarrolladas en el módulo, con el motor paso a paso, motor DC, temperatura y luminosidad, por medio de programas desarrollados en el software de elementos finitos, y con ayuda de la interacción entre el software, la tarjeta de adquisición de datos (myDAQ), y el módulo. Cabe mencionar que antes de realizar las pruebas se debe verificar la conexión entre la tarjeta de adquisición de datos y el software, estos resultados se detalla a continuación.

5.1. Módulo para sistemas de control

Empleando la metodología descrita en el capítulo 4, se logra obtener el módulo para sistemas de control finalizado, dando paso a la realización de las pruebas, para verificar su correcto funcionamiento y utilidad. La descripción de los puertos de salida del módulo se los puede ver en el capítulo 4 sección 4.10 en la tabla 4.4, a continuación se representa el módulo.

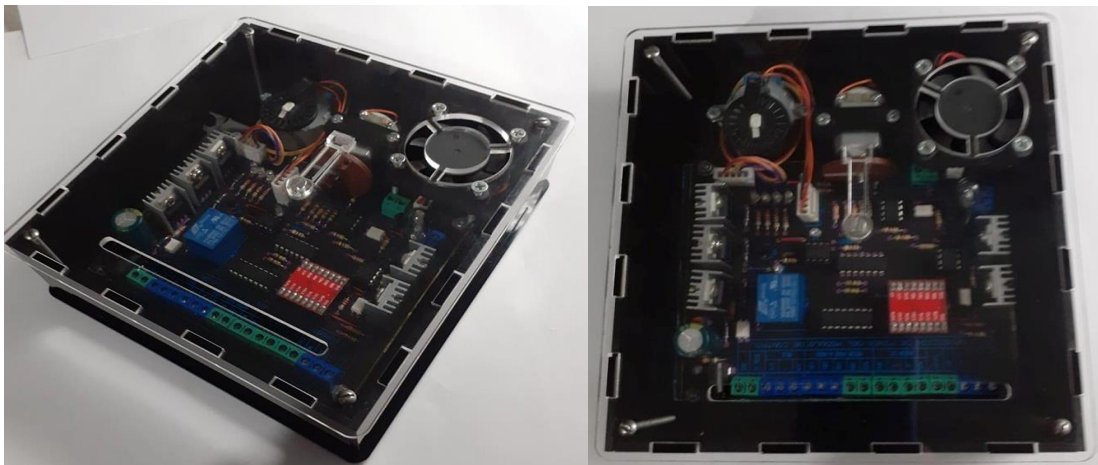


Figura 5. 1. Módulo para sistemas de control

5.2. Prueba de comunicación entre la NI myDAQ y el software

Es recomendable verificar la comunicación existente entre la NI myDAQ y el software con la ayuda del NI MAX que lo encontramos en el buscador del computador, una vez abierto en programa indica como Networks Devices – Measurement & Automation Explorer, se procede a dar click en la opción Device and interface donde se encontrara las características de la tarjeta de adquisición de datos conectada al computador en este caso será el modelo NI myDAQ como indica la figura 5.2, donde se observa la ventana de la NI MAX con las características de la myDAQ.

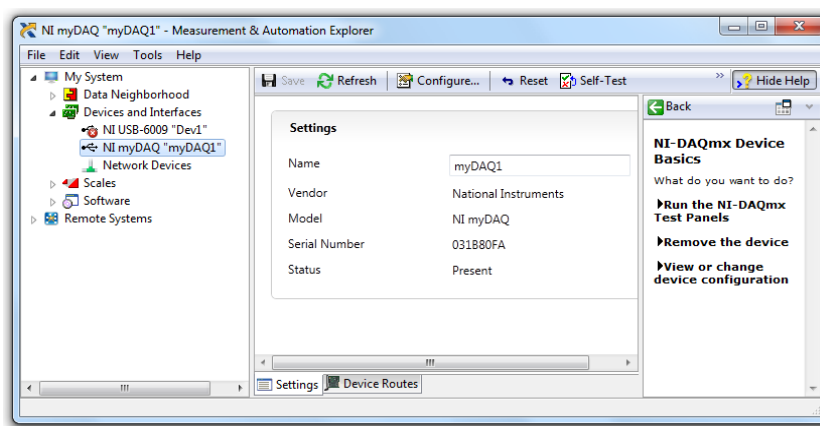


Figura 5. 2. Ventana del NI MAX

5.3. Prueba de control ON- OFF de temperatura

En el anexo 23 se muestra la guía de práctica para el control ON-OFF de temperatura, donde se detalla su procedimiento, el interfaz desarrollado y la forma de conexión.

Por pedio del setpoint se introduce el rango al cual se desea trabajar, cuando el controlador ON-OFF alcance este rango por medio del control de luminosidad del foco que emite calor al sensor de temperatura, hasta que llegue al valor requerido, activando un relé, solo cuándo el valor de temperatura supere el valor establecido del setpoint el relé pasara al estado on.

Al establecer el setpoint de 45°C como se muestra en la figura 5.3 el sistema se apaga y se enciende manteniendo el setpoint establecido, el relé se enciende a 44°C, comprobando el correcto funcionamiento del módulo de control y el interfaz desarrollado.

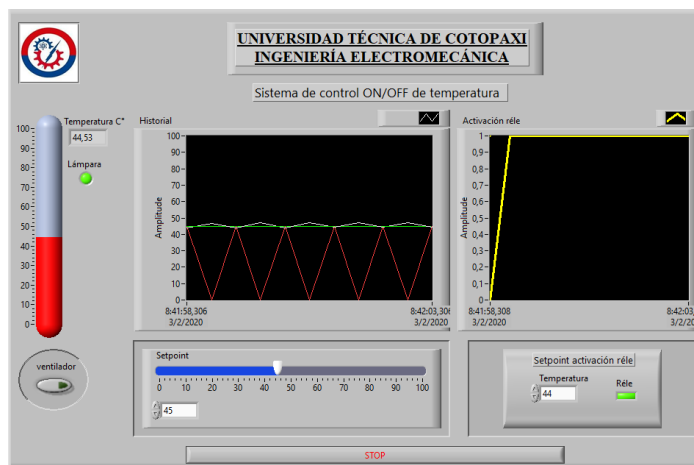


Figura 5. 3. Activación de relé al superar la temperatura de setpoint

A continuación en la tabla 5.1 se muestra la activación del relé a 44°C y foco con un setpoint de 45°C.

Tabla5. 1. Activación y desactivación de los elementos del módulo dependientes del setpoint.

Setpoint	Activación
Temperatura > 44°C	Relé
Temperatura > 45°C	Foco, relé

Al introducir otro setpoint como indica la tabla 5.2 al superar los 45°C el foco se enciende esto se puede ver en la figura 5.4.

Tabla 5.2. Activación del relé a un setpoint de 45°C

Temperatura °C	Setpoint °C	on/ off
45,146041	45	0
45,015852	45	0
44,950758	45	45
47,652184	45	0
44,950758	45	45
47,880015	45	0
45,113494	45	0
45,015852	45	0
44,885663	45	45

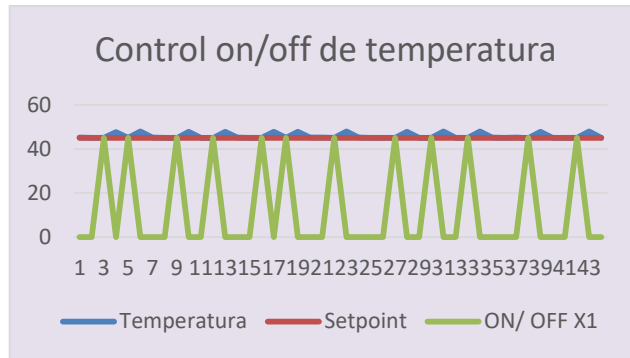


Figura 5.4. Control on-off con un setpoint de 45°C

5.4.Prueba de control PID de temperatura

La forma de conexión y la interfaz de programación para el control PID se muestra en el anexo 24 en la guía de práctica, se emplea un PWM que será el encargado de manipular la variación de temperatura ocasionada por la iluminación de foco incandescente, donde el setpoint puede ser manipulado según el rango requerido. En el panel de control se puede visualizar tres formas de onda, una roja correspondiente a la señal del PID, una verde que es la señal del setpoint, y una blanca que es a la correspondiente a la temperatura, que se aprecia en la figura 5.5, depende del valor dado por el setpoint, la forma de onda verde y blanca deben alinearse y mantenerse estables gracias al control del PID, como se aprecia en la figura.

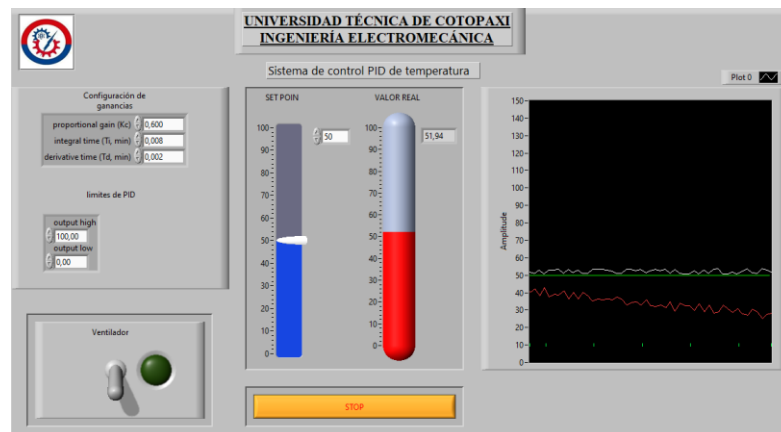


Figura 5. 5. Onda del PID, con un setpoint de 50°C .

En este caso la ganancia proporcional mantenida es de 0,600 y el periodo de oscilaciones es de 2.5 segundos, el controlador PID tanto para la ganancia como para los límites se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 5. 3. Constantes del PID

Configuración de ganancias	
Ganancia proporcional (Kc)	0,600
Tiempo del Integral (Ti, min)	0,004
Tiempo de la Derivada (Td, min)	0,001
Límites del PID	
Salida máxima	100°C
Salida mínima	0°C

5.5. Prueba de la práctica de posición

La guía de práctica se da en el anexo 25, donde se encuentra la forma de conexión, y el programa desarrollado, en la grafica 5.6 y 5.7 se observa la activación del motor paso a paso, con diferentes ángulos establecidos por un setpoint, muestra tambien el contador óptico según el número de pasos dados por la rueda del encoder, el cual al llegar al setpoint establecido el motor se apaga.

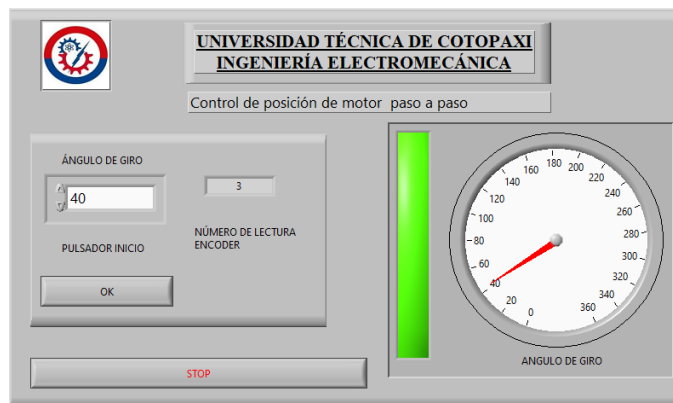


Figura 5. 6. Posición del motor step a 40°

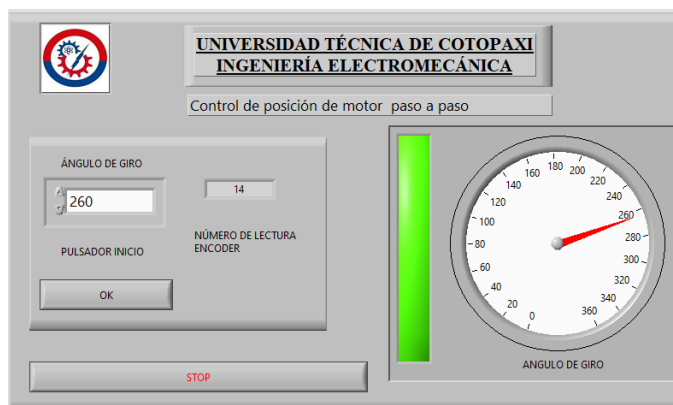


Figura 5. 7. Posición motor step a 260 °

La tabla 5.4 identifica los valores arrojados en la lectura del encoder, y el ángulo de giro del motor step a diferentes valores del setpoint.

Tabla 5.4. Control del ángulo de giro del motor step a diferente setpoint.

Setpoint	Lectura del encoder	Ángulo de giro
40	3	40°
180	10	180°
260	15	260°
360	20	360°

5.6. Prueba de la práctica de control de velocidad

En esta práctica se realiza el accionamiento del motor DC, el cambio de giro y el control de velocidad empleando el control por PWM, a través de la interfaz desarrollada, que se indica en el anexo 26, así como su forma de conexión. La figura 5.8 muestra la visualización de la ventana de control y adquisición de datos, por medio de la perilla se controla la velocidad del motor, el selector es para encender el motor y realizar el cambio de giro, en el visualizador de gráficos se observa la señal del PWM.

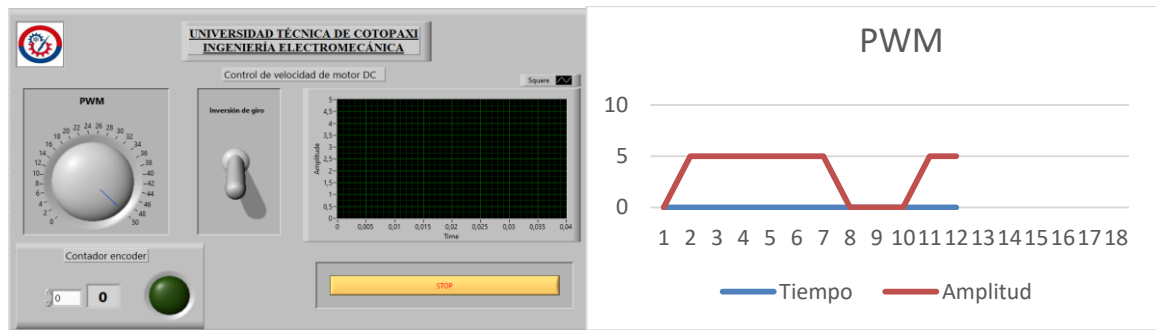


Figura 5. 8. Visualización de la ventana del control de velocidad

Tabla 5.5. Generación de PWM para el control de velocidad del motor DC

Tiempo (seg)	Amplitud (Hz)
0	0
0,0002	5
0,0004	5
0,0006	5
0,0008	5
0,001	5
0,0012	5
0,0014	0

5.7. Prueba de las RPM del motor DC

La guía de práctica se puede encontrar en el anexo 28, donde se puede observar el programa desarrollado para las RPM del motor DC, por el cual se extrae el valor aproximado de las revoluciones a las que se encuentra trabajando el motor DC, y al mismo tiempo como esta desciende o varia si se disminuye su velocidad de giro.

Los resultados obtenidos se visualizan en la gráfica 5.9, en donde la línea azul muestra las revoluciones a las que trabaja el motor DC.

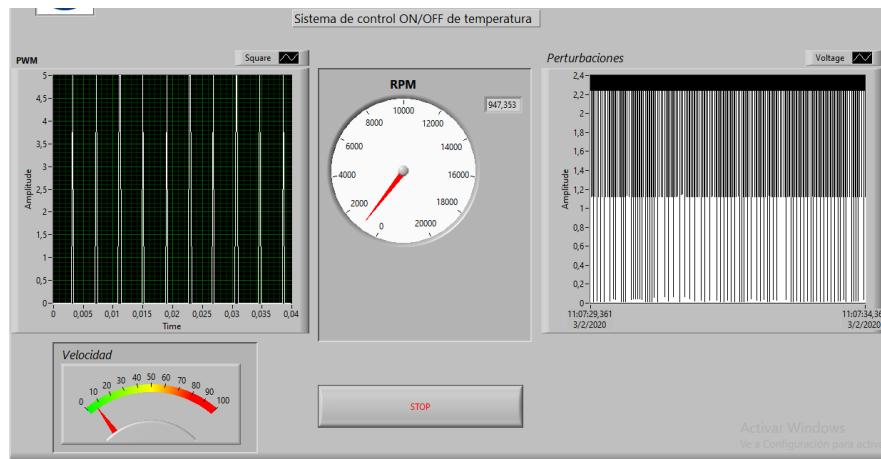


Figura 5. 9. RPM del motor DC

Los RPM se por la lectura del encoder por lo que es acondicionada en el programa donde la señal se le divide para 2 debido a que la rueda tiene dos agujeros que dan la lectura de una vuelta completa, se multiplica para 60 segundos para obtener los rpm, en la tabla 5.6 se muestra los rpm dependiendo del voltaje suministrado al motor dc.

Tabla5.6. RPM de acuerdo a la velocidad del motor DC.

Velocidad generado por el voltaje suministrado	RPM
0,45 V	947,353

5.8. Prueba de luminosidad control ON-OFF.

La práctica de luminosidad detallada se encuentra en el anexo 29, donde se indica el interfaz desarrollado y la forma de conexión, el rango de la amplitud del interfaz es de 0V a 5V, el control de es de tipo on-off que por medio de un setpoint de 2,5, la luminosidad se mantendrá en ese rango específico como se aprecia en la figura 5.10.

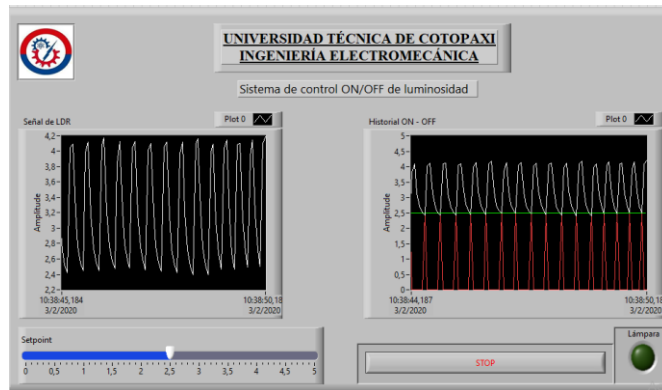


Figura 5.10. Sistema de control ON-OFF de luminosidad

Se incorpora un setpoint variable que va de 0 a 5, para obtener datos a diferentes rangos de luz, por medio del control de la luminosidad del foco, se debe tomar en cuenta que los datos obtenidos se tomaron en una habitación cerrada, ya que estos valores pueden variar según el lugar en donde se lleve a cabo la practica, la figura 5,11 muestra los resultados arrojados a diferente setpoint.

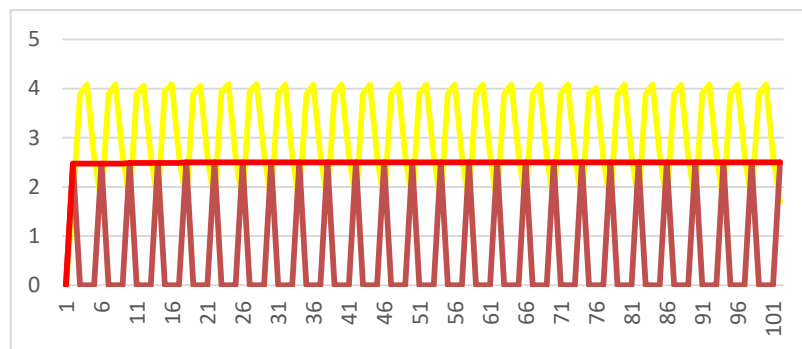


Figura 5.11. Formas de onda del sistema de control ON-OFF

La grafica representa los datos obtenidos del sistema la línea de color amarilla corresponde a la luminosidad, la línea roja es el setpoint y la línea rosada el control on-off del sistema a continuación se muestra en la tabla 5.7 los datos obtenidos.

Tabla 5.7. Datos de sistemas de control ON-OFF de luminosidad

Tiempo (seg)	Luminosidad (V)	ON-OFF	Setpoint
13:31,0	2,614	0	2,488
13:31,0	1,707	2,488	2,488
13:31,1	3,943	0	2,488
13:31,1	4,088	0	2,488
13:31,2	2,639	0	2,488
13:31,3	1,721	2,5	2,5

5.9. Prueba de activación del relé

Se incorporó un relé de propósito general, este contiene 4 salidas que serán empleadas según sea la necesidad del programa, se emplea un accionamiento directo por medio de un interruptor de dos posiciones on/off, al activarse el relé se activa una luz piloto, a continuación se muestra la ventana de control del relé.



Figura 5.12. Visualización de la ventana de control del relé

Tabla 5.8. Accionamiento de relé

	Normalmente cerrado	Normalmente abierto
Común	1	0
	0	1

6. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

La propuesta tecnológica se sustenta en un análisis técnico de los impactos en las diferentes áreas o ámbitos que genere en el contexto del mismo, las que involucra las siguientes:

6.1. Impacto tecnológico

La finalidad del módulo se basa en la fomentación de utilizar nuevos equipos y dispositivos tecnológicos, en el que interviene la interacción entre el módulo, el software, el equipo de adquisición de datos (myDAQ), y el estudiante, este se adapta a los requerimientos del docente y estudiante, pues por medio de la myDAQ se puede recibir o emitir señales analógicas y digitales, emitiendo órdenes a actuadores o recibiendo señales de sensores para transformarlas y procesarlas según el requerimiento, incentivando al estudiante el desarrollo de programas por medio de LabVIEW, que transformaran dichas señales según sea el requerimiento.

6.2. Impacto práctico

El módulo sirve para la realización de pruebas de sistemas de control en la carrera de Ingeniería Electromecánica, que consta de sensores y actuadores con los que se pueden recepatar la señal y transfórmalas por medio de una tarjeta de adquisición de datos NI myDAQ, para realizar prácticas de temperatura, velocidad, posición, luminosidad, para fortalecer la enseñanza teórica con la práctica, obteniendo mejores conocimientos por parte de los futuros egresados.

6.3. Impacto económico

El impacto económico de la propuesta tecnológica se ve reflejado en la disminución de costos comparados a productos similares, se evita costos elevados con la adquisición de materiales existentes en el mercado los cuales son accesibles y fáciles de adquirir, considerando que sus características técnicas sean las apropiadas para cada función a emplearse.

7. VALORACIÓN ECONÓMICA Y/O PRESUPUESTO PARA IMPLEMTAR LA PROPUESTA DEL PROYECTO

La tabla 7.1 muestra el presupuesto para la elaboración del módulo didáctico de sistemas de control, donde se indican los costos correspondientes al mercado actual.

Tabla 7. 1. Presupuesto para la elaboración de la propuesta tecnológica.

Recursos	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN			
	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	Valor Total \$
Materiales y equipos				
Motor DC	1	c/u	3	3
Motor Step	1	c/u	3,8	3,8
Ventilador 12 V	1	c/u	7,5	7,5
Encoder Óptico	2	c/u	1,45	2,9
LDR	1	c/u	0,75	0,75
LM 35	1	c/u	0,75	0,75
Resistencias	18	c/u	0,03	0,58
Transistor 2N2222A	3	c/u	0,25	0,75
Diodo	5	c/u	0,17	0,85
Relé 12 V	1	c/u	0,75	0,75
Regulador LM 7805	3	c/u	0,45	1,35
Driver Step ULN2003	1	c/u	3	3
Driver DC TB6612	1	c/u	4	4
Capacitor cerámico	1	c/u	1,1	1,1
LM741	4	c/u	0,45	1,8
Transistor IC	2	c/u	0,17	0,34
LM7905	2	c/u	0,71	1,42
74LS04	1	c/u	0,66	0,66
Bornera de 3	4	c/u	0,28	1,12
Capacitor electrolítico	1	c/u	0,34	0,34
Bornera de 2	7	c/u	0,28	1,96
Disipador de calor	6	c/u	0,25	1,5
Optotransistor	3	c/u	0,45	1,35
Espadines	2	c/u	0,33	0,66
Led 3mm	9	c/u	0,17	1,53
Jack DC	1	c/u	0,25	0,25
Baquelita	1	c/u	1,45	1,45
Cloruro Férrico	1	c/u	0,8	0,8
Estaño	1	m	0,75	0,75
Cables	2	m	0,7	1,4
Fuente de poder	1	c/u	7	7
Foco de uña	1	c/u	1	1
Socket negro	1	c/u	2,5	2,5

Recursos	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN			
	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	Valor Total \$
PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN				
Pernos	17	c/u	0,15	2,55
MyDAQ	1	c/u	439,63	439,63
Caja acrílica	1	c/u	30	30
Impresión 3D	1	c/u	5	5
Transporte y salida de campo				
Pasaje estudiante 1	15	c/u	2,9	43,5
Pasaje estudiante 2	15	c/u	1,8	27
Mano de obra				
Diseño de placa	1	c/u	20	20
Diseño de Caja	1	c/u	10	10
Diseño de soportes	1	c/u	10	5
Programas LabVIEW	7	c/u	10	70
Ensamble del módulo	1	c/u	40	40
Material Bibliográfico y Fotocopias				
Internet	20	hora	0,6	12
Impresiones	500	c/u	0,08	60
Copias	100	c/u	0,03	3
Gastos Varios				
Otros Gastos	1	c/u	40	40
Sub Total				846,59
Imprevistos 10%				84,66
Total				951,24 \$

La tabla 7.1 arroja el costo total para la ejecución de la propuesta tecnológica que es de 951.24 dólares americanos.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Por medio de la investigación teórica se pudo acondicionar los sensores como el LM35 que proporciona una señal en milivoltios que debe ser multiplicado por 100 para obtener la temperatura real, obteniendo un rango de trabajo que va de 0°C a 100°C, con un setpoint variables para su control.
- Para el motor paso a paso se debe accionar una bobina a la vez, teniendo en cuenta que para girar 1.8° debe dar 200 pasos/revolución, estos micropasos se dan proporcionando corriente en dos de sus bobinados.

- Por medio de la tarjeta de adquisición de datos NI myDAQ, se recepta o emite las señales, para controlar los actuadores de una forma práctica y eficaz disminuyendo tiempo, cableado, y elementos para su activación o acondicionamiento según se requiera.
- El control PID es más estable a comparación del control ON/OFF y el proporcional, ofrece mayor seguridad al sistema corrigiendo el error al mínimo, ya que este control integra al control proporcional, integral y derivativo.
- Mediante el software LabVIEW y el módulo de control se logra visualizar el comportamiento y funcionamiento de cada práctica realizada a través de graficas proporcionadas por el software.

Recomendaciones

- Para estabilizar la señal del sensor LM35 es recomendable conectarle una resistencia de 200 ohms, y mantener los pines del sensor fijos, ya que puede provocar perturbaciones en la salida del mismo.
- En el sistema de frenado del motor DC se debe ir frenando lentamente, ya que un frenado brusco puede causar averías en el motor y en el encoder, a más de ello no se debe prolongar por más de 10 segundos el frenado total o en 0 del motor ya que puede ocasionar sobrecarga, y daños en el bobinado.
- Es necesario conectar siempre el puerto de GND del módulo para sistemas de control con el puerto GND de la tarjeta de adquisición de datos, para que exista la correcta conexión entre estos dos dispositivos, caso contrario la lectura de las señales serán erróneas.
- No se debe conectar una fuente de alimentación superior a 12V y 3A en la entrada del módulo, ya que esto puede ocasionar daños en el equipo y en los componentes del mismo.
- Asegurarse que la corriente de entrada o de la fuente sea de 1.5A a 3A, ya que a menor corriente los datos de entrada y salida de la tarjeta de adquisición de datos se verán distorsionadas o con perturbaciones.
- No se debe conectar un voltaje mayor a 5V en los pines o puertos del módulo para sistemas de control, ya que estos puertos están diseñados para la adquisición y envío de señales de actuadores y sensores, a excepción de X2 que es la entrada del foco incandescente y soporta hasta 12 V.

- En caso que la lectura del sistema de adquisición de datos de temperatura, marque un valor erróneo o no marque ningún valor, revisar la conexión y el estado del sensor LM35, siendo este fácil de sustituir en caso de daño.
- En la tarjeta de adquisición de datos si se emplea el puerto analógico de entrada AIO+ o AI1+, es necesario conectar AIO- o AI1- con el GND de la myDAQ respectivamente según el puerto empleado, esto para estabilizar la señal que se requiera adquirir.
- Si se desea activar el motor DC en un solo sentido de giro se debe conectar el puerto PWM y el puerto A si se desea el giro hacia la derecha, o el puerto B si se requiere el giro hacia la izquierda, pero nunca se deben activar los puertos A y B al mismo tiempo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. Instruments, Entrenador de Planta de Control, 2016.
- [2] M. C. P. D. Altamirano Pinchao Edgar Polibio, Diseño y construcción de módulos didacticos para el laboratorio virtual de instrumentación industrial, de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico., Ibarra, 2016.
- [3] A. R. López, Planta electrónica para entrenamiento de sistemas de control utilizando la interface NI myDAQ y el software LabVIEW 2010, Guayaquil, 2013.
- [4] L. M. V. G. José Luis Bucheli Naranjo, Diseño y construcción de un módulo con sistemas HMI para el análisis y estudio de sensores y transductores de proximidad analógicos por medio de la tarjeta de adquisición de datos DAQ NI y contro, Quito, 2014.
- [5] D. J. M. R. Spartacus G, Teoría de control. Diseño electrónico, Barcelona: Edicions UPC, 1998.
- [6] S. I. Marllelis Gutiérrez, Fundamentos básicos de instrumentación y control, Santa Elena: UPSE, 20017.
- [7] R. H. Gaviño, Introducción a los sistemas de control, Naucalpan de Juárez, México: PEARSON, 2010.
- [8] F. G. G, Electronica Digital, vol. 4, Colombia: CEKIT S.A., 1993.
- [9] A. J. C. Paz, Sistemas Automáticos de Control Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado, Santa Rita, Edo. Zulia, Venezuela: UNERMB, 2011.
- [10] M. A. Perez, A. Perez Hidalgo y . E. Perez Berenguer, Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantesen el tiempo, 2007.
- [11] J. Mayné, Sensores Acondicionadores y Procesadores de señales, SILICA, 2003.
- [12] F. R. R. J. Antonio Serna, Guía Práctica de sensores, España: Copyright, 2010.
- [13] W. Bolton, Mecatrónica Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y

- Eléctrica, México: Alfaomega S.A. , 2013.
- [14] M. CORPORATION, *SPECIFICATION MOTOR PPN7PA12C1*, 2010.
- [15] TOSHIBA, *Driver IC for Dual DC motor TB6612FNG*, 2007.
- [16] I. C. S. Plata, «INGENIERIA CREATIVA,» [En línea]. Available: <http://carolina-sp.blogspot.com/2014/11/contador-de-pulsos-de-encoder-con.html>.
- [17] STMicroelectronics, *POSITIVE VOLTAGE REGULATORS - L7805CV*, 2004.
- [18] «Carrod Electrónica,» Carrod Electrónica Online S. de R.L. de C.V, 2014. [En línea]. Available: <https://www.carrod.mx/products/lm741-amplificador-operacional>. [Último acceso: 26 Diciembre 2019].
- [19] mikroElektronika, *DATASHEET STEP MOTOR (28BYJ-48-5V)*.
- [20] T. Instruments, *Technical Documents*, 2016.
- [21] T. L. FLOYD, Dispositivos Electrónicos, Octava ed., Mexico: PEARSON EDUCACIÓN, 2008, p. 1008 .
- [22] H. S. D. C.V., FOCOS AUTOMOTRICES CATÁLOGO Y TABLA, 2017.
- [23] Motorola, «SN54/74LS04,» de *DATASHEET 74LS04*.
- [24] R. V. F. C. J. N. C. B. P. Freire Luigui O, «Propuesta de un plan alternativo de optimización energética,» vol. 40, n° 30, 2019.
- [25] T. González, Sistemas de control ON-OFF, San Cristobal: UNET, 2015.
- [26] J. A. Ramirez, Sistemas de control, 2003.
- [27] K. Ogata, Ingeniería de control moderna, Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2010.
- [28] R. M. Samir Kouro, Control mediante lógica difusa, 2002.
- [29] C. B. Eduardo Camacho, Control predictivo: Pasado, prente y futuro, Sevilla, 2004.
- [30] J. Kodosky, «La programación gráfica impulsa el diseño intuitivo,» *National Instruments*

, pp. 1-2, 2015.

- [31] C. U. Almagro, *Lenguajes de Programación*, 2011.
- [32] J. R. Lajara Vizcaíno y J. P. Sebastián, *LabVIEW. Entorno gráfico de programación*, Barcelona: MARCOMBO S.A., 2007.
- [33] R. T. Almaraz, *Guía de LabVIEW Programación general y uso en Control*, California, 1997.
- [34] «<https://ocw.ehu.eus>,» [En línea]. Available: <https://ocw.ehu.eus>. [Último acceso: 2 Diciembre 2019].
- [35] A. G. Castillo, «NI myDAQ Guía del usuario y especificaciones,» *National Instruments Corporation*, pp. 2-10, 2011.
- [36] J. E. K. S. M. D. William H. Hayt, *Análisis de circuitos en ingeniería*, 2012.
- [37] T. Instruments, *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*, 2017.
- [38] M. Electronico, «MercaElectronico,» [En línea]. Available: <https://tienda.mercaelectronico.com/accesorios-videovigilancia/fuente-12v-1amp.html>.

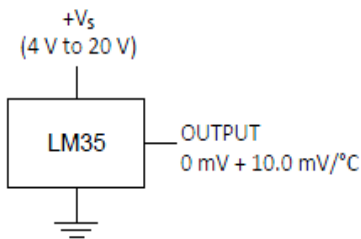
ANEXOS



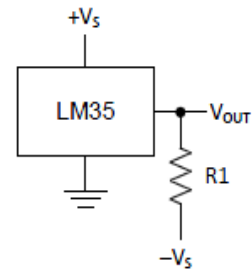
www.ti.com

LM35
SNIS159H – AUGUST 1999 – REVISED DECEMBER 2017

**Basic Centigrade Temperature Sensor
(2°C to 150°C)**



Full-Range Centigrade Temperature Sensor



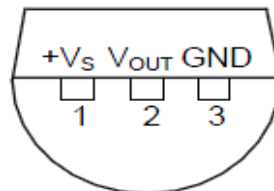
Choose $R_1 = -V_S / 50 \mu A$
 $V_{OUT} = 1500 \text{ mV at } 150^\circ C$
 $V_{OUT} = 250 \text{ mV at } 25^\circ C$
 $V_{OUT} = -550 \text{ mV at } -55^\circ C$

Absolute Maximum Ratings

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)⁽¹⁾⁽²⁾

		MIN	MAX	UNIT
Supply voltage		-0.2	35	V
Output voltage		-1	6	V
Output current			10	mA
Maximum Junction Temperature, T_{Jmax}			150	°C
Storage Temperature, T_{stg}	TO-CAN, TO-92 Package	-60	150	°C
	TO-220, SOIC Package	-65	150	

LP Package
3-Pin TO-92
(Bottom View)



Fuente: [37]



Datos técnicos	
Voltaje de operación nominal	5V
Rango de voltaje de operación	1 V a 7 V
Velocidad de operación	< 15000 rpm
Velocidad con carga	11600 rpm
Carga recomendada	0.49 mN·m
Rango de cargas de operación	0.1 mN·m a 0.98 mN·m
Corriente con carga	270 mA máx
Corriente sin carga	120 mA máx
Corriente de arranque	1300 mA (1.3 A) máx
Resistencia terminal	20 °C, 4.4 Ω \pm 10%
Diámetro	1.56 cm
Peso aproximado	10 g
Dirección de rotación	ambos sentidos

Fuente: [14]



TOSHIBA

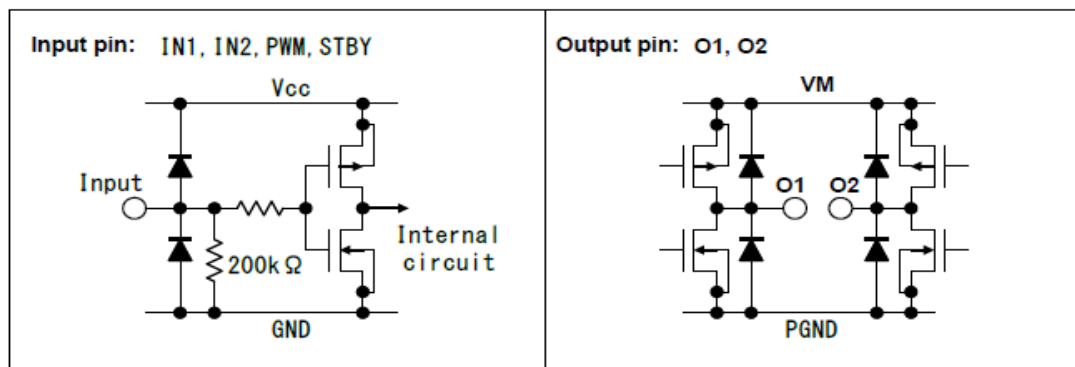
TB6612FNG

Absolute Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristics	Symbol	Rating	Unit	Remarks
Supply voltage	VM	15	V	
	VCC	6		
Input voltage	V _{IN}	-0.2 to 6	V	IN1, IN2, STBY, PWM pins
Output voltage	V _{OUT}	15	V	O1, O2 pins
Output current	I _{OUT}	1.2	A	Per 1 ch
	I _{OUT} (peak)	2		tw = 20 ms Continuous pulse, Duty ≤ 20%
		3.2		tw = 10 ms Single pulse
Power dissipation	P _D	0.78	W	IC only
		0.89		50 mm × 50 mm t = 1.6 mm Cu ≥ 40% in PCB mounting
		1.36		76.2 mm × 114.3 mm t = 1.6 mm Cu ≥ 30% in PCB mounting
Operating temperature	T _{opr}	-20 to 85	°C	
Storage temperature	T _{stg}	-55 to 150	°C	

Operating Range (Ta = -20 to 85°C)

Characteristics	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit	Remarks
Supply voltage	V _{CC}	2.7	3	5.5	V	
	VM	2.5	5	13.5	V	
Output current (H-SW)	I _{OUT}	—	—	1.0	A	VM ≥ 4.5 V
		—	—	0.4		4.5 V > VM ≥ 2.5 V Without PWM Operation
Switching frequency	f _{PWM}	—	—	100	kHz	



Fuente: [15]

**Características de la fuente de 12V**

Características	
Potencia	12W
Voltaje de entrada	110 VAC
Voltaje de salida	12V
Corriente salida	2A
Peso neto 74 gr	74 gr
Norma de seguridad	EN 60950-1
Protección contra	Cortocircuitos / Sobretensiones / Sobrevoltaje

Fuente: [38]**Características del Regulador L7805CV**

Características	
Voltaje de salida	5V (Nom) – 5.25V (Max)
Corriente de salida	1.5 A
Rango de temperatura de almacenamiento	-65 °C a 150 °C

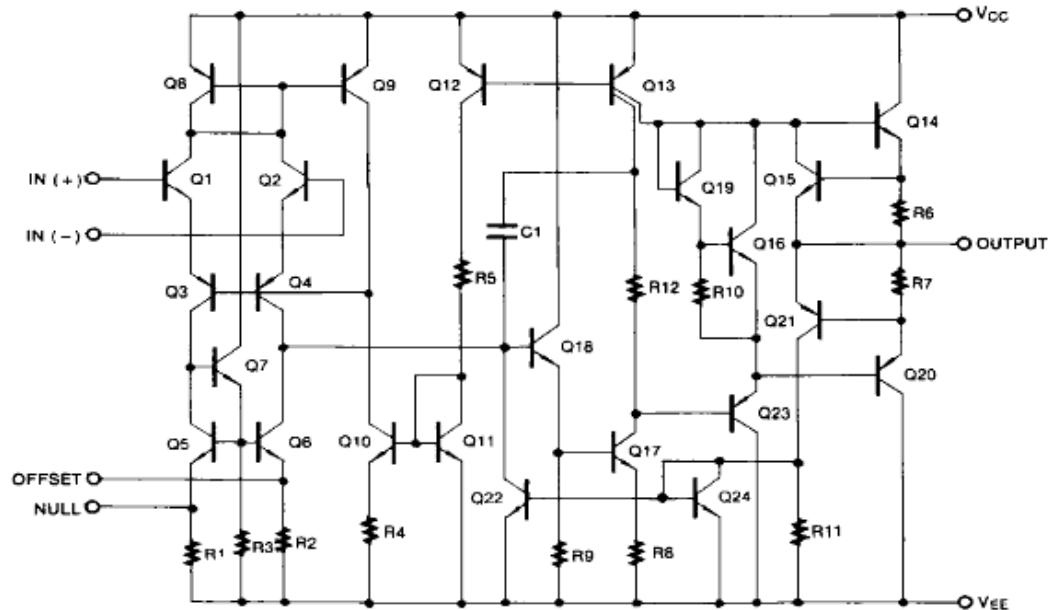
Fuente: [17]



Absolute Maximum Ratings (TA = 25°C)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	VCC	±18	V
Differential Input Voltage	VI(DIFF)	30	V
Input Voltage	VI	±15	V
Output Short Circuit Duration	-	Indefinite	-
Power Dissipation	PD	500	mW
Operating Temperature Range LM741C LM741I	TOPR	0 ~ + 70 -40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	TSTG	-65 ~ + 150	°C

Schematic Diagram



Fuente: [18]

Anexo 6

Datos técnicos del motor step



Características	
Tensión nominal	5V
Numero de fases	4 fases
Relación de variación de velocidad	1/64
Angulo de pasos	5.625° /64
Frecuencia	100Hz
Resistencia	50 Ω
Resistencia de aislamiento	> 10MΩ
Aislantes de electricidad	600VAC/1mA
Aumento de temperatura	<40K

Fuente: [19]



Descripción de los pines del ULN2003A			
PIN		I/O	Descripción
ombre	Nº		
1B	1	I	Entrada base de Darlington del canal 1 al 7
2B	2		
3B	3		
4B	4		
5B	5		
6B	6		
7B	7		
1C	16	O	Canal de salida de 1 a 7 Salida de colector Darlington
2C	15		
3C	14		
4C	13		
5C	12		
6C	11		
7C	10		
COM	9		Nodo de cátodo común para diodos de retorno (requerido para cargas inductivas)
E	8		Emisor común compartido por todos los canales (generalmente conectado a tierra)

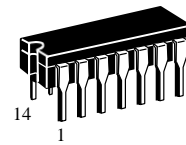
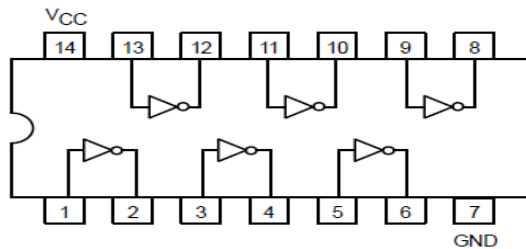
Especificaciones técnicas del ULN20013A		
Descripción	Mínimo	Máximo
Voltaje emisor colector Vcc		50V
Abrazadera de voltaje inverso de diodo		50V
Voltaje de salida		30V
Corriente máxima del colector		500mA
Corriente total emisor-terminal		-2,5A
Rango de temperatura operativo	-20 °C	70 °C
Temperatura de almacenamiento	-65 °C	150 °C

Fuente: [20]

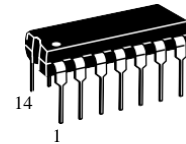


SN54/74LS04

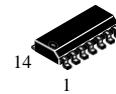
HEX INVERTER



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08



N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-06



D SUFFIX
SOIC

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ Ceramic
SN74LSXXXN Plastic

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	- 55 0	25 25	125 70	°C
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			- 0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA

Fuente: [23]

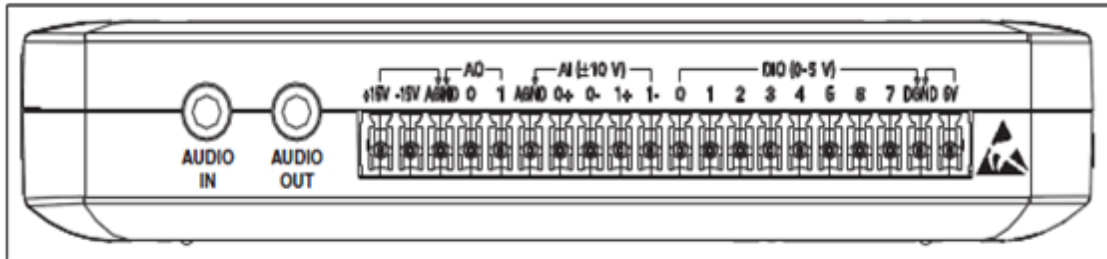


Especificaciones Generales		
Entradas Analógicas	2 canales diferenciales	
	Tasa de muestreo: 200 kS/s	
	Resolución: 16 bits	
	Rango: +/- 10V	
Salidas Analógicas	2 canales referenciales (RSE)	
	Tasa de muestreo: 200 kS/s	
	Resolución: 16 bits	
	Rango: +/- 10V	
	Corriente de salida: 2 mA	
Entradas/Salidas digitales	8 de entrada/salida	
	Cada línea individualmente programable	
	Nivel lógico entrada de 5 V compatible LVTTTL	
	Nivel lógico salida de 3.3 V compatible LVTTTL	
	Máxima corriente de salida por línea 4 mA	
Contadores Temporizadores	1 contador/temporizador	
	Resolución 32 bits	
	Base de Reloj Interno 100 MHz	
	Máxima frecuencia de medición y generación 1MHz	
	Compatible con PWM y Codificadores de Cuadratura	
Multímetro Digital	Funciones	Voltaje AC 20Vrms
		Corriente AC 1 Arms
		Voltaje DC 60 VDC
		Corriente DC 1 ^a
	Diodo, continuidad.	
Nivel de aislamiento 60 VDC / 20 Vrms		
Fuentes de poder	+15 V, 32mA	
	-15 V, 32mA	
	5 V, 100mA	

Fuente: [35]

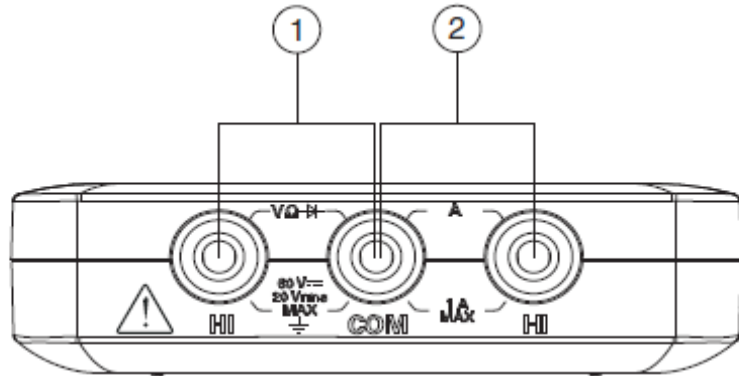
Anexo 10

Posición de terminales de tornillo conector de I/O de la NI myDAQ



Signal Name	Reference	Direction	Description
AUDIO IN	—	Input	Audio Input—Left and right audio inputs on a stereo connector
AUDIO OUT	—	Output	Audio Output—Left and right audio outputs on a stereo connector
+15V/-15V	AGND	Output	+15 V/-15 V power supplies
AGND	—	—	Analog Ground—Reference terminal for AI, AO, +15 V, and -15 V
AO 0/AO 1	AGND	Output	Analog Output Channels 0 and 1
AI 0+/AI 0-; AI 1+/AI 1-	AGND	Input	Analog Input Channels 0 and 1
DIO <0..7>	DGND	Input or Output	Digital I/O Signals—General-purpose digital lines or counter signals
DGND	—	—	Digital Ground—Reference for the DIO lines and the +5 V supply
5V	DGND	Output	5 V power supply

Fuente: [35]



Signal Name	Reference	Direction	Description
HI (VΩ-)	COM	Input	Positive terminal for voltage, resistance, and diode measurements
COM	—	—	Reference for all DMM measurements
HI (A)	COM	Input	Positive terminal for current measurements (Fused: F 1.25 A 250 V Fast-Acting)

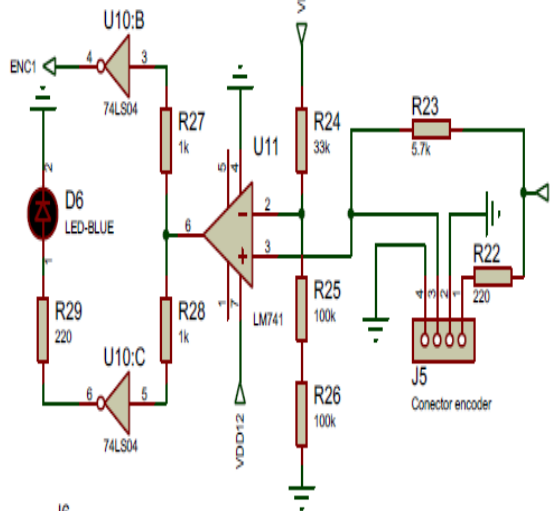
Fuente: [35]

Anexo 11.1

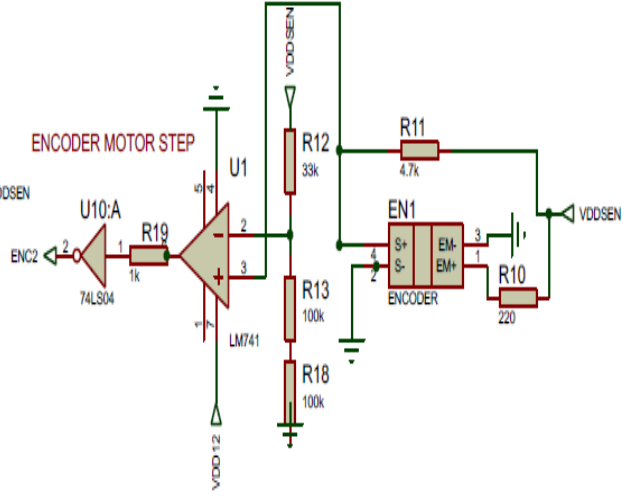
Diagrama correspondiente al circuito final del módulo de sistemas de control



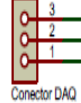
ENCODER MOTOR DC



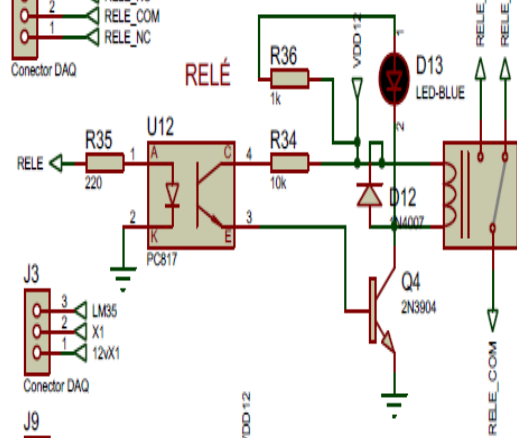
ENCODER MOTOR STEP



J6



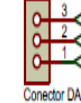
RELÉ



FOCO X1



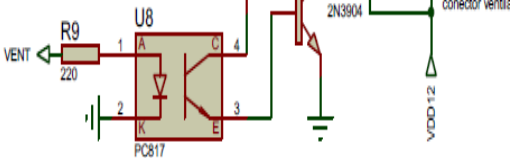
J3



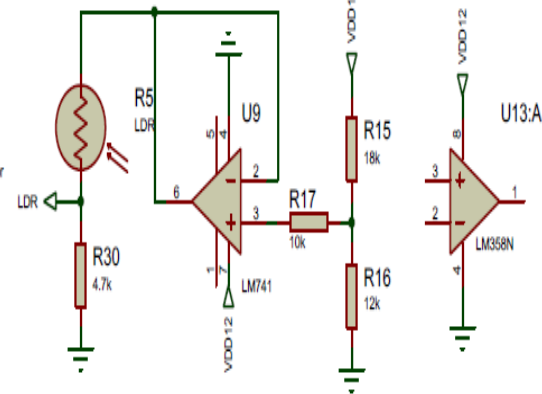
J9



VENTILADOR

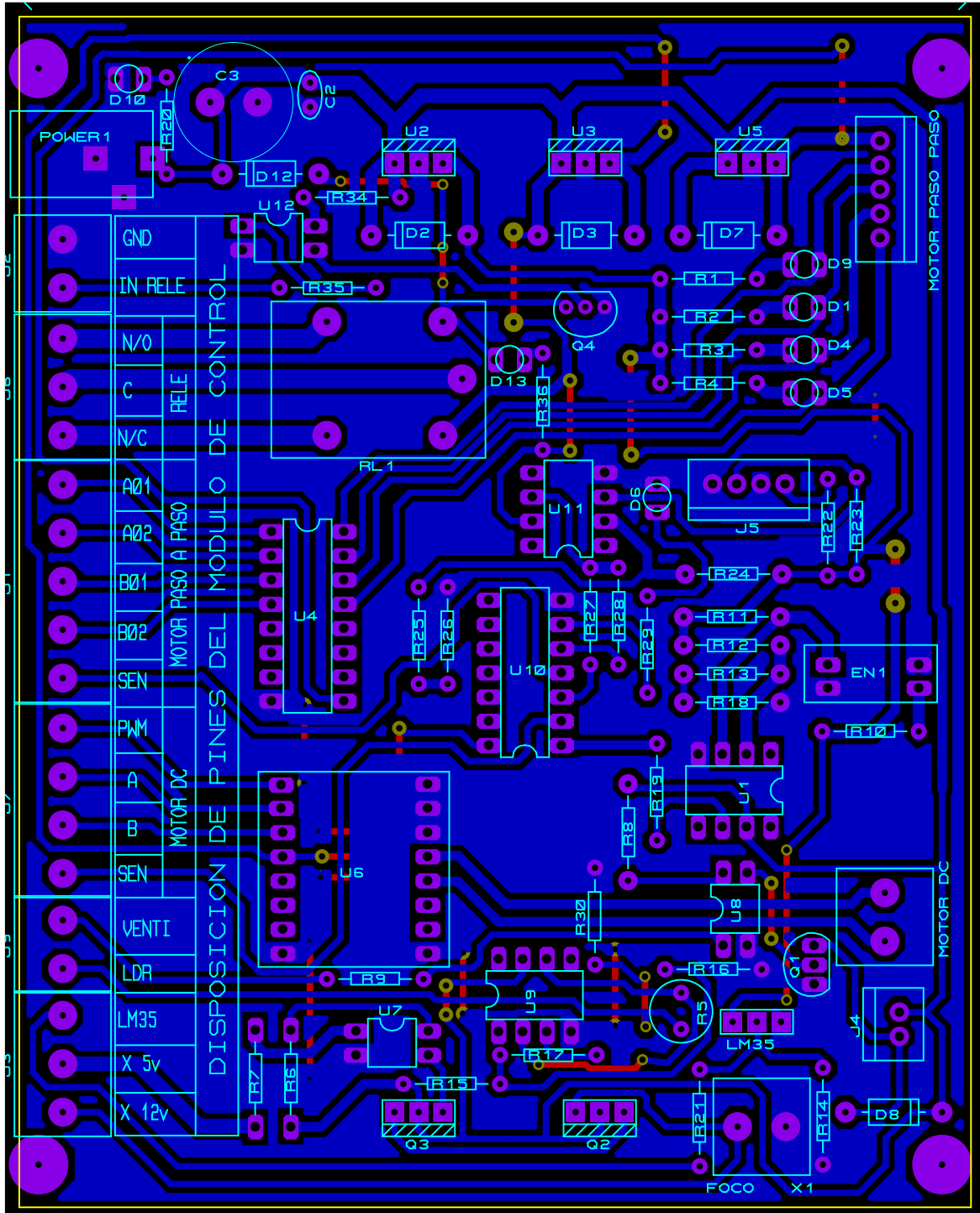


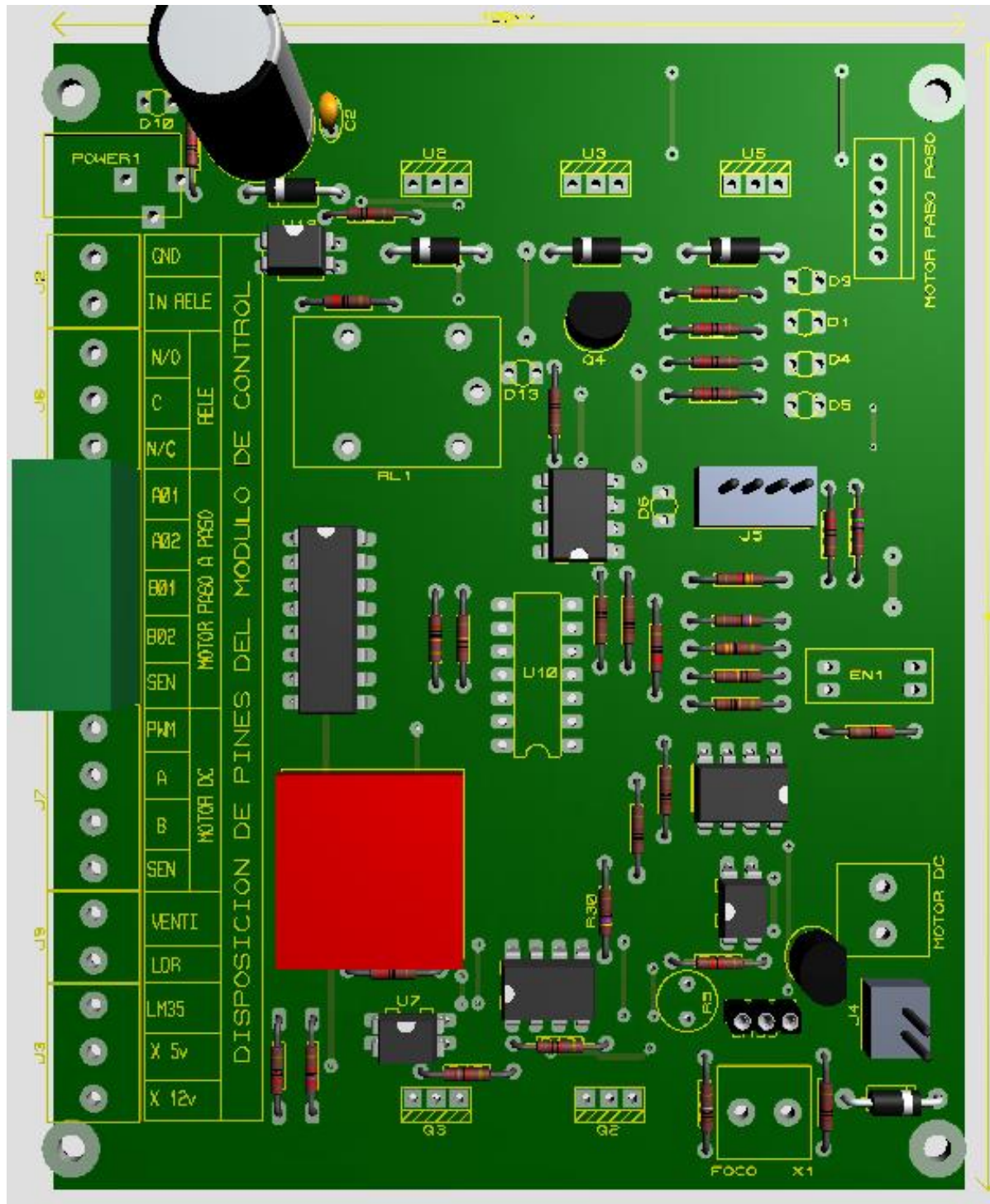
LDR



U13:A

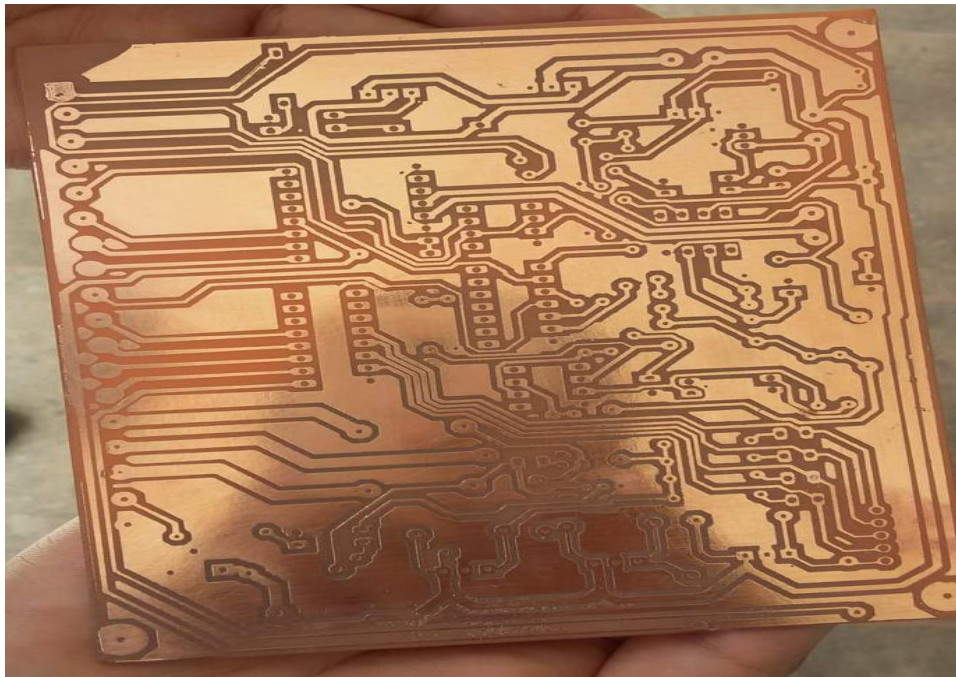






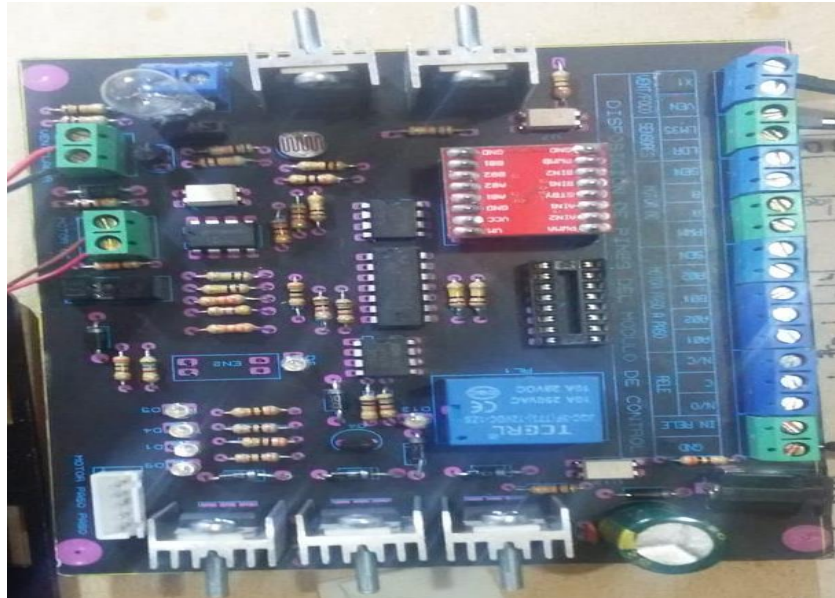
Anexo 14

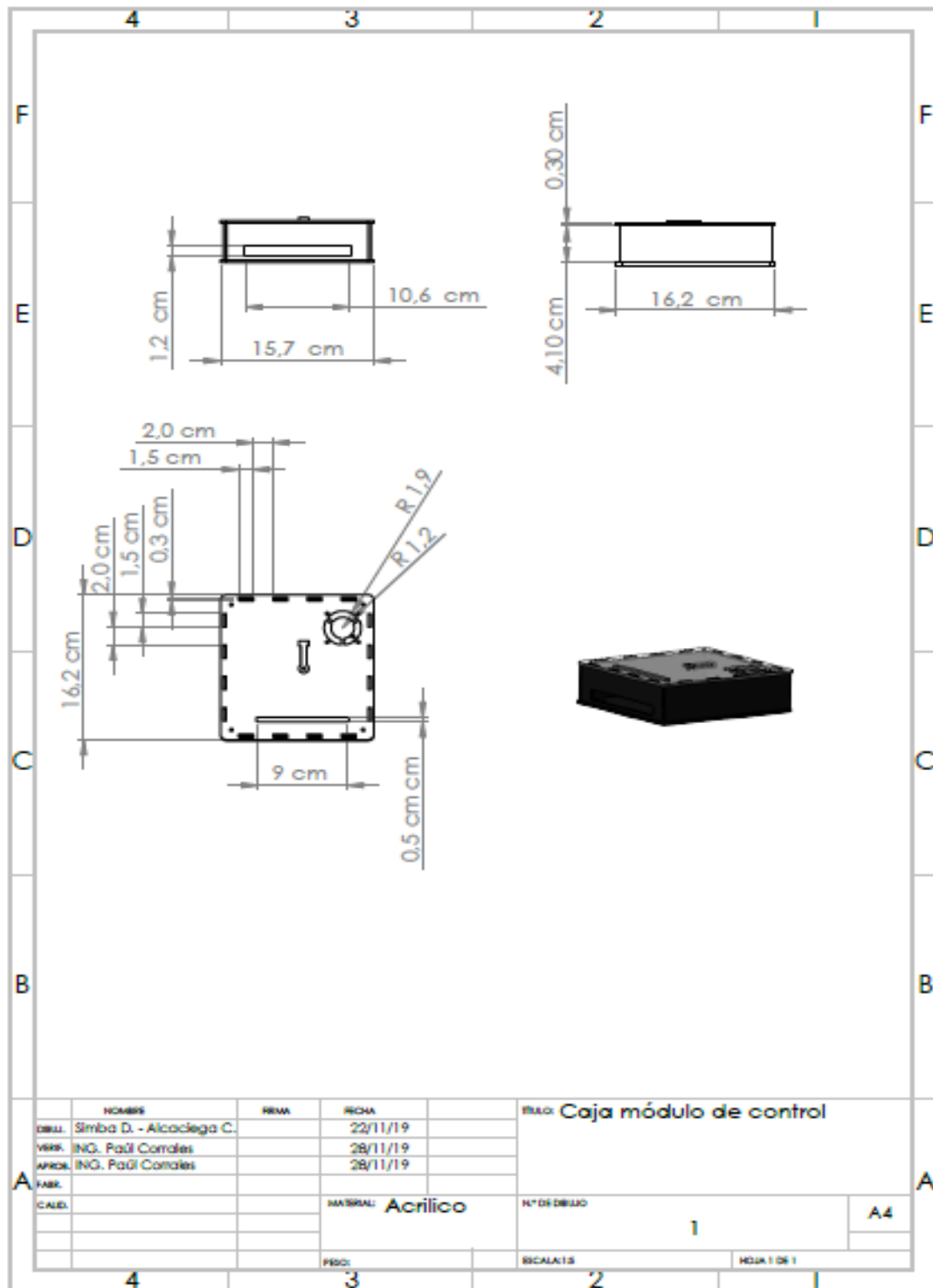
Impresión del esquemático en la placa de baquelita

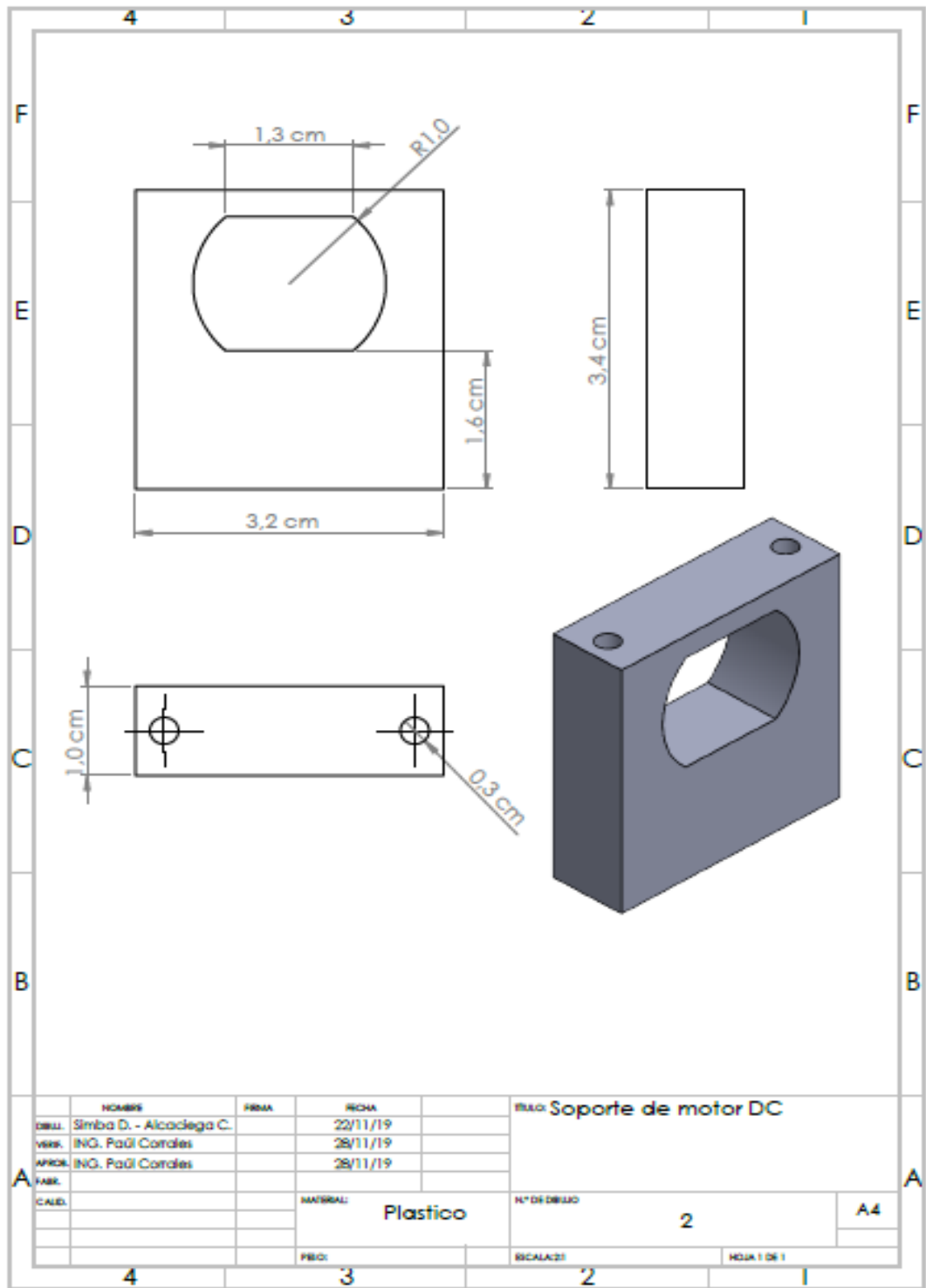


Anexo 15

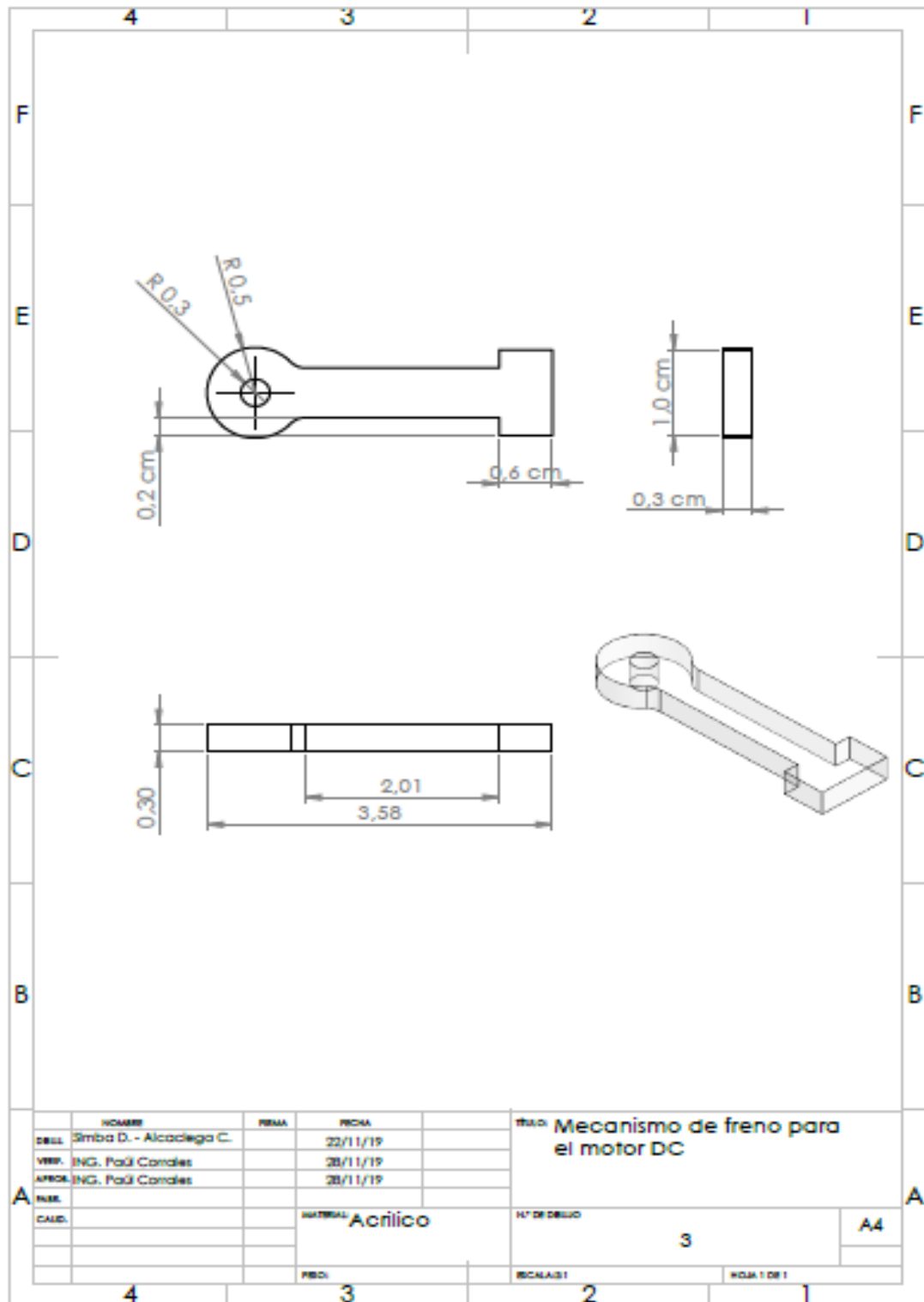
Módulo de control finalizado con sus componentes



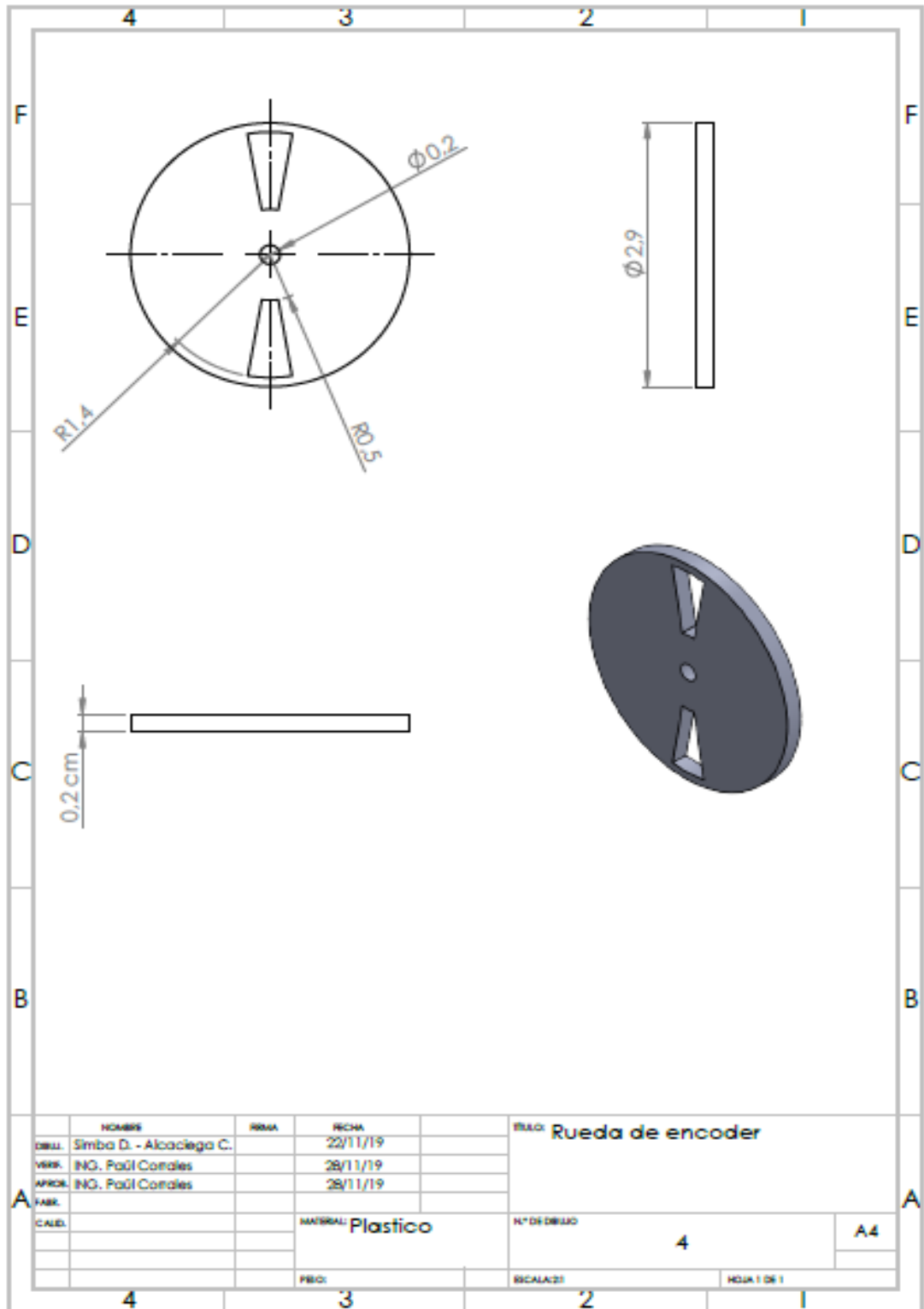




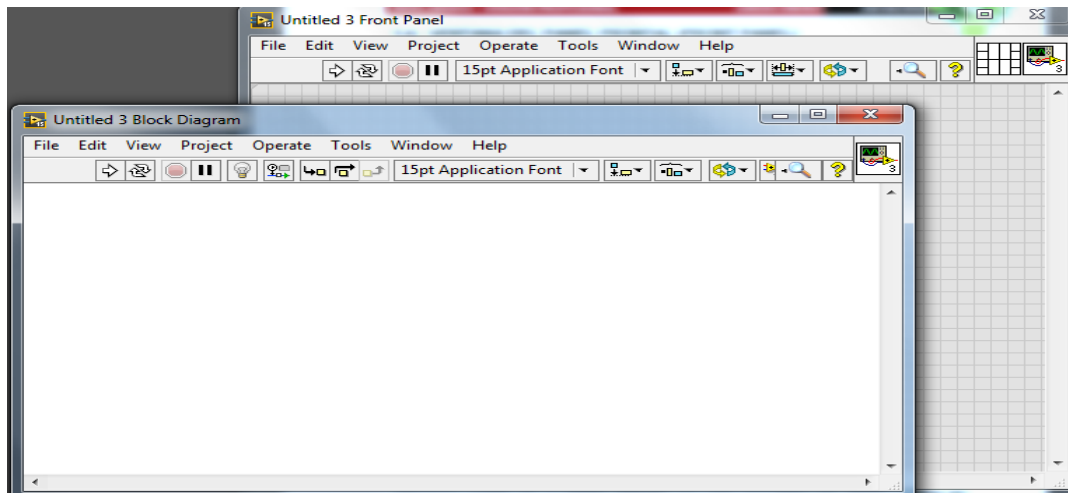
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: Soporte de motor DC	
DESA.	Simba D. - Alcaidega C.		22/11/19		
VERIF.	ING. Paoli Cordales		28/11/19		
APROB.	ING. Paoli Cordales		28/11/19		
FABR.					
CAUD.			MATERIAL: Plastico	N° DE DIBUJO: 2	A4
			FECH:	ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1



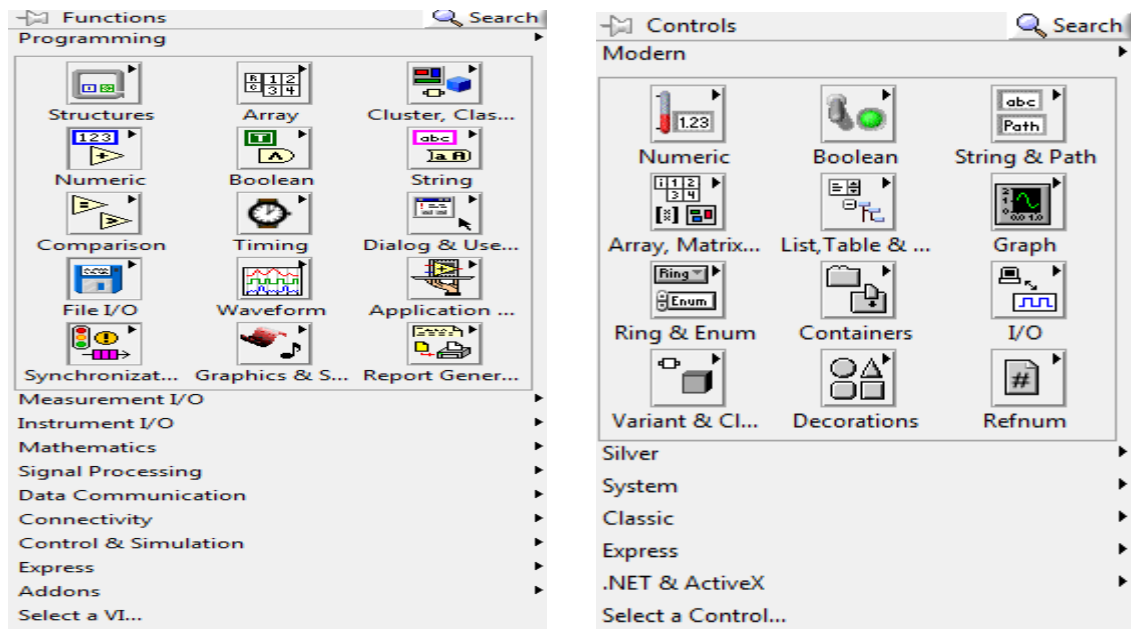
NOMBRE		FECHA	TÍTULO	
DESA.	Simba D. - Alcaidega C.	22/11/19	Mecanismo de freno para el motor DC	
VERIF.	ING. Paúl Cordes	28/11/19		
APROB.	ING. Paúl Cordes	28/11/19		
INEL.				
CAJED.				
		MATERIAL: Acrilico	Nº DE DIBUJO: 3	A4
		FECH:	ESCALA: 1	HOJA 1 DE 1



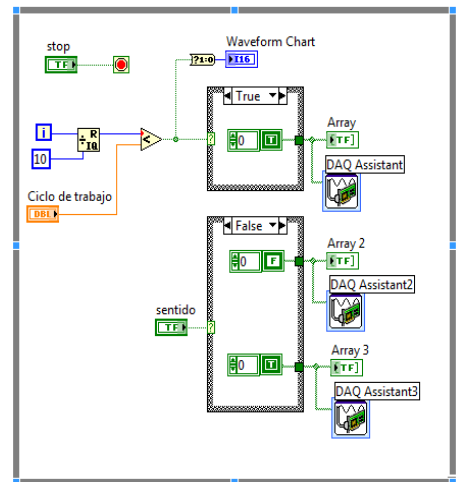
Ventana de panel frontal y diagrama de bloques



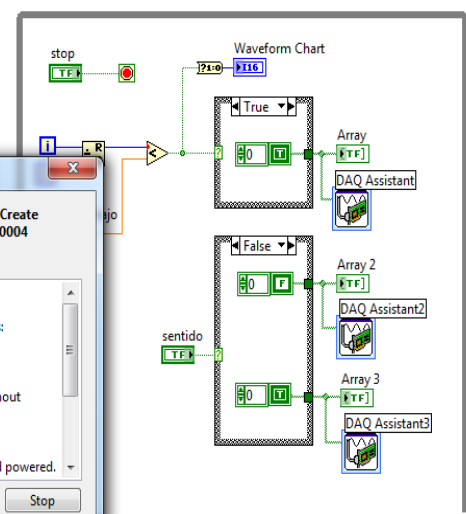
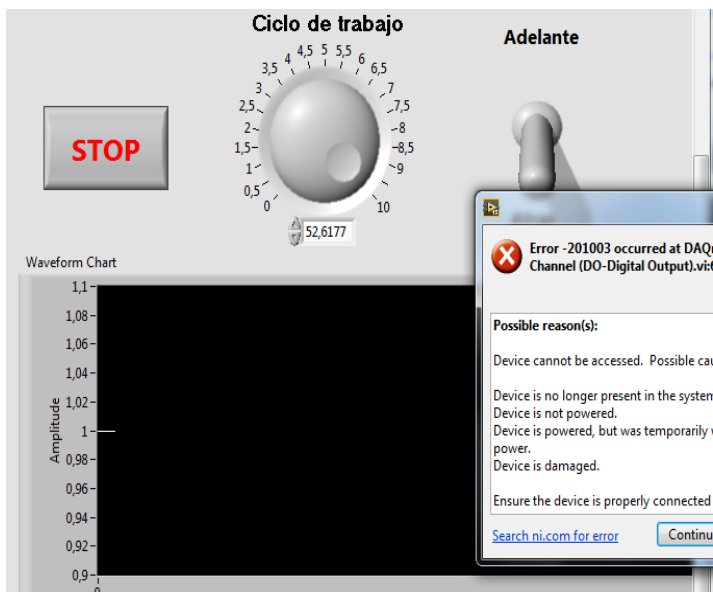
Panel de componentes de LabVIEW



Ejemplo de un programa en software de elementos finitos



Cuadro de error en un programa



MANUAL DE USO DEL MÓDULO PARA SISTEMAS DE CONTROL



Antes de manipular el módulo para sistemas de control, leer completamente el manual de uso, y seguir las instrucciones de uso y almacenamiento que aquí se describen.

INTRODUCCIÓN

El módulo para sistemas de control es un equipo electrónico que incorpora sensores y actuadores tales como, un motor DC, motor paso a paso (step), sensor de temperatura (LM35), una fotorresistencia (LDR), un ventilador, un foco incandescente, y otros componentes electrónicos. Con el módulo se puede realizar las siguientes prácticas:

- Control de velocidad por PWM
- De posición
- De temperatura
- De luminosidad
- Relé de propósito general
- Comportamiento frente a disturbios como fricción y frenado

Estas prácticas pueden variar dependiendo el requerimiento del usuario, así como también el interfaz desarrollado para la recepción y emisión de las señales.

Para la adquisición de las señales se emplea una tarjeta de adquisición de datos (NI myDAQ) que cuenta con ocho puertos digitales utilizados como entradas y salidas, cuatro entradas analógicas con un puerto de GND individual, dos salidas analógicas con su respectivo puerto de GND, y dos fuentes de voltaje una de 5V y otra de 15V.

CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO DE CONTROL

Antes de manipular el módulo se deben tomar en cuenta las siguientes características o parámetros con los que opera, para evitar daños en el equipo.

Componentes del módulo	
1	Motor step
2	Encoder del motor step (MOC7811)
3	Motor DC
4	Ventilador
5	Encoder del motor DC (MOC7811)
6	Relé
7	Foco incandescente
8	Sensor de temperatura LM35
9	Fotorresistencia LDR
10	Freno
11	Driver TB6612FNG
12	ULN2003
13	Leds indicadores del motor step
14	Circuito integrado 74LS04
15	Regulador L7805CV
16	Optotransistores
17	Amplificador LM741
18	Capacitor de 1000uf
19	Conector Jack alimentación hembra
20	Transistor PC817

DESCRIPCIÓN DE LOS PINES DE CONEXIÓN

La disposición de los pines en el módulo para sistemas de control lo tenemos de la siguiente manera.

DISPOSICIÓN DE PINES DEL MÓDULO DE CONTROL																		
GND	Relé				Motor paso a paso					Motor DC				Sensores		Ventilador	Foco	
	IN	NO	C	NC	A01	A02	B01	B02	SEN	PWM	A	B	SEN	LDR	LM35	Ventilador	X 1	X 2

Como se observa en la figura se dividen en 6 secciones, y estos a la vez en otros puertos de conexión, así tenemos:

- **GND:** es el puerto de tierra, es fundamental conectar el puerto de GND del módulo de control con el GND de la tarjeta de adquisición de datos myDAQ, caso contrario la conexión entre estos dispositivos será erróneo.

- **IN:** Es la entrada de la señal de activación del relé.
- **N/O:** Es el puerto de normalmente abierto del relé.
- **C:** Puerto común del relé.
- **N/C:** Normalmente cerrado del relé.
- **A01:** Entrada para la activación de la bobina 1 del motor step.
- **A02:** Entrada para la activación de la bobina 2 del motor step.
- **B01:** Entrada para la activación de la bobina 3 del motor step.
- **B02:** Entrada para la activación de la bobina 4 del motor step.
- **SEN:** Salida del sensor óptico (encoder), del motor step.
- **PWM:** Entrada de la señal de control de velocidad para el motor DC.
- **A:** Entrada de la señal de activación del motor DC, giro a la derecha.
- **B:** Entrada de la señal de activación del motor DC, giro a la izquierda.
- **SEN:** Salida del sensor óptico (encoder), del motor DC
- **LDR:** Salida de la señal de la fotorresistencia (LDR).
- **LM35:** Salida de la señal del sensor de temperatura LM35.
- **Ventilador:** Entrada de la señal de activación de ventilador.
- **X1:** Entrada 1 de activación del foco incandescente hasta 5V.
- **X2:** Entrada 2 de activación multipropósito del foco incandescente hasta 12V.

REQUISITOS PREVIOS PARA UTILIZAR EL MÓDULO DE CONTROL

Antes de utilizar el módulo para sistemas de control es necesario tomar en cuenta los siguientes requerimientos:

- Leer el manual de usuario antes de su manipulación.
- Poseer conocimientos básicos sobre tipos de control industrial, manipulación de sensores y actuadores, programación básica del software LabVIEW,
- Poseer una tarjeta de adquisición de datos NI myDAQ.
- Un ordenador instalado el software LabVIEW.
- Tener instalado el controlador de la NI myDAQ en este caso NI ELVIS mx.
- Poseer la fuente de alimentación de AC a DC de 12V y 2A.
- Poseer un destornillador plano de 2 milímetros.
- Poseer la hoja técnica de la NI myDAQ, donde describe los rangos de voltaje y corriente que soporta, y las características de los pines.

INDICACIONES PARA LA MANIPULACIÓN DEL MÓDULO

- Asegurarse de que el módulo se encuentre en un lugar estable al momento de su manipulación.
- No se debe operar con la caja de protección del módulo abierta, asegurarse que esta se encuentre sellada.
- Tener cuidado con los tornillos de los conectores, estos deben estar bien sujetos, y ser manipulados por una herramienta adecuada.
- La fuente de alimentación no debe ser superior a 12V Y 3A
- Asegurarse que los cables de conexión sean los adecuados de preferencia utilizar cable jumper.

INSTALACIÓN

Para alimentar el módulo se debe conectar directamente con la fuente de 12V DC a una red de 110V AC, con la ayuda del cable de poder del módulo.

Se conecta por medio de conductores eléctricos jumper, los puertos de la NI myDAQ con los puertos del módulo según sea el requerimiento, asegurándose que estén correctamente sujetas.

Para conectar la NI myDAQ con el ordenador se lo realiza por medio de un cable de comunicación.



TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

- Se debe transportar con mucho cuidado y de ser posible dentro de una caja para evitar el contacto directo con superficies, que puedan raspar o golpear al módulo y a la tarjeta de adquisición de datos (NI myDAQ).
- Para su almacenamiento evitar ambientes húmedos y el contacto con agua, así también evitar el apilamiento de otros objetos sobre el módulo, esto provocaría daños en el equipo.

NOTA IMPORTANTE



- En caso que al conectar la fuente de alimentación al módulo de control, se encienda una led del motor step, indica que se encuentra activado una de las bobinas, en ese caso asegurarse que los puertos de la NI myDAQ se encuentren en estado apagados.
- No se debe mantener frenado por más de 10 segundos el motor DC, ya que puede provocar una sobrecarga, afectando su bobinado y por ende su avería.
- Una vez que el módulo este energizado evitar el contacto directo con los componentes, ya que podría ocasionar daños en los mismos.
- Para conectar y desconectar los cables de los conectores asegurarse primero de desenergizar la fuente de alimentación, y desconectar el cable de comunicación entre la NI myDAQ y el módulo.

Anexo 23	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
PRÁCTICA DE LABORATORIO EJEMPLO		

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	ILM702M2	Sistemas de Control

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Sistemas de Control	DURACIÓN (HORAS)
01	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Sistema de control on /off de temperatura	1

1	OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar una interfaz de programación on/off mediante el software de elementos finitos. • Leer variables físicas mediante una tarjeta de adquisición de datos y acondicionamiento de las mismas. • Interactuar la interfaz de programación con el módulo de control. 	

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p>Sistema de adquisición de datos DAQ Un sistema DAQ está formado por tres tipos básicos de hardware, un bloque Terminal, un cable y un instrumento DAQ. Este apartado describe cada tipo de hardware, se centra en la función que desempeñan los componentes del instrumento DAQ.</p> <p>Funciones de Dispositivos DAQ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entradas analógicas miden señales analógicas • Salidas analógicas generan señales analógicas • Entradas/salidas digitales miden y generan señales digitales • Contadores/temporizadores cuentan eventos digitales o generan pulsos/señales digitales 	

El procesamiento de datos de las DAQ se obtiene como se muestra en la figura 1.

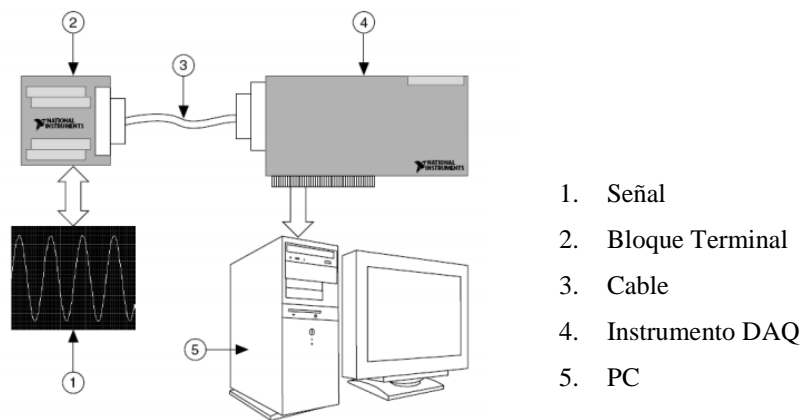


Figura 1. Diagrama de adquisición de datos

Después de convertir el fenómeno físico en una señal medible con o sin acondicionarla, se debe adquirir esa señal. Para adquirir la señal es necesario un bloque Terminal, un cable, un dispositivo DAQ y un PC. Esta combinación de hardware puede transformar un PC estándar en un sistema de medición y automatización.

Sistemas on/off

Los sistemas on/off son sistemas físicos que consideran solamente dos estados de operación, sin necesidad de utilizar un ejemplo en ambiente industrial, consideremos un switch de encendido de una habitación. Si está apagado, no hay luz en la habitación. Si está prendido, hay luz. Esta lógica corresponde más bien a un sistema de lazo cerrado aunque, dependiendo de la lógica de control, puede ser también implementada dentro de un lazo cerrado.

2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Módulo de control
- Fuente de 12 voltios
- Destornillador plano para borneras
- Cables jumper
- Computador
- Software de elementos finitos

REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

Instalación de NI ELVISmx para controlar la tarjeta NI myDAQ

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Realizar las conexiones del módulo con la tarjeta DAQ sin energización.

2.5 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

En esta práctica se realizara un sistema de control ON- OFF en el cual se medirá la temperatura mediante el sensor de temperatura integrado en módulo de control para analizar el sistema propuesto.

Un sensor de temperatura convierte la señal de calor en una señal de voltaje según la siguiente ecuación.

$$^{\circ}\text{C} = \text{V} * 100$$

Dónde:

$^{\circ}\text{C}$ = es la temperatura en grados Celsius

V = es el voltaje que entrega el sensor de temperatura

100 = es una constante numérica

Pasos para la realización del sistema de control ON- OFF de temperatura

1. Realizar el código de programación como se muestra en la figura 2.

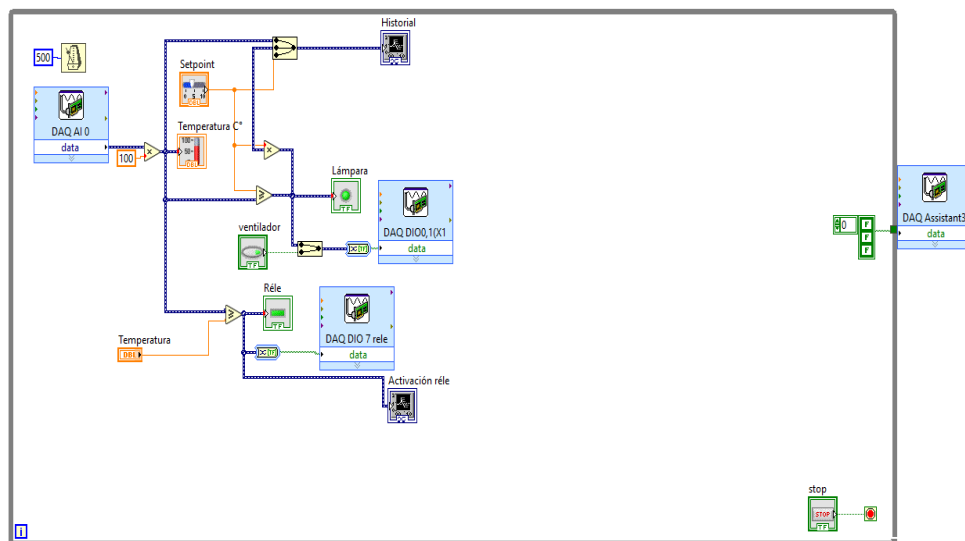


Figura 2. Código de programación Lavbiew

2. Conecte la tarjeta myDAQ para configurar los puertos de los bloques del código de programación, de doble clic sobre ellos en donde se desplegara una ventana como se muestra en la figura 3, en donde podrá configurar los puertos para la comunicación con el módulo.

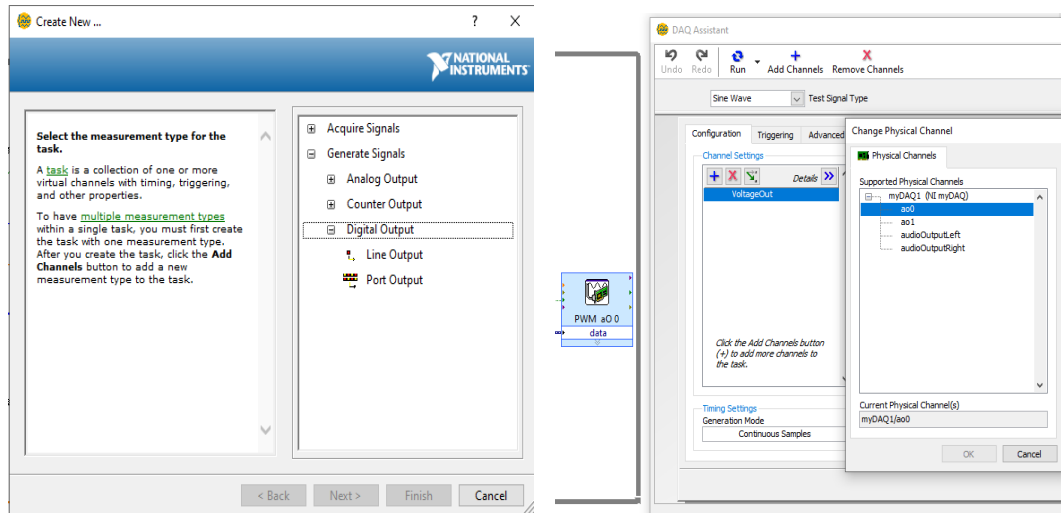


Figura 3. Ventana de configuración de los puertos de la tarjeta myDAQ

Tabla 1. Configuración interna de los puertos DAQ

DAQ	Activación	DAQ Assistant	
		Configuration	
		Timing Settings	Signal Input Range
AI 0	Lm35	1 sample (on demand)	Max 10 Min 0
DIO 0 - 1	Ventilador- foco	1 sample (on demand)	-
DIO 7	Relé	1 sample (on demand)	-

3. Realice la conexión de la myDAQ al módulo de control como se muestra en la figura 4.

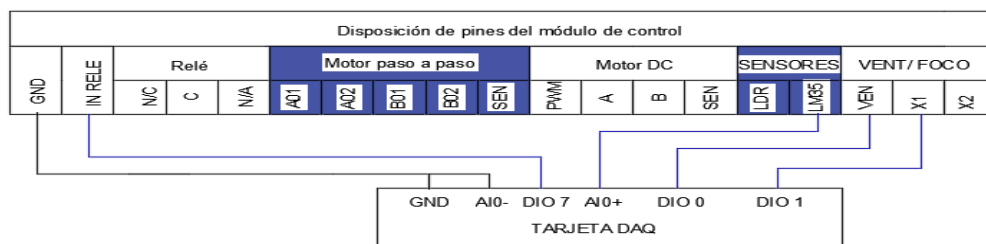


Figura 4. Conexión del módulo con la tarjeta myDAQ

- Conectar el sensor LM35 a los puerto analógico de entrada (AI0 +) y el puerto (AI0-) al GND del módulo de control.
- Conectar el foco (X1) al puerto analógico de salida (DIO 1) de la tarjeta myDAQ
- Conectar la puerto del relé (IN RELE) a la entrada digital (DIO 7) de la tarjeta myDAQ
- Conecte el ventilador al puerto digital DIO 0 a la tarjeta myDAQ.

8. Conecte el GND de la tarjeta myDAQ a la GND del módulo de control. Puede conectar cualquier GND de la tarjeta myDAQ ya que todos son comunes.
9. Conecte la fuente de poder al módulo de control, se notara al conectar que se enciende el indicador el cual me indicara la energización.
10. Ejecute el programa.

2.6 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Control on/off

En un sistema de control de dos posiciones, el controlador en respuesta a la señal de error a su entrada solo tiene dos posiciones fijas a su salida como acción de control, independientemente de que el elemento final de control pueda tener posiciones intermedias a las anteriormente enunciadas.

En la figura 5, se puede ver el comportamiento de un sistema de control on-off

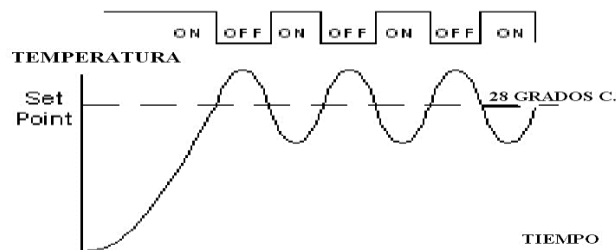


Figura 5. Ondas de control on-off de temperatura

El control de apagado es como operar un interruptor. Este tipo de controlador de temperatura encenderá el calor cuando la variable del proceso esté por debajo del punto de ajuste y lo apagará cuando la variable del proceso esté por encima del punto de ajuste. Estos controladores normalmente incluyen un retraso, histéresis y / o un tiempo de ciclo para reducir el ciclo o la "búsqueda" cuando la variable del proceso está cerca del punto de ajuste. En verdad, están más cerca de los termostatos que de los controladores, porque no equilibran la pérdida de calor con la ganancia de calor en el valor deseado.

INFORME DE PRÁCTICA

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANALISIS DE RESULTADOS

Por cada milivoltio generado por el sensor LM35, es acondicionado mediante el diagrama de bloques el cual permite convertir la señal en grados centígrados mediante la multiplicación de la señal por 100, que por cada 10 milivoltios es un grado centígrado.

A mayor iluminación enviada desde el controlador o setpoint generará mayor temperatura que será receptada por el sensor LM35, y para distorsionar esta señal o bajar la temperatura se emplea el ventilador.

Al establecer el setpoint de 51 grados centígrados como se muestra en la figura 6 el sistema genera temperatura mediante el foco, en el cual al llegar al valor de setpoint establecido se activará un relé que

permanece en estado off, solo cuándo el valor de temperatura supere el valor establecido del setpoint el relé pasara al estado on.

La línea roja representa al controlador on-off, la línea verde es el dato del setpoint, y la línea blanca es el valor de la temperatura.

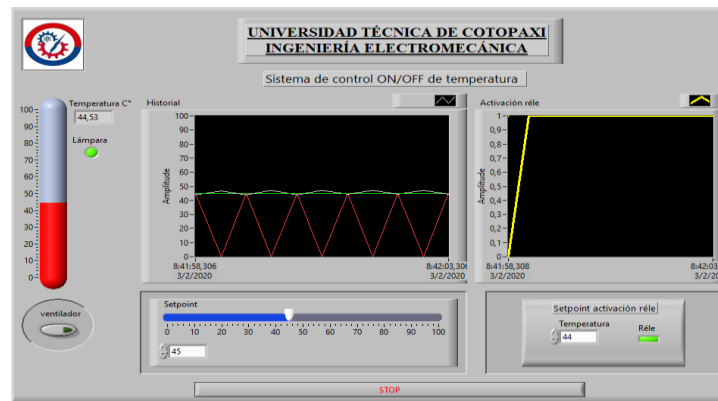


Figura 6. Activación de relé al superar la temperatura de setpoint

A continuación en la tabla se muestra la activación del relé y foco dependiendo del setpoint establecido.

Tabla 2. Activación y desactivación de los elementos del módulo dependientes del setpoint.

Setpoint	Activación
Temperatura > 44°C	Relé
Temperatura > 45°C	Foco, relé

Para la obtención de datos damos clic derecho en la pantalla de generación de curvas en donde se despliega una pantalla donde aparece la opción Export seguido seleccionamos la opción Export data to excel como se muestra en la figura 7.

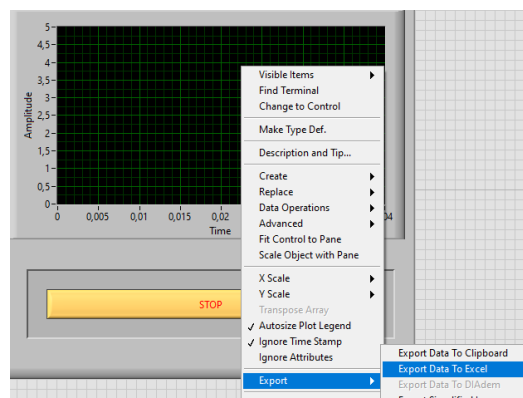


Figura 7. Exportación de datos

A continuación tenemos los datos obtenidos en la simulación del programa que corresponde a la tabla 3.y la gráfica obtenida en Excel en la figura 8.

Tabla 3. Activación de setpoint a 45°C

Temperatura	Setpoint °C	on/ off
45,146041	45	0
45,015852	45	0
44,950758	45	45
47,652184	45	0
44,950758	45	45
47,880015	45	0
45,113494	45	0
45,015852	45	0
44,885663	45	45

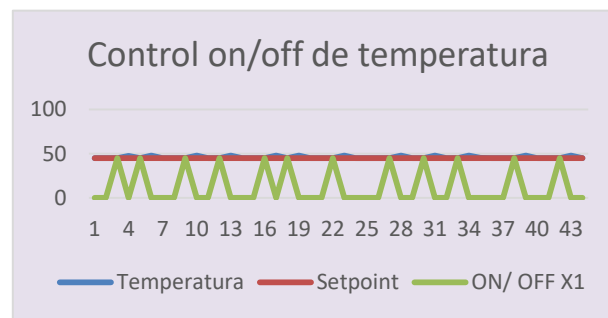


Figura 8. Control on-off con un setpoint de 45

4 CONCLUSIONES

- En un sistema de control on –off el control es muy indefinido de la variable de proceso.
- Al valor de la consigna de setpoint se activa (ON) si es mayor a la de referencia o setpoint y lo desactivan (OFF) cuando es menor (o igual) al setpoint.

5 RECOMENDACIONES

- Tener conocimientos previos de sistemas de control y de programación
- Conectar adecuadamente el módulo con la tarjeta de adquisición de datos
- Verificar que las conexiones estén correctas antes de energizar el sistema

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ogata, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna. Madrid : PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2010.
 [2] Almaraz, Ruben Trejo. Guía de LabVIEW Programación general y uso en Control. California : s.n., 1997.

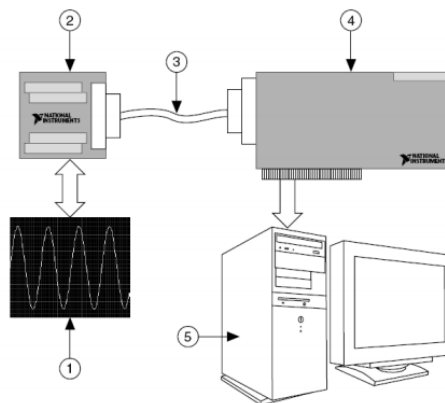
Anexo 24	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
PRÁCTICA DE LABORATORIO		

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	ILM702M2	Sistemas de Control

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Sistemas de Control	DURACIÓN (HORAS)
02	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Sistemas PID de temperatura	2

1	OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un sistema de control PID mediante software de elementos finitos. • Leer variables físicas mediante una tarjeta de adquisición de datos y acondicionamiento de las mismas. • Interactuar la interfaz de programación con el módulo de control 	

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
<p>2.1. INTRODUCCIÓN</p> <p>Un sistema DAQ está formado por tres tipos básicos de hardware, un bloque Terminal, un cable y un instrumento DAQ. Este apartado describe cada tipo de hardware, se centra en la función que desempeñan los componentes del instrumento DAQ.</p> <p>Funciones de Dispositivos DAQ</p> <p>Entradas analógicas miden señales analógicas Salidas analógicas generan señales analógicas Entradas/salidas digitales miden y generan señales digitales Contadores/temporizadores cuentan eventos digitales o generan pulsos/señales digitales</p> <p>El procesamiento de datos de las DAQ se obtiene como se muestra en la figura 1</p>	



1. Señal
2. Bloque Terminal
3. Cable
4. Instrumento DAQ
5. PC

Figura 1. Diagrama de adquisición de datos

Después de convertir el fenómeno físico en una señal medible con o sin acondicionarla, se debe adquirir esa señal. Para adquirir la señal es necesario un bloque Terminal, un cable, un dispositivo DAQ y un PC. Esta combinación de hardware puede transformar un PC estándar en un sistema de medición y automatización.

Sistemas proporcionales integrales derivativos PID

El controlador PID es con mucho el algoritmo de control más común. La mayoría de los lazos de realimentación se controlan mediante este algoritmo u otro con pequeñas variaciones. Se implementa de muchas formas diferentes, como un controlador único o como parte de un paquete DDC (Control Digital Directo) o un sistema de control de procesos distribuido jerárquico. Muchos miles de ingenieros de instrumentación y control en todo el mundo están usando tales controladores en su trabajo diario. El algoritmo PID se puede contemplar desde muchas direcciones diferentes. Se puede ver como un dispositivo que puede operarse con unas pocas reglas heurísticas, pero que también puede estudiarse analíticamente.

La versión del algoritmo PID se puede describir como:

$$u(t) = K \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

Donde u es la señal de control y e es el error de control ($e = y_{sp} - y$). La señal de control es así una suma de tres términos: el término-P (que es proporcional al error), el término-I (que es proporcional a la integral del error), y el término-D (que es proporcional a la derivada del error). Los parámetros del controlador son la ganancia proporcional K , el tiempo integral T_i , y el tiempo derivativo T_d .

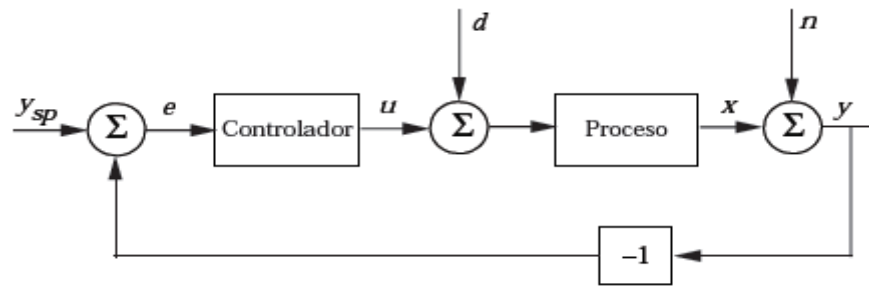


Figura 2. Diagrama de bloques de un lazo de realimentación simple.

2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Módulo de control

Fuente de alimentación de 12V

Cables jumper

Multímetro digital

Papel y lápiz

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Realizar las conexiones del módulo con la tarjeta DAQ sin energización.

2.4. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

En esta práctica se realizara un sistema de control PID mediante el sensor de temperatura integrado en módulo de control y una fuente generadora de calor (foco) que permitirá el control de temperatura establecida.

Un sensor de temperatura convierte la señal de calor en una señal de voltaje según la siguiente ecuación.

$$^{\circ}\text{C} = \text{V} * 100$$

Dónde:

$^{\circ}\text{C}$ = es la temperatura en grados Celsius

V = es el voltaje que entrega el sensor de temperatura

100 = es una constante numérica

Pasos para la realización del sistema de control PID de temperatura

1. Realizar el código de programación como se muestra en la figura 3.

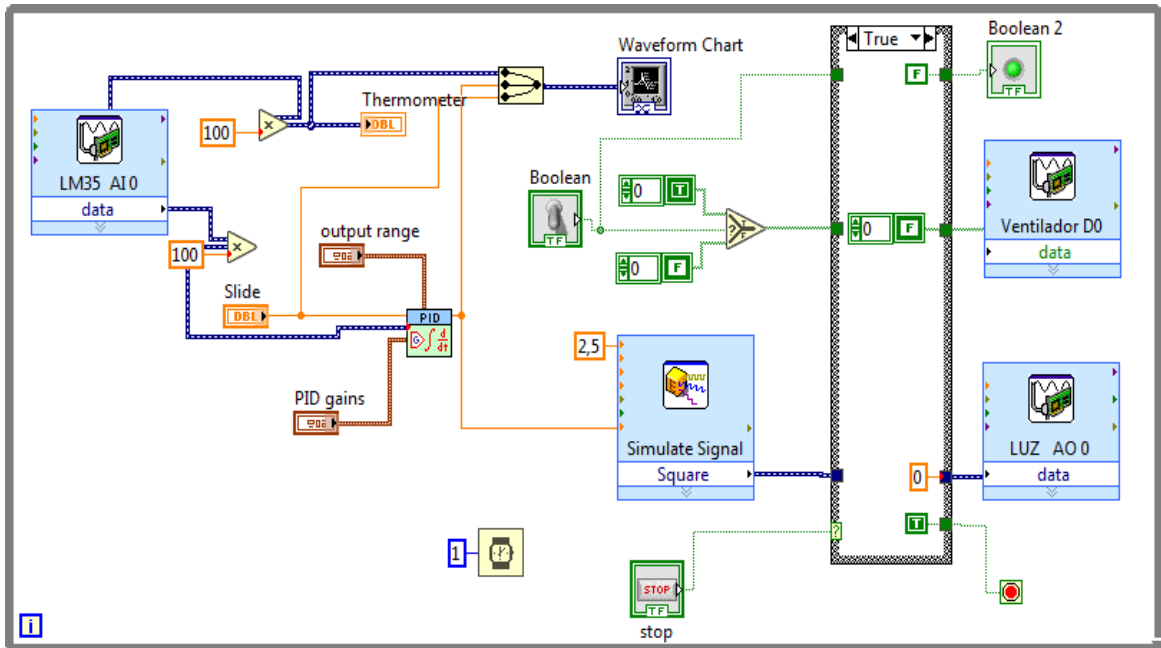


Figura 3. Código de programación y configuración true de la estructura case

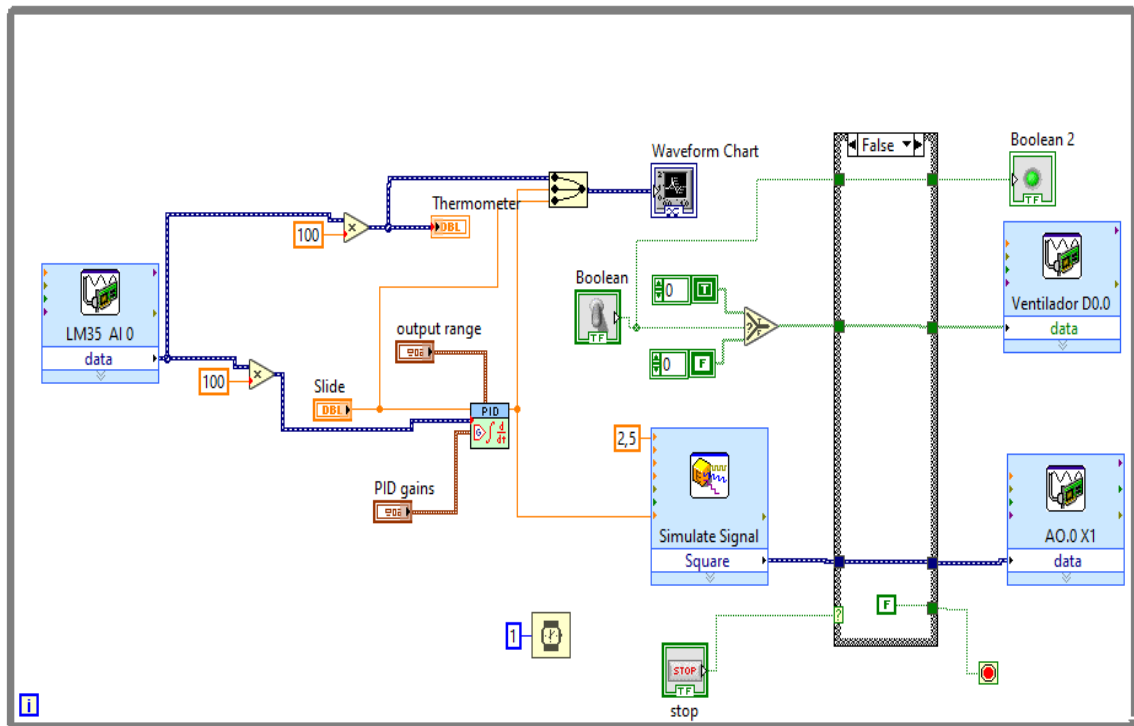


Figura 4. Código de programación y configuración false de la estructura case

2. Conecte la tarjeta myDAQ para configurar los puertos de los bloques del código de programación, de doble clic sobre ellos en donde se desplegara una ventana como se muestra en la figura 4, en donde podrá configurar los puertos para la comunicación con el módulo.

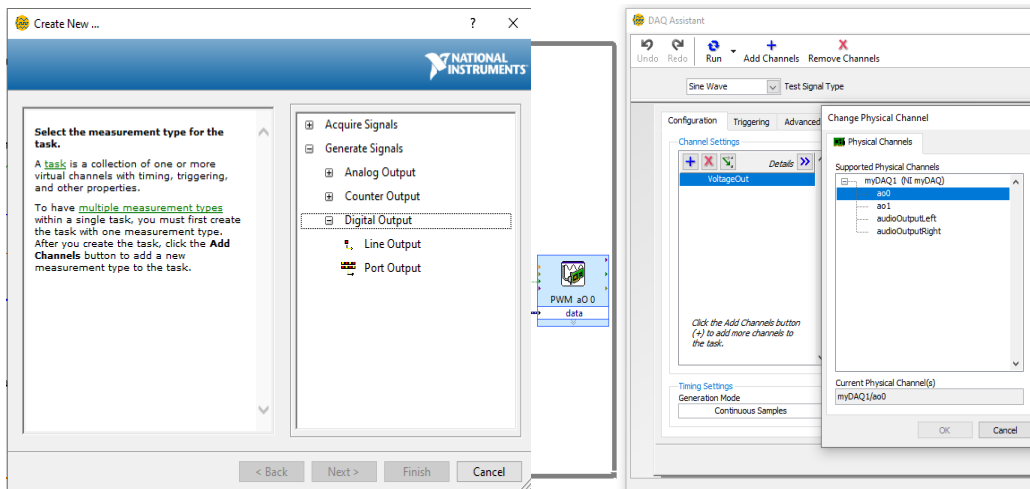


Figura 5. Ventana de configuración de los puertos de la tarjeta myDAQ

Tabla 1. Configuración interna de los puertos DAQ

DAQ	Activación	DAQ Assistant				
		Configuration		Advanced Timing		
		Timing Settings	Signal Input Range	Additional Timing Settings	Regeneration Mode	
AI 0	Lm35	1 sample (on demand)	Max 1,5 Min 0	-	-	
DIO 0	Ventilador	1 sample (on demand)	-	-	-	
AO 0	Foco	Continuous Samples	Samples to write <input checked="" type="checkbox"/> 1k	Max 5 Min 0	10 (seg)	Do not allow regeneration

3. Realice la conexión de la myDAQ al módulo de control como se muestra en la figura 6.

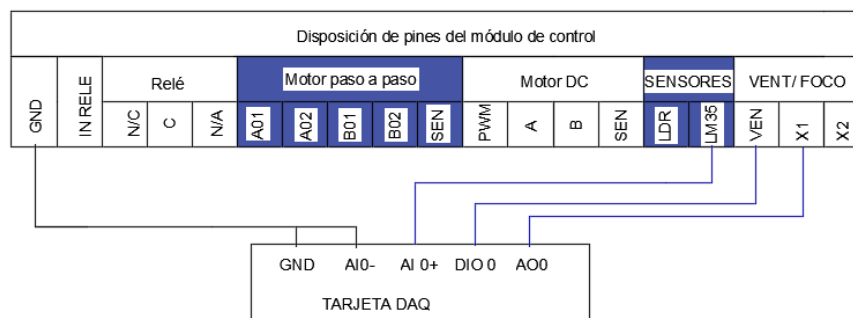


Figura 6. Interfaz control PID de temperatura y conexión entre el módulo y la NI myDAQ

4. Conecte el sensor LM35 a los puerto analógico de entrada (AI0 +) y el puerto (AI0-) al GND del módulo de control.

5. Conecte el foco (X1) al puerto analógico de salida (AO0) de la tarjeta myDAQ.
Conecte el ventilador al puerto digital DIO 0 a la tarjeta myDAQ.
6. Conecte el GND de la tarjeta myDAQ a la GND del módulo de control. Puede conectar cualquier GND de la tarjeta myDAQ ya que todos son comunes.
7. Conecte la fuente de poder al módulo de control, se notara al conectar que se enciende el indicador el cual me indicara la energización.
8. Ejecute el programa.

2.5. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Reglas de Ziegler-Nichols para sintonizar controladores PID.

Ziegler y Nichols propusieron reglas para determinar los valores de la ganancia proporcional K_p , del tiempo integral T_i y del tiempo derivativo T_d , basándose en las características de respuesta transitoria de una planta dada. Tal determinación de los parámetros de los controladores PID o sintonía de controladores PID la pueden realizar los ingenieros mediante experimentos sobre la planta. (Después de la propuesta inicial de Ziegler-Nichols han aparecido numerosas reglas de sintonía de controladores PID. Estas reglas están disponibles tanto en publicaciones técnicas como de los fabricantes de estos controladores.)

Hay dos métodos denominados reglas de sintonía de Ziegler-Nichols: el primero y el segundo método. A continuación se hace una breve presentación de estos dos métodos.

Primer método. En el primer método, la respuesta de la planta a una entrada escalón unitario se obtiene de manera experimental, tal como se muestra en la Figura 6 Si la planta no contiene integradores ni polos dominantes complejos conjugados, la curva de respuesta escalón unitario puede tener forma de S, como se observa en la Figura 7 Este método se puede aplicar si la respuesta muestra una curva con forma de S. Tales curvas de respuesta escalón se pueden generar experimentalmente o a partir de una simulación dinámica de la planta.

La curva con forma de S se caracteriza por dos parámetros: el tiempo de retardo L y la constante de tiempo T . El tiempo de retardo y la constante de tiempo se determinan dibujando una recta tangente en el punto de inflexión de la curva con forma de S y determinando las intersecciones de esta tangente con el eje del tiempo y con la línea $c(t) = K$, tal como se muestra en la figura 7

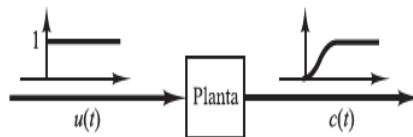


Figura 7. Respuesta a un escalón unitario de una planta.

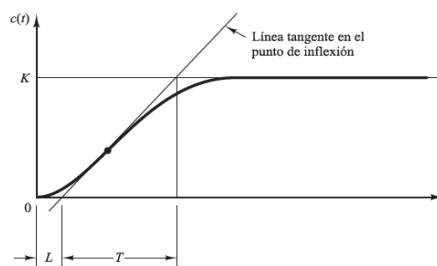


Figura 8. Curva de respuesta en forma de S

Tabla 2. Regla de sintonía de Ziegler-Nichols basada en la respuesta escalón de la planta (primer método).

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Sintonía de controladores de sistemas PID por el segundo método Ziegler-Nichols

Este método no requiere retirar el controlador PID del lazo cerrado. En este caso solo hay que reducir al mínimo la acción derivativa y la acción integral del regulador PID. El ensayo en lazo cerrado consiste en aumentar poco a poco la ganancia proporcional hasta que el sistema oscile de forma mantenida ante cualquier perturbación. Esta oscilación debe ser lineal, sin saturaciones. En este momento hay que medir la ganancia proporcional, llamada ganancia crítica o K_c , y el periodo de oscilación T_c en segundos.

Tabla 3. Regla de sintonía de Ziegler-Nichols basada en la ganancia crítica K_c y periodo de oscilación T_c (segundo método).

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
PID	$0.59 * K_c$	$1.18 * K_c / T_c$	$0.075 * K_c * T_c$

La constante K_p corresponde a la ganancia proporcional, T_i es la ganancia integral y T_d es la ganancia derivativa.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANALISIS DE RESULTADOS

Como se puede observar la interfaz gráfica del control PID de la figura muestra la configuración de ganancias, el limite PID, el control de setpoint y la visualización de la temperatura medida.

En el panel de control se puede visualizar tres formas de onda, una roja correspondiente a la señal del PID, una verde que es la señal del setpoint, y una blanca que es a la correspondiente a la temperatura, depende del valor dado por el setpoint, la forma de onda verde y blanca deben alinearse y mantenerse estables gracias al control del PID, como se aprecia en la figura 9.

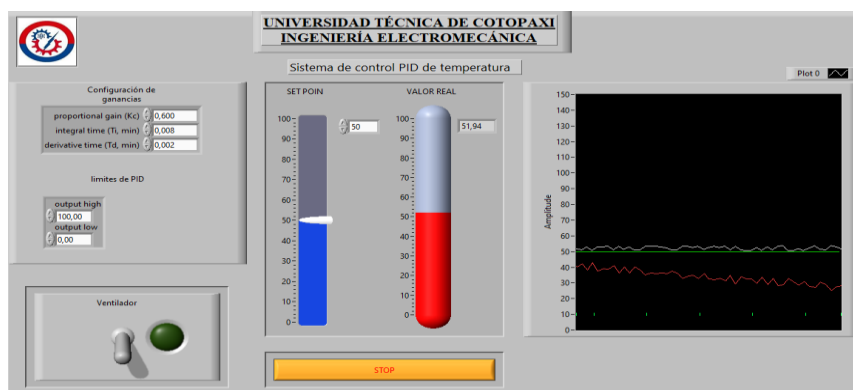


Figura 9. Interfaz gráfica de control PID

Para sintonizar el control PID se emplea el segundo método de Ziegler-Nichols, con lo que se toman los valores de $T_i=0$ y $T_d=0$, usando sólo la acción de control proporcional, se fija una temperatura de trabajo en la referencia y se aumenta la ganancia proporcional hasta conseguir una respuesta oscilatoria mantenida.

En este caso la ganancia proporcional mantenida es de 0,600 y el periodo de oscilaciones es de 2.5 segundos, utilizando la tabla 4 se calcula el T_i (tiempo integral) y T_d (tiempo derivativo).

El controlador PID tanto para la ganancia como para los límites se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 4. Constantes del PID

Configuración de ganancias	
Ganancia proporcional (K_c)	0,600
Tiempo del Integral (T_i , min)	0,004
Tiempo de la Derivada (T_d , min)	0,001
Límites del PID	
Salida máxima	100°C
Salida mínima	0°C

4 CONCLUSIONES

- El control para un sistema PID está determinado por las variables proporcional, integral y derivativo para la estabilización.
- El control PID es más seguro a comparación que el sistema on/off, ya que trata de eliminar al error en lo máximo posible y estabilizar al sistema.

5 RECOMENDACIONES

- Tener conocimientos previos de sistemas de control y de programación
- Conectar adecuadamente el módulo con la tarjeta de adquisición de datos
- Verificar que las conexiones estén correctas antes de energizar el sistema

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ogata, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna. Madrid : PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2010.
 [2] Almaraz, Ruben Trejo. Guía de LabVIEW Programación general y uso en Control. California : s.n., 1997.

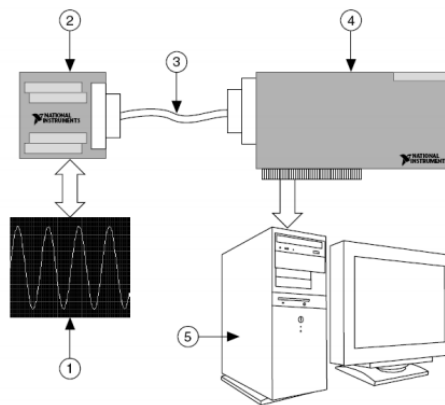
Anexo 25	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
PRÁCTICA DE LABORATORIO EJEMPLO		

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	ILM702M2	Sistemas de Control

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Sistemas de Control	DURACIÓN (HORAS)
03	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Prueba de posición de un motor step	1

1	OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none"> Realizar un sistema de control para el motor paso a paso mediante de software de elementos finitos Interactuar la interfaz de programación con el módulo de control Realizar una guía de práctica en la que conste el procedimiento de la prueba 	

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
<p>2.1 INTRODUCCIÓN</p> <p>Sistema de adquisición de datos DAQ Un sistema DAQ está formado por tres tipos básicos de hardware, un bloque Terminal, un cable y un instrumento DAQ. Este apartado describe cada tipo de hardware, se centra en la función que desempeñan los componentes del instrumento DAQ.</p> <p>Funciones de Dispositivos DAQ</p> <ul style="list-style-type: none"> Entradas analógicas miden señales analógicas Salidas analógicas generan señales analógicas Entradas/salidas digitales miden y generan señales digitales Contadores/temporizadores cuentan eventos digitales o generan pulsos/señales digitales <p>El procesamiento de datos de las DAQ se obtiene como se muestra en la figura 1.</p>	



1. Señal
2. Bloque Terminal
3. Cable
4. Instrumento DAQ
5. PC

Figura 1. Diagrama de adquisición de datos

Después de convertir el fenómeno físico en una señal medible con o sin acondicionarla, se debe adquirir esa señal. Para adquirir la señal es necesario un bloque Terminal, un cable, un dispositivo DAQ y un PC. Esta combinación de hardware puede transformar un PC estándar en un sistema de medición y automatización.

Motores paso a paso



Figura 2. Motor paso a paso

Los motores paso a paso son motores diseñados específicamente para poder controlar su posición angular con precisión. En ellos se ha primado el posicionamiento antes que la posibilidad de girar libremente a grandes velocidades. En este tipo de motores, para que el eje rote, se aplica una secuencia determinada de señales digitales. Esta secuencia está constituida por diferentes pasos en un orden específico y cada vez que la secuencia de control incrementa o decrementa un paso, el motor incrementa o decrementa un valor fijo en su posición angular. El valor de ese incremento estará determinado por el tipo de secuencia que el motor haya recibido y por las características constructivas del motor.

2.2 EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Módulo de control
- Fuente de 12 voltios
- Destornillador plano para borneras
- Cables jumper

- Computador
- Software

2.3 REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

Instalación de NI ELVISmx para controlar la tarjeta NI myDAQ

2.4 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Realizar las conexiones del módulo con la tarjeta DAQ sin energización.

2.5 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

En esta práctica se realizara un sistema de control ON- OFF en módulo de control para analizar el sistema propuesto.

Pasos para la realización del control de motor paso a paso

1. Realizar el código de programación como se muestra en la figura 3.

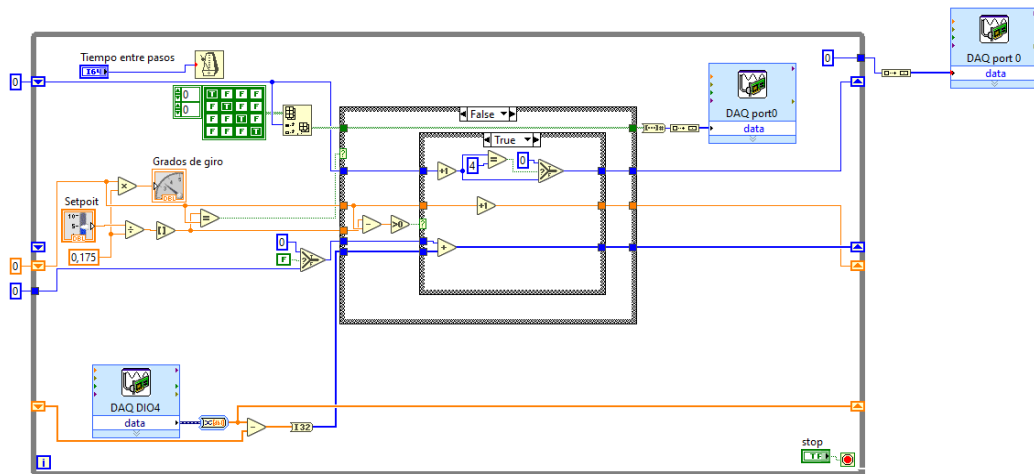


Figura 3. Código de programación y configuración 1 de la estructura case

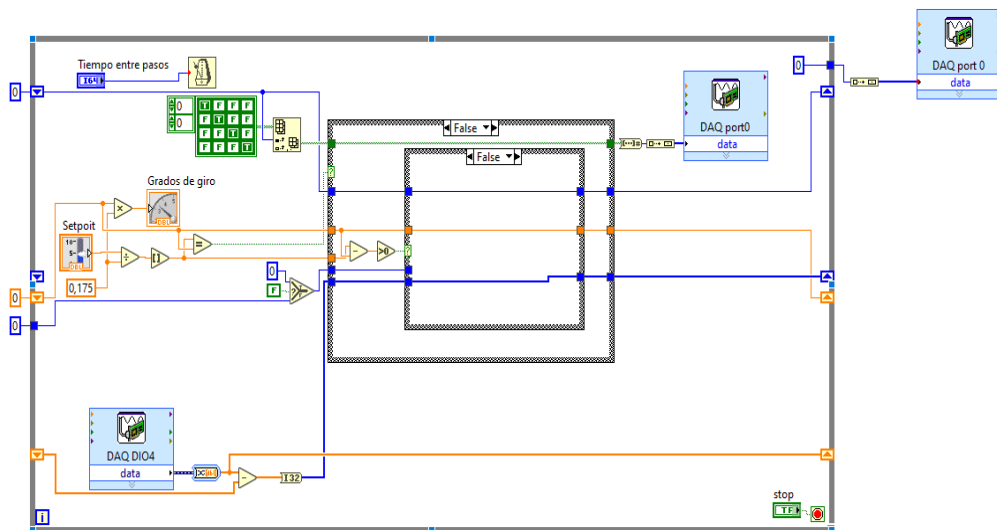


Figura 4. Código de programación y configuración 2 de la estructura case

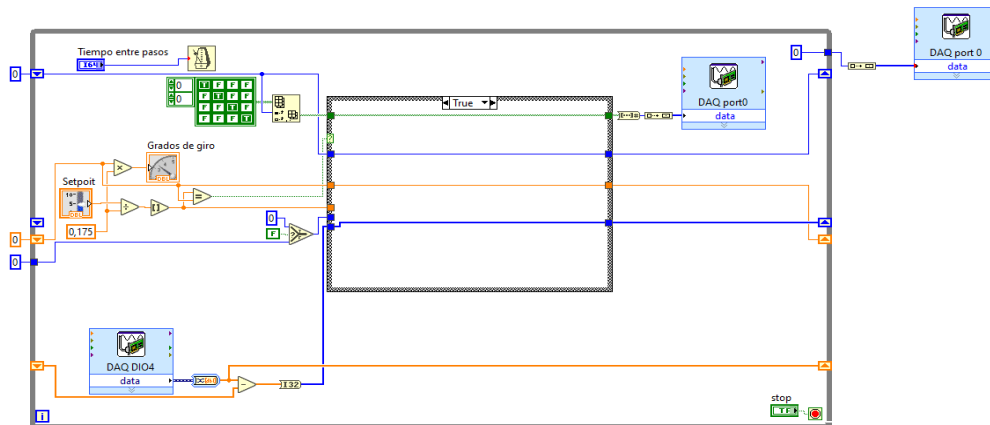


Figura 5. Código de programación y configuración 3 de la estructura case

2. Conecte la tarjeta myDAQ para configurar los puertos de los bloques del código de programación, de doble clic sobre ellos en donde se desplegara una ventana como se muestra en la figura 6, en donde podrá configurar los puertos para la comunicación con el módulo.

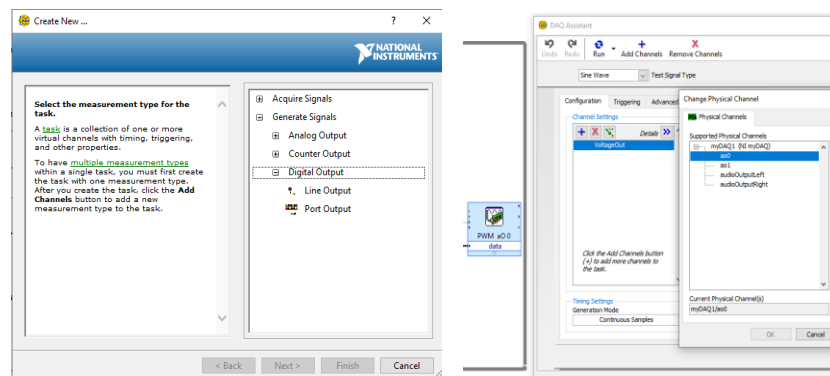


Figura 6. Ventana de configuración de los puertos de la tarjeta myDAQ

Tabla 1. Configuración interna de los puertos DAQ

DAQ	Activación	DAQ Assistant Configuration		
		Timing Settings	Settings	
Port 0 (DIO 0, 1,2,3) Port Output	A01, A02, B01,B02	1 sample (on demand)	-	
DIO 4 (ctr0)	Sensor	1 sample (on demand)	Active Edge	Rising
			Initial Count	0
			Count Up	Count up
			Input terminal	PFI4

3. Realice la conexión de la myDAQ al módulo de control como se muestra en la figura 7.

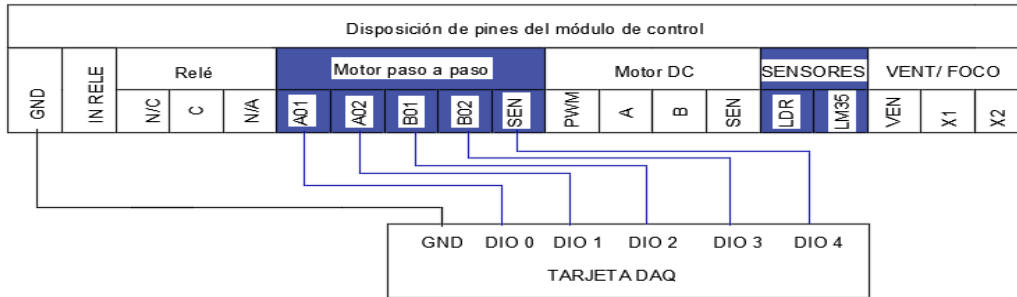


Figura 7. Conexión del módulo con la tarjeta myDAQ

4. Conectar encoder al puerto digital (DIO 4) del módulo de control.
5. Conectar los puertos de salida de motor paso a paso a los puertos digitales (DIO 0, 1, 2, 3) de la tarjeta myDAQ
6. Conecte el GND de la tarjeta myDAQ a la GND del módulo de control. Puede conectar cualquier GND de la tarjeta myDAQ ya que todos son comunes.
7. Conecte la fuente de poder al módulo de control, se notara al conectar que se enciende el indicador el cual me indicara la energización.
8. Ejecute el programa.

2.6 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Control de motor paso a paso

Para controlar el giro de motor paso a paso se puede utilizar cualquiera de las siguientes secuencias mostradas en las tablas a continuación.

Secuencia a 1 fase

Tabla 2. Encendemos únicamente una bobina por vez siguiendo la siguiente tabla de verdad.

Paso	In1	In2	In3	In4
1	ON	OFF	OFF	OFF
2	OFF	ON	OFF	OFF
3	OFF	OFF	ON	OFF
4	OFF	OFF	OFF	ON

Secuencia a 2 pasos

Tabla 3. En esta secuencia encendemos de a 2 bobinas para aumentar el Par del motor

Paso	In1	In2	In3	In4
1	ON	ON	OFF	OFF
2	OFF	ON	ON	OFF
3	OFF	OFF	ON	ON
4	ON	OFF	OFF	ON

Secuencia a Medio Paso

Tabla 4. Es una combinación de las dos secuencias anteriores donde se enciende 1 bobina intercalada con la activación de 2 bobinas, por lo tanto puede ser aplicado en aplicaciones que requieran de una mayor precisión.

Paso	In1	In2	In3	In4
1	ON	OFF	OFF	OFF
2	ON	ON	OFF	OFF
3	OFF	ON	OFF	OFF
4	OFF	ON	ON	OFF
5	OFF	OFF	ON	OFF
6	OFF	OFF	ON	ON
7	OFF	OFF	OFF	ON
8	ON	OFF	OFF	ON

INFORME DE PRÁCTICA

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.2. ANALISIS DE RESULTADOS

Por medio del setpoint se puede controlar la posición angular del motor paso a paso de 0 a 360°, cuando se cumple el proceso el motor se apaga, y el indicador nos indica el número de pasos contados a través del encoder óptico, como muestra la figura 8.



Figura 8. Entorno grafico de la programación del motor paso a paso

Tabla 5. Lectura del encoder con relación al número de pasos

Setpoint	Angulo de giro
0	0
40	40
180	180
360	360

4 CONCLUSIONES

- El motor step se detiene o pasa del estado on al estado off al llegar al setpoint establecido en el programa ejecutado.
- Para logra el control de giro del motor depende de las secuencias de activación de las bobinas.

5 RECOMENDACIONES

- Tener conocimientos previos de sistemas de control y de programación
- Conectar adecuadamente el módulo con la tarjeta de adquisición de datos
- Verificar que las conexiones estén correctas antes de energizar el sistema

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Ogata, Katsuhiko.** Ingeniería de control moderna. Madrid : PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2010.
- [2] **Almaraz, Ruben Trejo.** Guía de LabVIEW Programación general y uso en Control. California : s.n., 1997.

Anexo 26	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
PRÁCTICA DE LABORATORIO EJEMPLO		

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	ILM702M2	Sistemas de Control

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Sistemas de Control	DURACIÓN (HORAS)
04	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Práctica de control y cambio de giro del motor DC	1

1	OBJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un sistema de control para el motor DC mediante software de elementos finitos Controlar la velocidad del motor dc y el cambio de giro. Interactuar la interfaz de programación con el módulo de control

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p>2.1 INTRODUCCIÓN</p> <p>Sistema de adquisición de datos DAQ Un sistema DAQ está formado por tres tipos básicos de hardware, un bloque Terminal, un cable y un instrumento DAQ. Este apartado describe cada tipo de hardware, se centra en la función que desempeñan los componentes del instrumento DAQ.</p> <p>Funciones de Dispositivos DAQ</p> <ul style="list-style-type: none"> Entradas analógicas miden señales analógicas Salidas analógicas generan señales analógicas Entradas/salidas digitales miden y generan señales digitales Contadores/temporizadores cuentan eventos digitales o generan pulsos/señales digitales <p>El procesamiento de datos de las DAQ se obtiene como se muestra en la figura 1.</p>

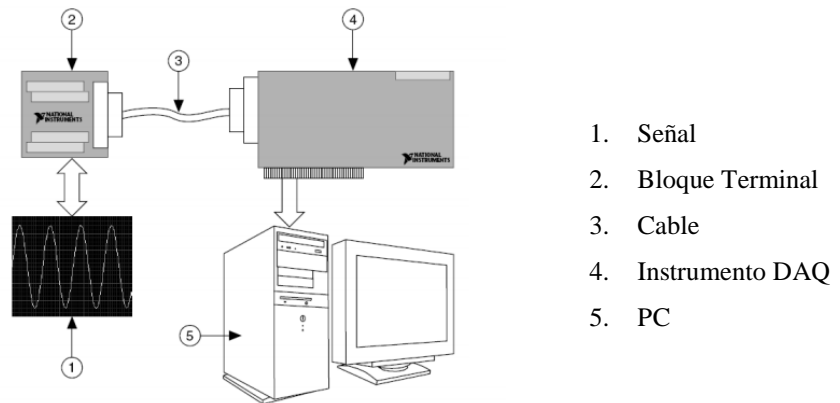


Figura 1. Diagrama de adquisición de datos

Después de convertir el fenómeno físico en una señal medible con o sin acondicionarla, se debe adquirir esa señal. Para adquirir la señal es necesario un bloque Terminal, un cable, un dispositivo DAQ y un PC. Esta combinación de hardware puede transformar un PC estándar en un sistema de medición y automatización.

Motor DC



Figura 2. Motor DC

Un motor de corriente continua (denominado también motor DC por las iniciales en inglés direct current) es una máquina que convierte energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción de un campo magnético

Un motor de corriente continua se compone principalmente de dos partes: El estator (carcasa exterior) crea un campo magnético. El rotor es la parte interior que gira, alimentado con corriente directa a través de delgas, que están en contacto alternante con escobillas fijas.

Drivers con Puentes H

Un motor DC cambia el sentido de giro cuando invertimos los polos positivo y negativo en sus bornes, y este circuito juega con una serie de interruptores para hacer ese cambio de polaridad. Podemos construir un puente H con cuatro interruptores, pero lo que usaremos es un circuito integrado que tiene esos interruptores o puertas, y las abrirá y cerrará siguiendo instrucciones del programa.

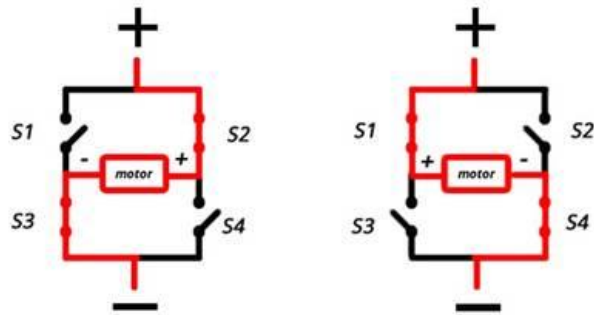


Figura 3. Esquema cambio de giro de motor DC

2.2 EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Módulo de control
- Fuente de 12 voltios
- Destornillador plano para borneras
- Cables jumper
- Computador
- Software labVIEW

REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

Instalación de NI ELVISmx para controlar la tarjeta NI myDAQ

2.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Realizar las conexiones del módulo con la tarjeta DAQ sin energización.

2.4 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

En esta práctica se realizara un sistema de control para el motor DC, donde se controla la velocidad y el cambio de giro del motor DC, por medio del módulo de control para analizar el sistema propuesto.

Pasos para la realización del sistema de control de motor DC

1. Realizar el código de programación como se muestra en la figura 4.

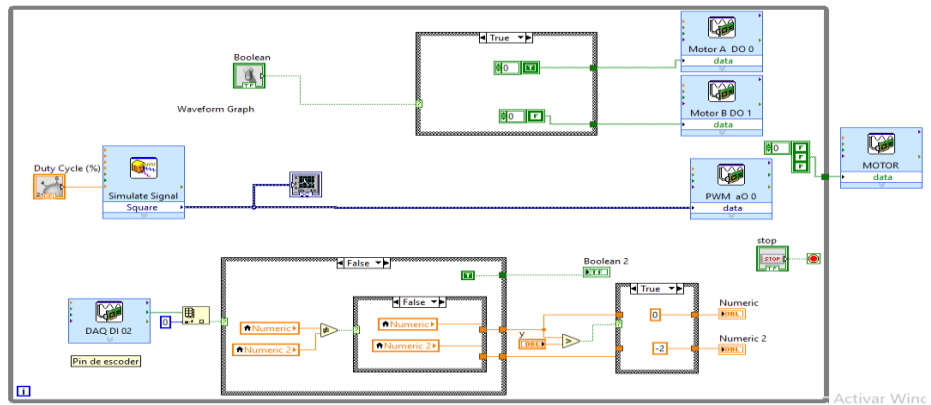


Figura 4. Código de programación y configuración 1 estructura case

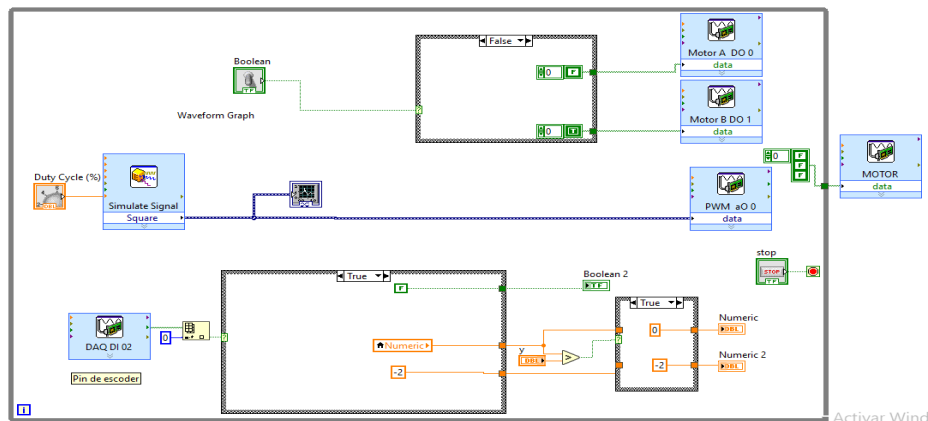


Figura 5. Código de programación y configuración 2 de la estructura case

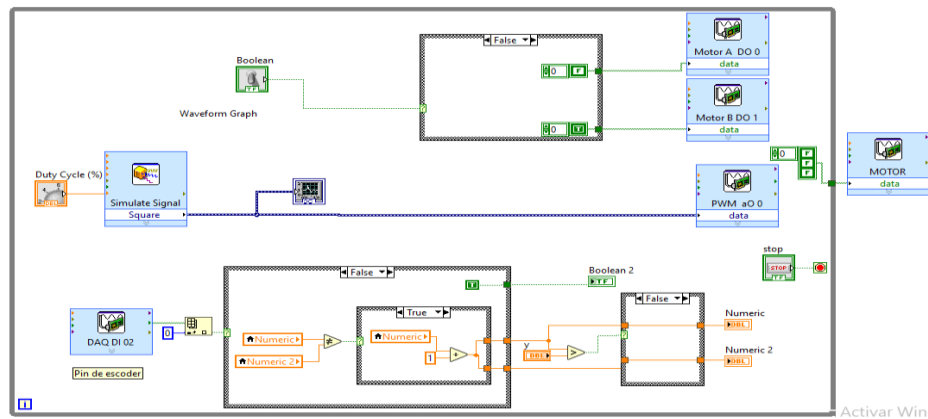


Figura 6. Código de programación y configuración 3 de la estructura case

2. Conecte la tarjeta myDAQ para configurar los puertos de los bloques del código de programación, de doble clic sobre ellos en donde se desplegara una ventana como se muestra en la figura 7, en donde podrá configurar los puertos para la comunicación con el módulo.

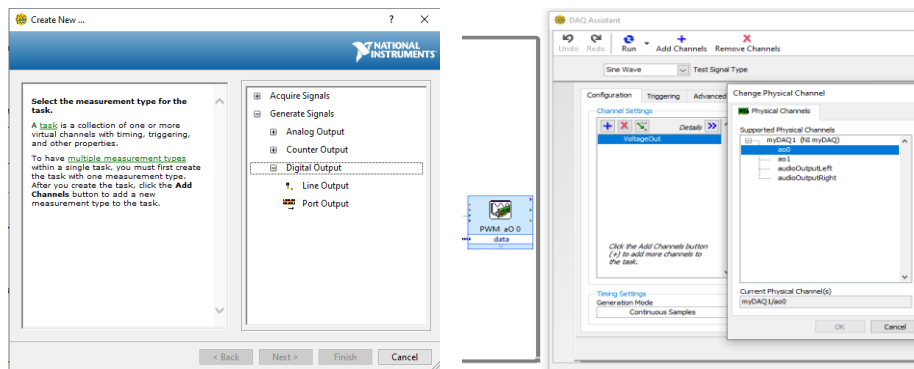


Figura 7. Ventana de configuración de los puertos de la tarjeta myDAQ

Tabla 1. Configuración interna de los puertos DAQ

DAQ	Activación	DAQ Assistant				
		Configuration		Advanced Timing		
		Timing Settings	Signal Input Range			
DIO 0	A	1 sample (on demand)		-		
DIO 1	B	1 sample (on demand)		-		
DIO 2	Sensor	1 sample (on demand)		-		
AO 0	PWM	Continuous Samples	Samples to write	Max 5	Regeneration Settings	Additional Timing Settings
			<input checked="" type="checkbox"/> 1k	Min 0	Do not allow regeneration	10 (s)

3. Realice la conexión de la myDAQ al módulo de control como se muestra en la figura 8.

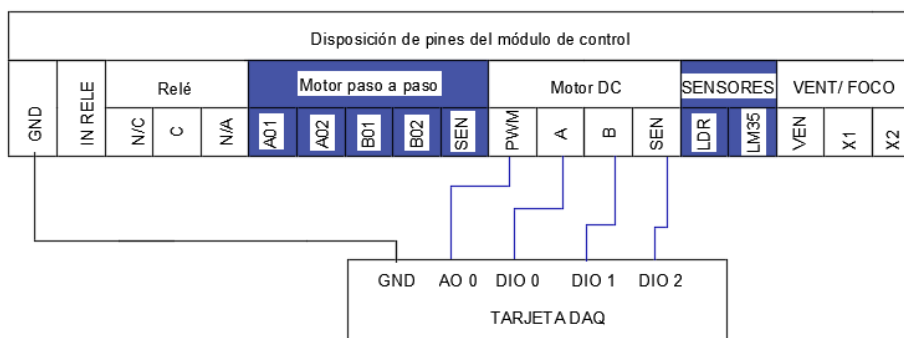


Figura 8. Conexión del módulo con la tarjeta myDAQ

4. Conectar la señal de PWM al puerto analógico de salida (AO 0) del módulo de control.
5. Conectar los puertos de salida al motor DC (A, B) a los puertos digitales (DIO 0, 1) de la tarjeta myDAQ
6. Conectar encoder al puerto digital (DIO 2) del módulo de control.

7. Conecte el GND de la tarjeta myDAQ a la GND del módulo de control. Puede conectar cualquier GND de la tarjeta myDAQ ya que todos son comunes.
8. Conecte la fuente de poder al módulo de control, se notara al conectar que se enciende el indicador el cual me indicara la energización.
9. Ejecute el programa.

2.5 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Control de motor DC

El controlador de motor TB6612FNG puede controlar hasta dos motores de corriente continua con una corriente constante de 1,2A (pico de 3.2A). Se pueden utilizar dos señales de entrada (IN1 e IN2) para controlar el motor en uno de los cuatro modos de funcionamiento: CW, CCW, cortocircuito y parada. Las dos salidas del motor (A y B) pueden controlarse por separado, la velocidad de cada motor se controla mediante una señal de entrada

PWM con una frecuencia de hasta 100 kHz. El pin STBY debe ser encendido para sacar el motor del modo de espera.

La tensión de alimentación lógica (VCC) puede estar en el rango de 2.7-5.5VDC, mientras que la alimentación del motor (VM) está limitada a una tensión máxima de 15VDC. La corriente de salida se clasifica hasta 1,2A por canal (o hasta 3,2A para un impulso corto y único).

Tabla 2. La operación del driver tiene la siguiente lógica

Pin	Giro adelante	Giro atrás	Parada
IN1	LOW	HIGH	LOW
IN2	HIGH	LOW	LOW
ENA	pwm	pwm	0

PWM: Control de Velocidad en motor DC

La Modulación por Ancho de Pulso (PWM o Pulse Width Modulation) es una forma muy eficaz de establecer cantidades intermedias de potencia eléctrica entre la máxima potencia y apagado. Una fuente de alimentación con un interruptor de alimentación simple proporciona potencia solo cuando está activado. El PWM es una técnica relativamente reciente que se ha podido realizar gracias a los modernos interruptores electrónicos de potencia. Una de las aplicaciones típicas del PWM: control de velocidad en motores eléctricos.

Se determina ciclo de trabajo al periodo de tiempo en cada intervalo en que el interruptor esta encendido y la energía se está transmitiendo. Un ciclo de trabajo bajo corresponde a poca potencia, porque el interruptor está apagado durante la mayor parte del tiempo. El ciclo de trabajo se expresa en tanto por ciento, el 100% significa que trabajará a máxima potencia.

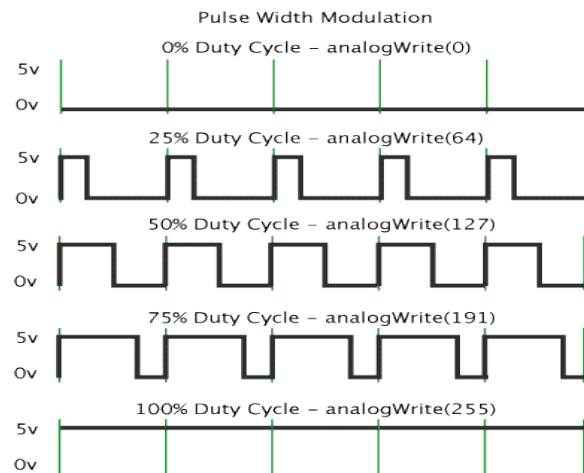


Figura 9. Modulaci3n PWM

El duty cycle o ciclo de trabajo se expresa en tanto por ciento, representado que porcentaje de tiempo estar3 el interruptor encendido permitiendo el paso de energ3a.

El PWM usa una onda de pulso rectangular, cuyo ancho de pulso es modulado, dando como resultado la variaci3n del valor medio de la forma de onda. Si consideramos una forma de onda de pulso $f(t)$ con un valor bajo y_{min} , un valor alto y_{max} y un ciclo de trabajo D , el valor medio de la forma de onda es dado por la siguiente funci3n:

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt.$$

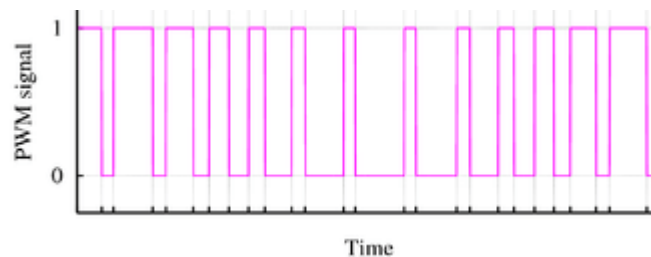


Figura 10. Se3al PWM

INFORME DE PR3CTICA

3 RESULTADOS Y DISCUSI3N

3.1 ANALISIS DE RESULTADOS

La figura 11 muestra la visualizaci3n de la ventana de control y adquisici3n de datos, por medio de la perilla se controla la velocidad del motor, el seleccionador es para encender el motor y realizar el cambio de giro, el indicador muestra el n3mero de vueltas dadas por el motor, y en el visualizador de gr3ficos se observa la se3al del PWM.

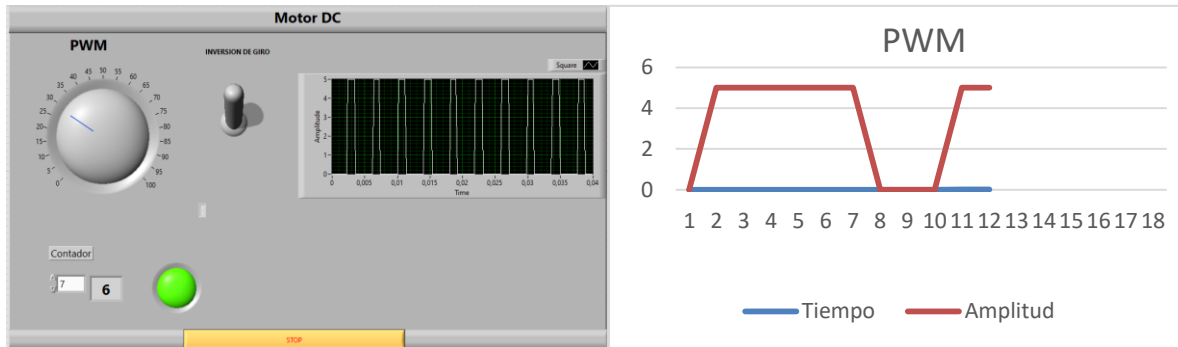


Figura 11. Visualización de la ventana del control de velocidad por PWM

Para la obtención de datos damos clic derecho en la pantalla de generación de curvas en donde se despliega una pantalla donde aparece la opción Export seguido seleccionamos la opción Export data to Excel y guarde el documento como libro de Excel como se muestra en la figura 12.

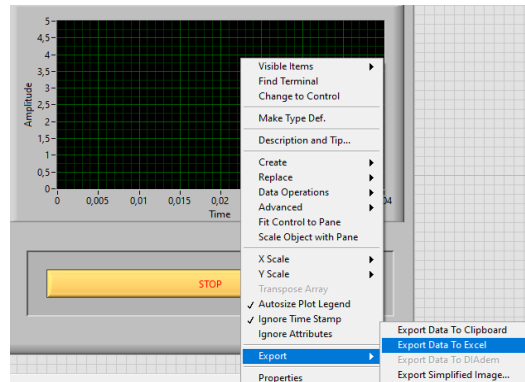


Figura 12. Exportación de datos

A continuación se detalla los datos obtenidos del control CON PWM por la práctica que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Generación de PWM para el control de velocidad del motor DC

Tiempo	Amplitud
0	0
0,0002	5
0,0004	5
0,0006	5
0,0008	5
0,001	5
0,0012	5
0,0014	0

4	CONCLUSIONES
	<ul style="list-style-type: none">• El control de velocidad del motor se lo realiza por un driver puente H TB6612FNG, y un PWM realizado en el software.• La perilla de control va de 0 a 100, lo que incrementa o disminuye la velocidad del motor correspondientemente.
5	RECOMENDACIONES
	<ul style="list-style-type: none">• Tener conocimientos previos de sistemas de control y de programación• Conectar adecuadamente el módulo con la tarjeta de adquisición de datos• Verificar que las conexiones estén correctas antes de energizar el sistema
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
	<p>[1] Ogata, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna. Madrid : PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2010.</p> <p>[2] Almaraz, Ruben Trejo. Guía de LabVIEW Programación general y uso en Control. California : s.n., 1997.</p>

Anexo 27	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
PRÁCTICA DE LABORATORIO EJEMPLO		

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	ILM702M2	Sistemas de Control

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Sistemas de Control	DURACIÓN (HORAS)
05	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Práctica de perturbaciones en motor DC	1.

1	OBJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un sistema de control para el motor DC con un sistema de frenado, mediante software de elementos finitos Detener parcialmente el giro del motor. Interactuar la interfaz de programación con el módulo de control

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
	<p>2.1 INTRODUCCIÓN</p> <p>Sistema de adquisición de datos DAQ</p> <p>Un sistema DAQ está formado por tres tipos básicos de hardware, un bloque Terminal, un cable y un instrumento DAQ. Este apartado describe cada tipo de hardware, se centra en la función que desempeñan los componentes del instrumento DAQ.</p> <p>Funciones de Dispositivos DAQ</p> <ul style="list-style-type: none"> Entradas analógicas miden señales analógicas Salidas analógicas generan señales analógicas Entradas/salidas digitales miden y generan señales digitales Contadores/temporizadores cuentan eventos digitales o generan pulsos/señales digitales <p>El procesamiento de datos de las DAQ se obtiene como se muestra en la figura 1.</p>

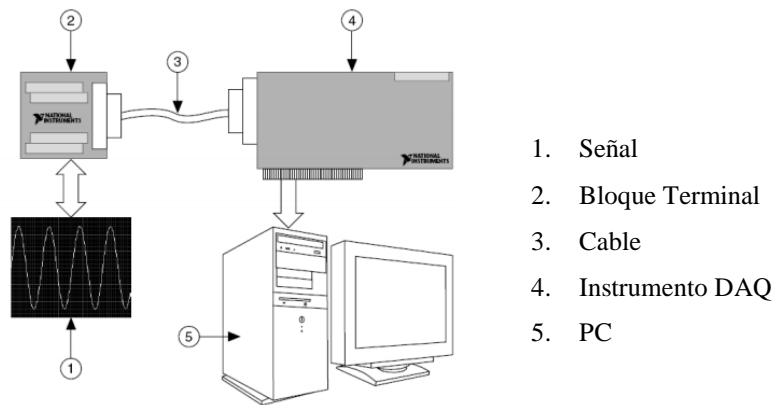


Figura 1. Diagrama de adquisición de datos

Después de convertir el fenómeno físico en una señal medible con o sin acondicionarla, se debe adquirir esa señal. Para adquirir la señal es necesario un bloque Terminal, un cable, un dispositivo DAQ y un PC. Esta combinación de hardware puede transformar un PC estándar en un sistema de medición y automatización.

Motor DC

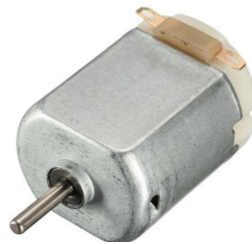


Figura 2. Motor DC

Un motor de corriente continua (denominado también motor DC por las iniciales en inglés direct current) es una máquina que convierte energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción de un campo magnético

Un motor de corriente continua se compone principalmente de dos partes: El estator (carcasa exterior) crea un campo magnético. El rotor es la parte interior que gira, alimentado con corriente directa a través de delgas, que están en contacto alternante con escobillas fijas.

Drivers con Puentes H

Un motor DC cambia el sentido de giro cuando invertimos los polos positivo y negativo en sus bornes, y este circuito juega con una serie de interruptores para hacer ese cambio de polaridad. Podemos construir un puente H con cuatro interruptores, pero lo que usaremos es un circuito integrado que tiene esos interruptores o puertas, y las abrirá y cerrará siguiendo instrucciones del programa.

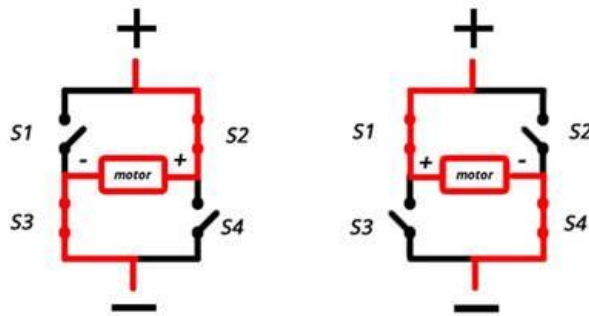


Figura 3. Esquema cambio de giro de motor DC

2.2 EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Módulo de control
- Fuente de 12 voltios
- Destornillador plano para borneras
- Cables jumper
- Computador
- Software labVIEW

REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

Instalación de NI ELVISmx para controlar la tarjeta NI myDAQ

2.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Realizar las conexiones del módulo con la tarjeta DAQ sin energización.

2.4 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

En esta práctica se obtiene las perturbaciones ocasionadas por el sistema de frenado en el motor DC, el cual se aprecia en un interfaz desarrollado, con la ayuda de un software de elementos finitos.

Pasos para la realización del sistema de control de motor DC para perturbaciones

1. Realizar el código de programación como se muestra en la figura 4.

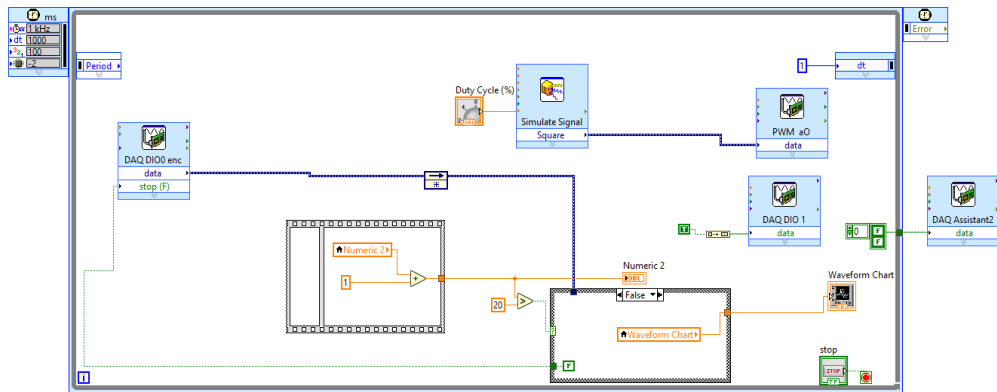


Figura 4. Código de programación configuración 1

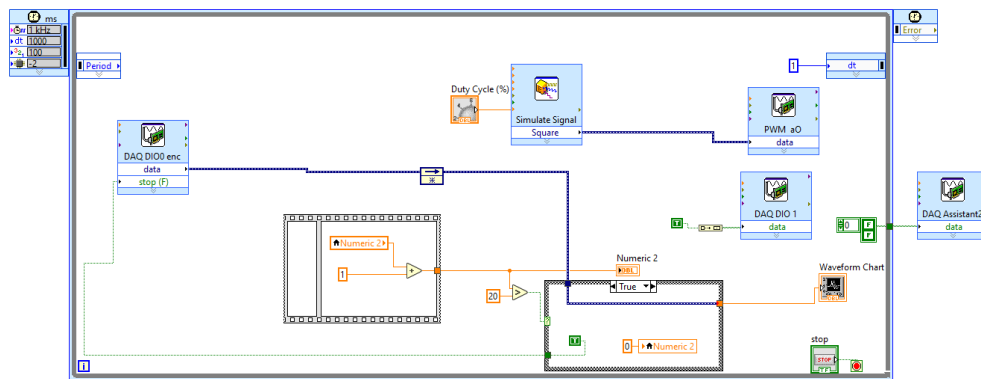


Figura 5. Código de programación configuración 2

2. Conecte la tarjeta myDAQ para configurar los puertos de los bloques del código de programación, de doble clic sobre ellos en donde se desplegara una ventana como se muestra en la figura 6, en donde podrá configurar los puertos para la comunicación con el módulo.

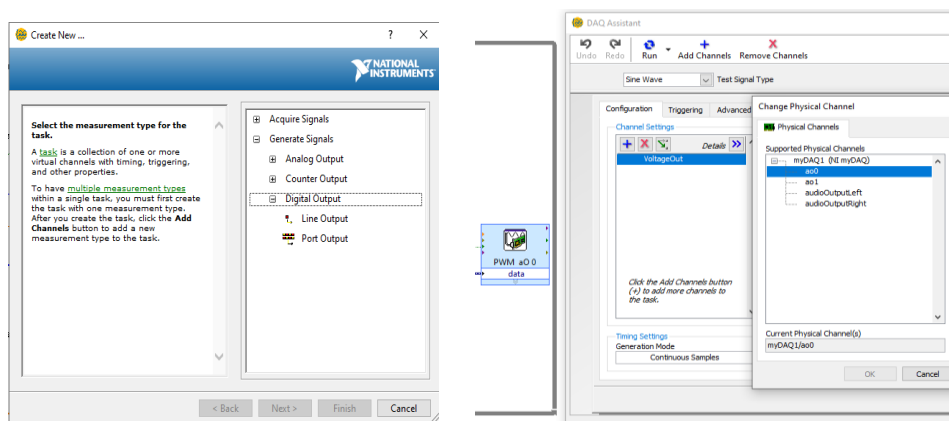


Figura 6. Ventana de configuración de los puertos de la tarjeta myDAQ

Tabla 1. Configuración interna de los puertos DAQ

DAQ	Activación	DAQ Assistant			
		Configuration			
		Timing Settings	Signal Input Range	Settings	
DIO 1	A	1 sample (on demand)	-	-	
DIO 0 (ctr0)	Sensor	1 sample (on demand)	-	Active Edge	Rising
				Initial Count	1
				Count Direction	Count Up
				Input Terminal	PFIO
AO 0	PWM	Continuos Samples	Samples to write	Max 5	-
			<input checked="" type="checkbox"/> 1k	Min 0	

3. Realice la conexión de la myDAQ al módulo de control como se muestra en la figura 7.

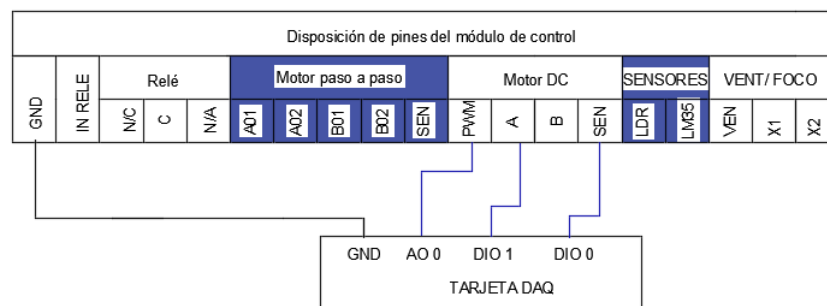


Figura 7. Conexión del módulo con la tarjeta myDAQ

- Conectar la señal de PWM al puerto analógico de salida (AO 0) del módulo de control.
- Conectar los puertos de salida de motor DC a los puertos digitales (DIO 1) de la tarjeta myDAQ
- Conectar encoder al puerto digital (DIO 0) del módulo de control.
- Conecte el GND de la tarjeta myDAQ a la GND del módulo de control. Puede conectar cualquier GNG de la tarjeta myDAQ ya que todos son comunes.
- Conecte la fuente de poder al módulo de control, se notara al conectar que se enciende el indicador el cual me indicara la energización.
- Ejecute el programa.

2.5 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Control de motor DC

El controlador de motor TB6612FNG puede controlar hasta dos motores de corriente continua con una corriente constante de 1,2A (pico de 3.2A). Se pueden utilizar dos señales de entrada (IN1 e IN2) para controlar el motor en uno de los cuatro modos de funcionamiento: CW, CCW, cortocircuito y parada. Las dos salidas del motor (A y B) pueden controlarse por separado, la velocidad de cada motor se controla mediante una señal de entrada

PWM con una frecuencia de hasta 100 kHz. El pin STBY debe ser encendido para sacar el motor del modo de espera.

La tensión de alimentación lógica (VCC) puede estar en el rango de 2.7-5.5VDC, mientras que la alimentación del motor (VM) está limitada a una tensión máxima de 15VDC. La corriente de salida se clasifica hasta 1,2A por canal (o hasta 3,2A para un impulso corto y único).

Tabla 2. La operación del driver tiene la siguiente lógica

Pin	Giro adelante	Giro atrás	Parada
IN1	LOW	HIGH	LOW
IN2	HIGH	LOW	LOW
ENA	pwm	pwm	0

PWM: Control de Velocidad en motor DC

La Modulación por Ancho de Pulso (PWM o Pulse Width Modulation) es una forma muy eficaz de establecer cantidades intermedias de potencia eléctrica entre la máxima potencia y apagado. Una fuente de alimentación con un interruptor de alimentación simple proporciona potencia solo cuando está activado. El PWM es una técnica relativamente reciente que se ha podido realizar gracias a los modernos interruptores electrónicos de potencia. Una de las aplicaciones típicas del PWM: control de velocidad en motores eléctricos.

Se determina ciclo de trabajo al periodo de tiempo en cada intervalo en que el interruptor esta encendido y la energía se está transmitiendo. Un ciclo de trabajo bajo corresponde a poca potencia, porque el interruptor está apagado durante la mayor parte del tiempo. El ciclo de trabajo se expresa en tanto por ciento, el 100% significa que trabajará a máxima potencia.

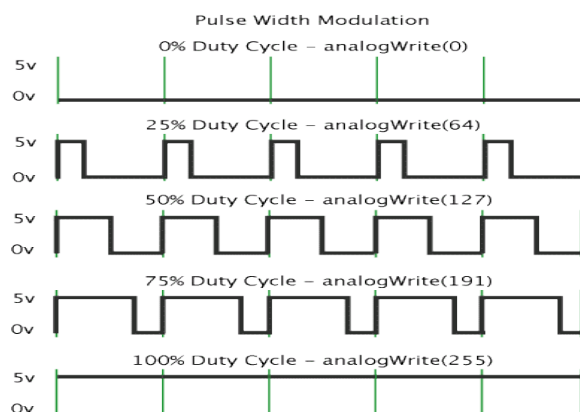


Figura 8. Modulación PWM

El duty cycle o ciclo de trabajo se expresa en tanto por ciento, representado que porcentaje de tiempo estará el interruptor encendido permitiendo el paso de energía.

El PWM usa una onda de pulso rectangular, cuyo ancho de pulso es modulado, dando como resultado la variación del valor medio de la forma de onda. Si consideramos una forma de onda de pulso $f(t)$ con un valor bajo y_{min} , un valor alto y_{max} y un ciclo de trabajo D , el valor medio de la forma de onda es dado por la siguiente función:

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt.$$

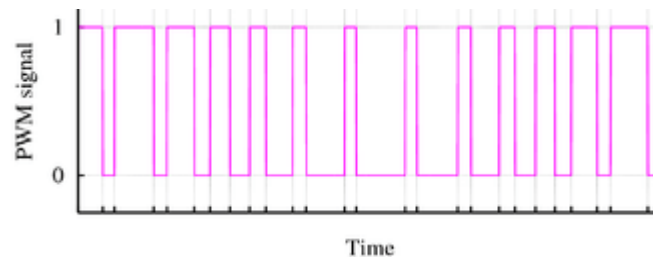


Figura 9. Señal PWM

INFORME DE PRÁCTICA

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al ejecutar el código LabVIEW se observa la onda de velocidad del motor DC en condiciones normales de trabajo como se muestra en la figura 10, al momento en el que se ejerce una fuerza externa al motor (frenado) la velocidad tiende a cambiar por lo que se genera una onda de distorsión como se puede observar en la forma de onda del lado derecho de la figura 10

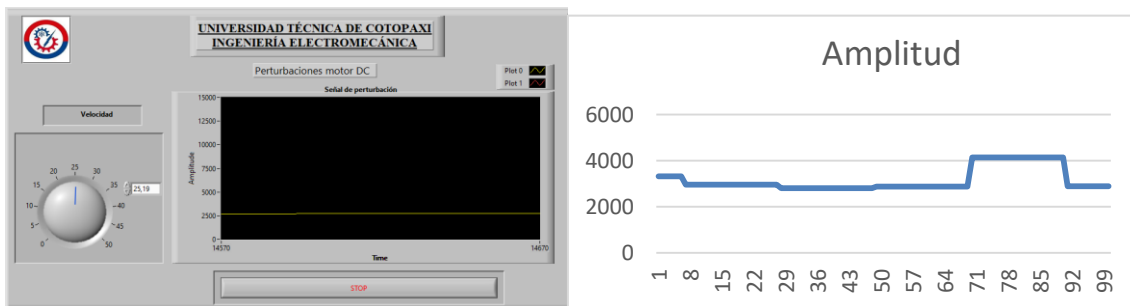


Figura 10. Formas de onda en condiciones de trabajo normal y con perturbación del motor DC.

Para la obtención de datos damos clic derecho en la pantalla de generación de curvas en donde se despliega una pantalla donde aparece la opción Export seguido seleccionamos la opción Export data to

excel y guarde el documento como libro de Excel como se muestra en la figura 11.

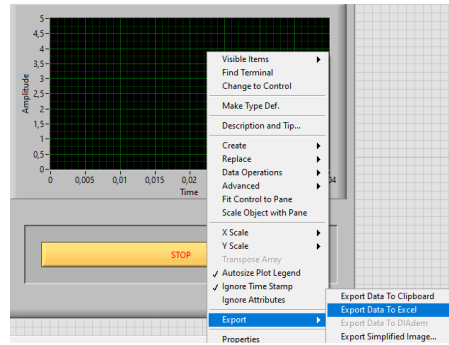


Figura 11. Exportación de datos

Los datos obtenidos en la perturbación se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Datos de perturbación de motor DC

Tiempo (seg)	Amplitud
69	2954
73	2954
77	2954
81	2954
85	2954
89	2954

4	CONCLUSIONES
	<ul style="list-style-type: none"> • El control de velocidad del motor se lo realiza por un driver puente H TB6612FNG, y un PWM realizado en el software. • La perilla de control va de 0 a 100, lo que incrementa o disminuye la velocidad del motor correspondientemente.

5	RECOMENDACIONES
	<ul style="list-style-type: none"> • Tener cocimientos previos de sistemas de control y de programación • Conectar adecuadamente el módulo con la tarjeta de adquisición de datos • Verificar que las conexiones estén correctas antes de energizar el sistema • No exceder de 5 segundos el tiempo de frenado del motor DC

6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
	<p>[1] Ogata, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna. Madrid : PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2010.</p> <p>[2] Almaraz, Ruben Trejo. Guía de LabVIEW Programación general y uso en Control. California : s.n., 1997.</p>

Anexo 28	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
PRÁCTICA DE LABORATORIO EJEMPLO		

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	ILM702M2	Sistemas de Control

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Sistemas de Control	DURACIÓN
06	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Práctica de las RPM del motor DC	1

1	OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un sistema de control para el motor DC en donde se pueda visualizar las revoluciones por minuto, mediante software de elementos finitos • Comprobar esta velocidad con el tacómetro. • Interactuar la interfaz de programación con el módulo de control 	

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
<p style="text-align: center;">2.1 INTRODUCCIÓN</p> <p>Sistema de adquisición de datos DAQ Un sistema DAQ está formado por tres tipos básicos de hardware, un bloque Terminal, un cable y un instrumento DAQ. Este apartado describe cada tipo de hardware, se centra en la función que desempeñan los componentes del instrumento DAQ.</p> <p>Funciones de Dispositivos DAQ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entradas analógicas miden señales analógicas • Salidas analógicas generan señales analógicas • Entradas/salidas digitales miden y generan señales digitales • Contadores/temporizadores cuentan eventos digitales o generan pulsos/señales digitales <p>El procesamiento de datos de las DAQ se obtiene como se muestra en la figura 1.</p>	

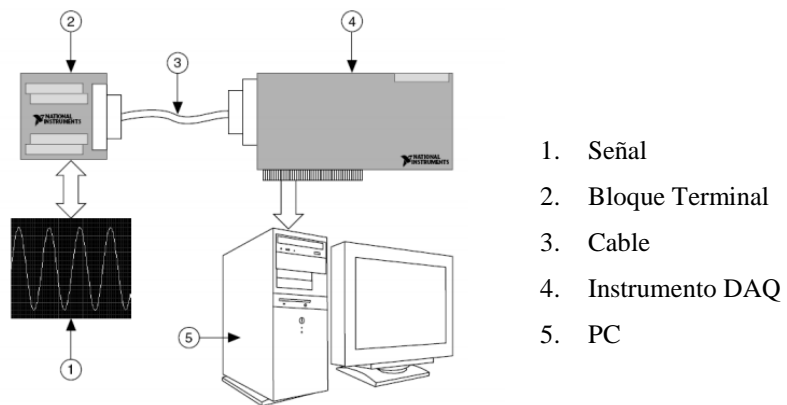


Figura 1. Diagrama de adquisición de datos

Después de convertir el fenómeno físico en una señal medible con o sin acondicionarla, se debe adquirir esa señal. Para adquirir la señal es necesario un bloque Terminal, un cable, un dispositivo DAQ y un PC. Esta combinación de hardware puede transformar un PC estándar en un sistema de medición y automatización.

Motor DC

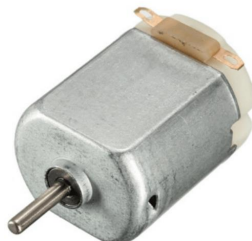


Figura 2. Motor DC

Un motor de corriente continua (denominado también motor DC por las iniciales en inglés direct current) es una máquina que convierte energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción de un campo magnético

Un motor de corriente continua se compone principalmente de dos partes: El estator (carcasa exterior) crea un campo magnético. El rotor es la parte interior que gira, alimentado con corriente directa a través de delgas, que están en contacto alternante con escobillas fijas.

2.2 EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Módulo de control
- Destornillador plano para borneras
- Cables jumper
- Software de elementos finitos
- Tacómetro

REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

Instalación de NI ELVISmx para controlar la tarjeta NI myDAQ

2.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Realizar las conexiones del módulo con la tarjeta DAQ sin energización.

2.4 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

En esta práctica se podrá sacar el dato de las revoluciones por minuto a un interfaz en el software de elementos finitos, por medio de un encoder óptico, y este valor será verificado con la ayuda de un tacómetro.

Pasos para la realización de la práctica de RPM de motor DC

1. Realizar el código de programación como se muestra en la figura 3.

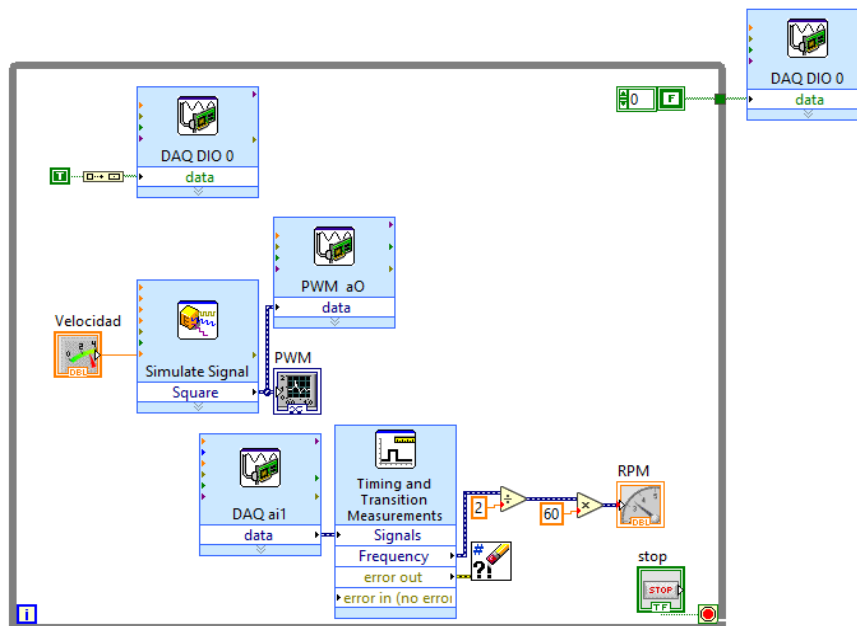


Figura 3. Código de programación Lavview

2. Conecte la tarjeta myDAQ para configurar los puertos de los bloques del código de programación, de doble clic sobre ellos en donde se desplegara una ventana como se muestra en la figura 4, en donde podrá configurar los puertos para la comunicación con el módulo.

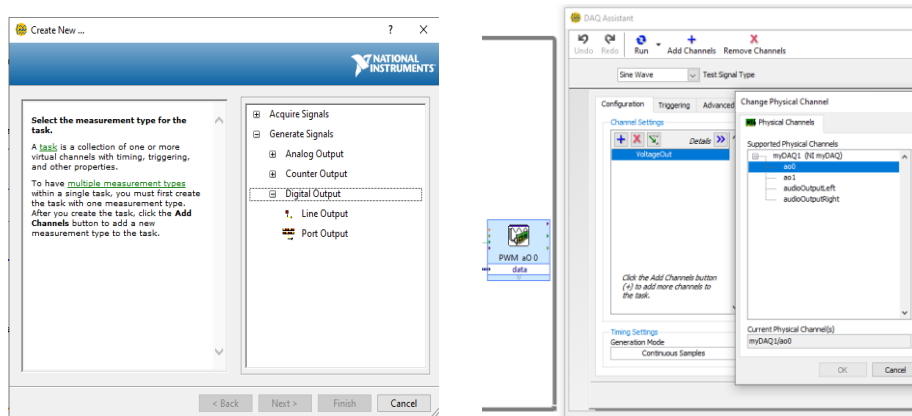


Figura 4. Ventana de configuración de los puertos de la tarjeta myDAQ

Tabla 1. Configuración interna de los puertos DAQ

DAQ	Activación	DAQ Assistant					
		Configuration				Advanced Timing	
		Timing Settings		Signal Input Range			
DIO0	A	1 sample (on demand)		-			
AO0	PWM	Continuous Samples	Samples to write	Max 5			
			<input checked="" type="checkbox"/> 1k	Min 0			
AI 1	Sensor	Continuous Samples	Samples to write	Rate (Hz)	Max 2	Simple Clock Type	Additional Timing Settings
			500	600			

3. Realice la conexión de la myDAQ al módulo de control como se muestra en la figura 5.

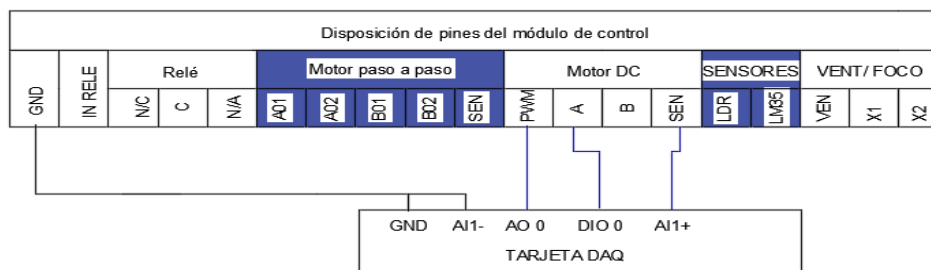


Figura 5. Conexión del módulo con la tarjeta myDAQ

4. Conectar la señal de PWM al puerto analógico de salida (AO 0) del módulo de control.

5. Conectar los puertos de salida de motor DC a los puertos digitales (DIO 0, 1) de la tarjeta

myDAQ

6. Conectar encoder al puerto digital (DIO 2) del módulo de control.
7. Conecte el GND de la tarjeta myDAQ a la GND del módulo de control. Puede conectar cualquier GND de la tarjeta myDAQ ya que todos son comunes.
8. Conecte la fuente de poder al módulo de control, se notara al conectar que se enciende el indicador el cual me indicara la energización.
9. Ejecute el programa.

2.5 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Control de motor DC

El controlador de motor TB6612FNG puede controlar hasta dos motores de corriente continua con una corriente constante de 1,2A (pico de 3.2A). Se pueden utilizar dos señales de entrada (IN1 e IN2) para controlar el motor en uno de los cuatro modos de funcionamiento: CW, CCW, cortocircuito y parada. Las dos salidas del motor (A y B) pueden controlarse por separado, la velocidad de cada motor se controla mediante una señal de entrada

PWM con una frecuencia de hasta 100 kHz. El pin STBY debe ser encendido para sacar el motor del modo de espera.

La tensión de alimentación lógica (VCC) puede estar en el rango de 2.7-5.5VDC, mientras que la alimentación del motor (VM) está limitada a una tensión máxima de 15VDC. La corriente de salida se clasifica hasta 1,2A por canal (o hasta 3,2A para un impulso corto y único).

Tabla 2. La operación del driver tiene la siguiente lógica

Pin	Giro adelante	Giro atrás	Parada
IN1	LOW	HIGH	LOW
IN2	HIGH	LOW	LOW
ENA	pwm	pwm	0

INFORME DE PRÁCTICA

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la figura 6 se puede observar el programa desarrollado para las RPMs del motor DC, por el cual se extrae el valor aproximado de las revoluciones a las que se encuentra trabajando el motor DC que es de 600 rpm , y en la figura 7 se comprueba ese valor con ayuda de un tacometro.

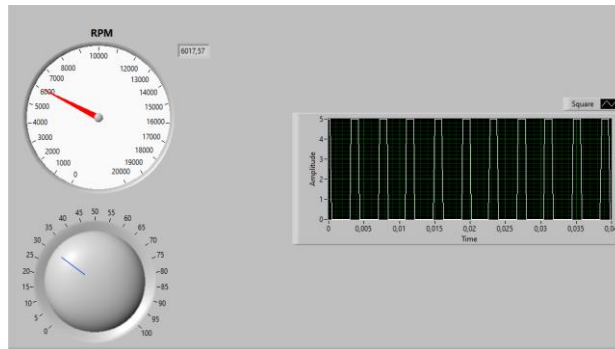


Figura 6. Revoluciones por minuto del motor DC

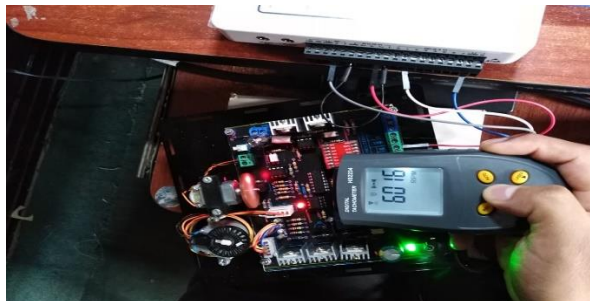


Figura 7. Comprobación de las RPM del motor con un tacometro

4	CONCLUSIONES
	<ul style="list-style-type: none"> • Para obtener el valor real de las revoluciones por minuto arrojadas por el sensor se debe hacer una relación con 3600 rpm. • Al variar las revoluciones en el módulo de control varía el dato arrojado en el interfaz, y a la vez el dato del tacómetro, pudiendo esta cifra no siempre coincidir, pero no se aleja por mucho del valor real.
5	RECOMENDACIONES
	<ul style="list-style-type: none"> • Tener conocimientos previos de sistemas de control y de programación • Conectar adecuadamente el módulo con la tarjeta de adquisición de datos • Verificar que las conexiones estén correctas antes de energizar el sistema • Mantener fijo el tacómetro al punto de medida, para que el valor no se vea alterado.
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
	<p>[1] Ogata, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna. Madrid : PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2010.</p> <p>[2] Almaraz, Ruben Trejo. Guía de LabVIEW Programación general y uso en Control. California : s.n., 1997.</p>

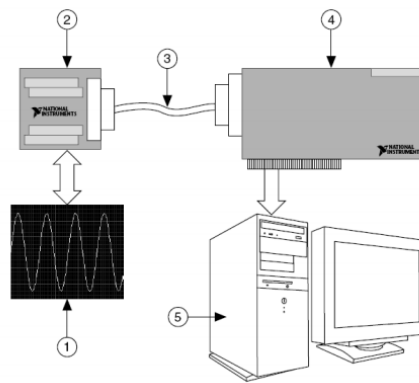
Anexo 29	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
PRÁCTICA DE LABORATORIO EJEMPLO		

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	ILM702M2	Sistemas de Control

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Sistemas de Control	DURACIÓN (HORAS)
07	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Práctica de control ON-OFF de luminosidad	1

1	OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un sistema de control para el sensor de luminosidad, mediante software de elementos finitos • Interactuar la interfaz de programación con el módulo de control • Obtener datos a diferente rango de luminosidad. 	

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
<p style="text-align: center;">2.6 INTRODUCCIÓN</p> <p>Sistema de adquisición de datos DAQ Un sistema DAQ está formado por tres tipos básicos de hardware, un bloque Terminal, un cable y un instrumento DAQ. Este apartado describe cada tipo de hardware, se centra en la función que desempeñan los componentes del instrumento DAQ.</p> <p>Funciones de Dispositivos DAQ</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entradas analógicas miden señales analógicas • Salidas analógicas generan señales analógicas • Entradas/salidas digitales miden y generan señales digitales • Contadores/temporizadores cuentan eventos digitales o generan pulsos/señales digitales <p>El procesamiento de datos de las DAQ se obtiene como se muestra en la figura 1.</p>	



1. Señal
2. Bloque Terminal
3. Cable
4. Instrumento DAQ
5. PC

Figura 1. Diagrama de adquisición de datos

Después de convertir el fenómeno físico en una señal medible con o sin acondicionarla, se debe adquirir esa señal. Para adquirir la señal es necesario un bloque Terminal, un cable, un dispositivo DAQ y un PC. Esta combinación de hardware puede transformar un PC estándar en un sistema de medición y automatización.

Fotorresistencia o LDR

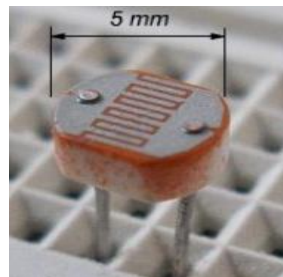


Figura 2. LDR

Las LDR son componentes electrónicos que se utilizan como sensores de luz, tienen una resistencia eléctrica muy elevada cuando están en la oscuridad o en poca luz. Al oponer tanta resistencia al paso de la corriente eléctrica, muy poca corriente puede atravesarla, en cambio cuando están expuestas a la luz, sea natural o artificial, su resistencia se reduce drásticamente y dejan pasar mucha corriente.

Las LDR funcionan gracias a las propiedades de un material semiconductor, el sulfuro de cadmio, una fotorresistencia está formada por dos conductores metálicos separados por una película en forma de zigzag, de este material sensible a la luz en la figura 3 se puede observar su estructura.

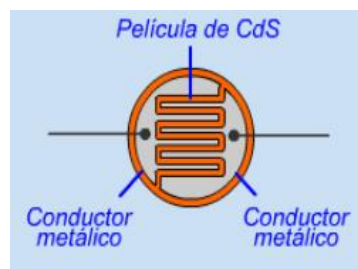


Figura 3. Estructura del LDR

2.7 EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Módulo de control
- Destornillador plano para borneras
- Cables jumper
- Software de elementos finitos

REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

Instalación de NI ELVISmx para controlar la tarjeta NI myDAQ

2.8 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Realizar las conexiones del módulo con la tarjeta DAQ sin energización.

2.9 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Por medio de esta práctica se pretende obtener las formas de onda del dato arrojado por el LDR a diferentes rangos de luminosidad, mediante el interfaz desarrollado.

Pasos para la realización del sistema de control ON- OFF de luminosidad.

1. Realizar el código de programación como se muestra en la figura 4.

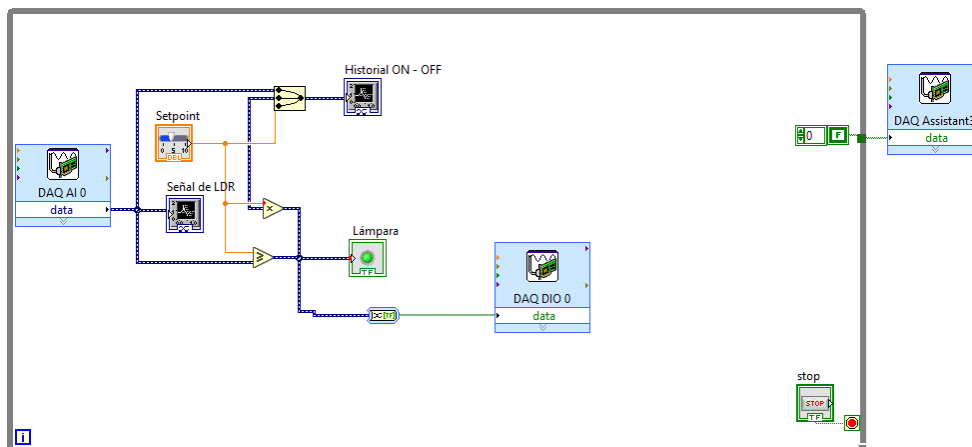


Figura 4. Código de programación para el LDR

2. Conecte la tarjeta myDAQ para configurar los puertos de los bloques del código de programación, de doble clic sobre ellos en donde se desplegará una ventana como se muestra en la figura 5, en donde podrá configurar los puertos para la comunicación con el módulo.

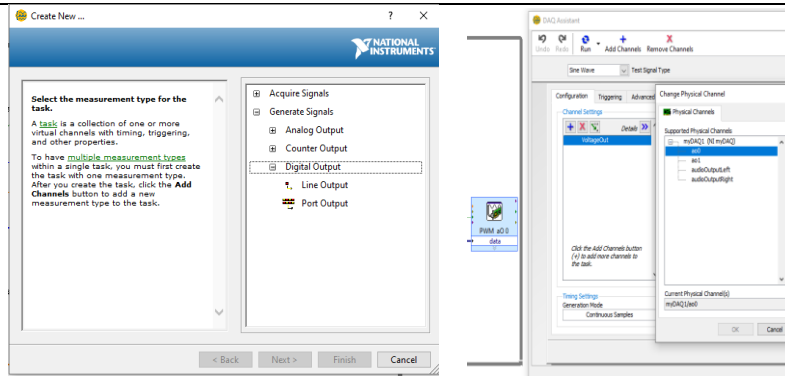


Figura 5. Ventana de configuración de los puertos de la tarjeta myDAQ

Tabla 1. Configuración interna de los puertos DAQ

DAQ	Activación	DAQ Assistant Configuration	
		Timing Settings	Signal Input Range
		AI 0	Lm35
DIO 0	Foco	1 sample (on demand)	-

3. Realice la conexión de la myDAQ al módulo de control como se muestra en la figura 6.

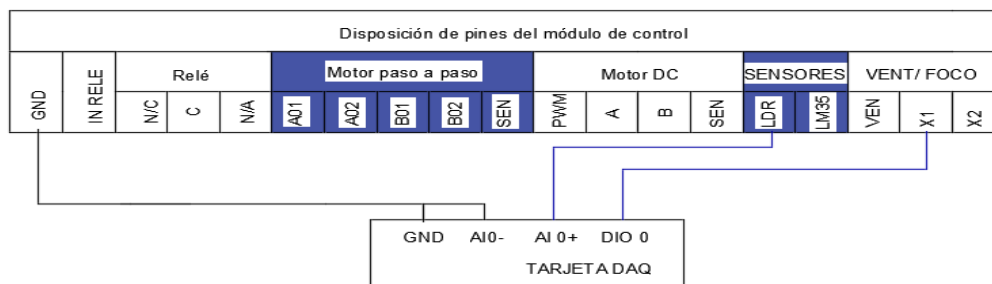


Figura 6. Conexión del módulo con la tarjeta myDAQ

4. Conectar la señal de PWM al puerto analógico de salida (AO 0) del módulo de control.
5. Conectar la salida del LDR al puerto analógico AI 0+ de la tarjeta NI myDAQ
6. Conectar el foco X1 a la salida analógica AO 0
7. Conecte el GND de la tarjeta myDAQ a la GND del módulo de control. Puede conectar cualquier GNG de la tarjeta myDAQ ya que todos son comunes.
8. Conecte la fuente de poder al módulo de control, se notara al conectar que se enciende el indicador el cual indicara la energización.
9. Ejecute el programa.

2.10 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Conductividad del LDR

La conductividad en los semiconductores depende del número de portadores de carga capaces de moverse. En un material semiconductor la anchura de la banda prohibida o diferencia energética entre las bandas de valencia y conducción. A bajas temperaturas los semiconductores se comportan como aislantes, porque casi todos los electrones se encuentran en la banda de valencia unidos a sus átomos. La aportación de energía, ya sea por aumento de la temperatura o por radiación electromagnética puede cambiar esta situación.

INFORME DE PRÁCTICA

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El rango de la amplitud del interfaz es de 0V a 5V siendo 0V cuando no existe luz, y 5V al estar al máximo la luminosidad, en esta práctica se puede observar el comportamiento de un sistema ON OFF como se aprecia en la figura 7, se debe tomar en cuenta que dependiendo de la luz que se le aplique al LDR la amplitud sube o baja.

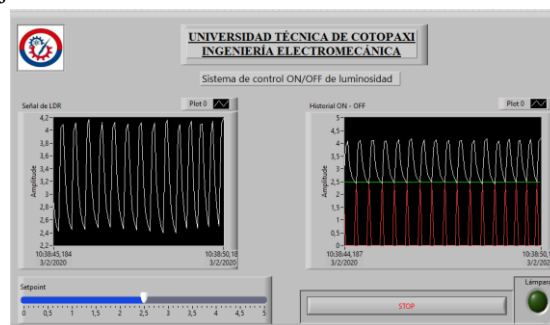


Figura 7. Grafica obtenidas del sistema de control on off

Para la obtención de datos damos clic derecho en la pantalla de generación de curvas en donde se despliega una pantalla donde aparece la opción Export seguido seleccionamos la opción Export data to excel y guarde el documento como libro de Excel como se muestra en la figura 8.

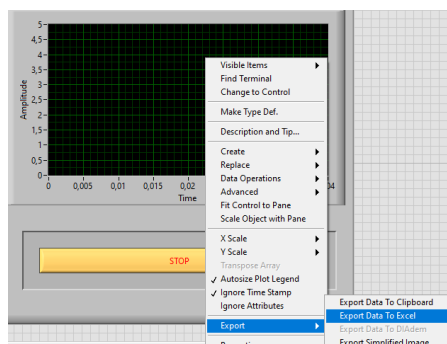


Figura 8. Exportación de datos

La gráfica representa los datos obtenidos del sistema la línea de color amarilla corresponde a la luminosidad, la línea roja es el setpoint y la línea rosada el el control on-off del sistema a continuación se muestra en la tabla 2 los datos obtenidos.

Tabla 2. Datos de sistemas de control ON-OFF de luminosidad

Tiempo	Luminosidad	ON-OFF	Setpoint
13:31,0	2,614	0	2,488
13:31,0	1,707	2,488	2,488
13:31,1	3,943	0	2,488
13:31,1	4,088	0	2,488
13:31,2	2,639	0	2,488
13:31,3	1,721	2,5	2,5

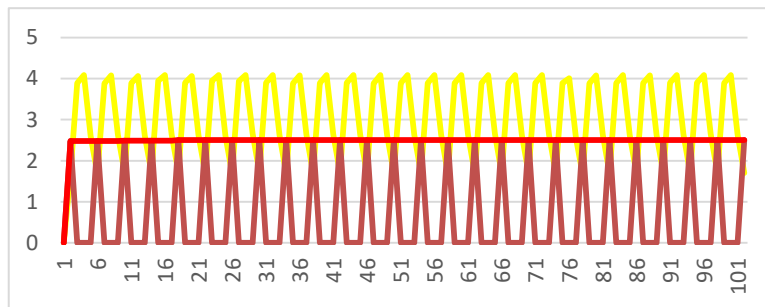


Figura 9. Comprtamiento del sistema on – off

Se incorpora un setpoint variable que va de 0 a 100, para obtener datos a diferentes rangos de luz, por medio del control de la luminosidad del foco, se debe tomar en cuenta que los datos obtenidos se tomaron en una habitación cerrada, ya que estos valores pueden variar según el lugar en donde se lleve a cabo la práctica, se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 3. Datos de sistemas de control ON-OFF de luminosidad

Tiempo	Luminosidad	ON-OFF	Setpoint
13:31,0	2,614	0	2,488
13:31,0	1,707	2,488	2,488
13:31,1	3,943	0	2,488
13:31,1	4,088	0	2,488
13:31,2	2,639	0	2,488
13:31,3	1,721	2,5	2,5

4	CONCLUSIONES
	<ul style="list-style-type: none"> • Los valores arrojados por el LDR pueden variar según en donde se realice la práctica ya que a mayor luminosidad será mayor el voltaje de salida. • Para que el valor del LDR llegue a cero se debe tapar completamente el módulo de control, percatándose de que no exista ninguna filtración de luz.

5	RECOMENDACIONES
	<ul style="list-style-type: none"> • Tener conocimientos previos de sistemas de control y de programación • Conectar adecuadamente el módulo con la tarjeta de adquisición de datos • Verificar que las conexiones estén correctas antes de energizar el sistema

6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
	<p>[1] Ogata, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna. Madrid : PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2010.</p> <p>[2] Marllelis Gutierrez. Fundamentos básicos de instrumentación y control. Santa Elena.2017</p>

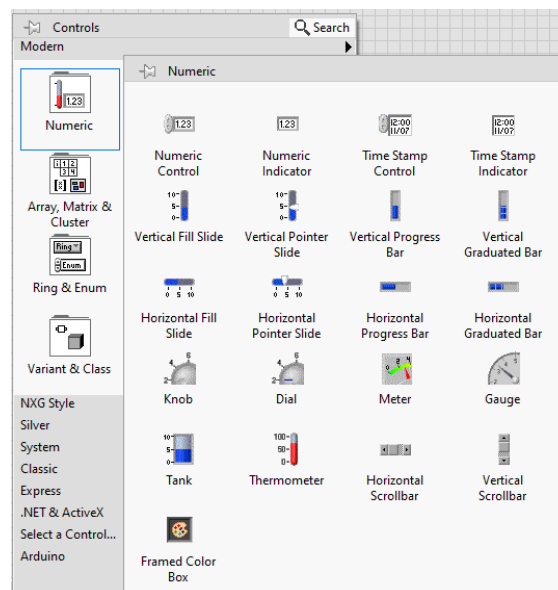
Panel frontal y diagramas de bloques de entorno Labview

Panel frontal y herramientas de diagrama de bloques

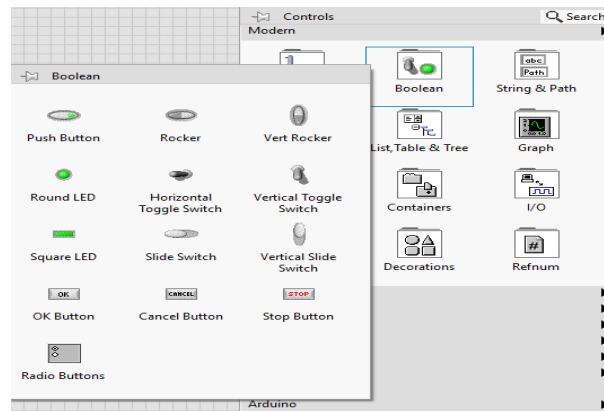
La herramienta de posicionamiento aparece cuando mueve el cursor sobre un objeto en la ventana del panel frontal o en el diagrama de bloques. El cursor se convierte en una flecha que puede usar para seleccionar, colocar y cambiar el tamaño de los objetos. El cableado la herramienta aparece cuando mueve el cursor sobre un terminal de un diagrama de bloques objeto. El cursor se convierte en un carrete que puede usar para conectar objetos en

El diagrama de bloques a través del cual desea que fluyan los datos.

Controles numéricos



Controles booleanos



Controles gráficos

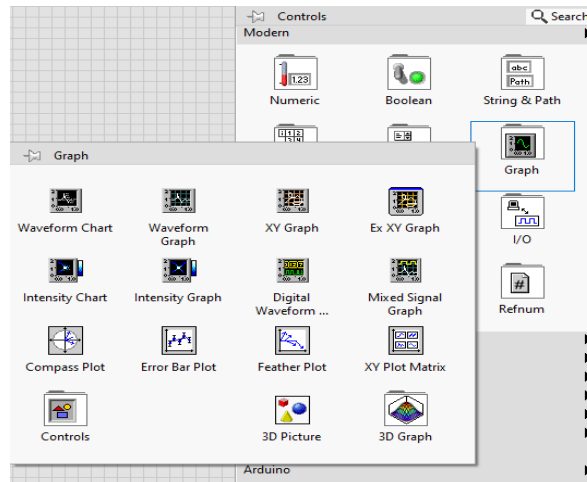


Diagrama de bloques








El diagrama de bloques contiene el código fuente gráfico, también conocido como código G o código de diagrama de bloques, para saber cómo se ejecuta el VI. El diagrama de bloques el código usa representaciones gráficas de funciones para controlar el panel frontal objetos. Los objetos del panel frontal aparecen como terminales de icono en el diagrama de bloques.





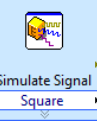


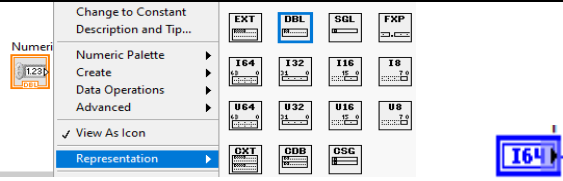
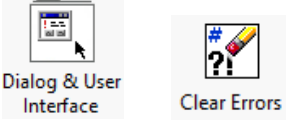
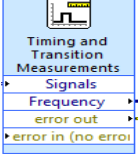

Los cables conectan terminales de control e indicadores a Express VIs, VIs y funciones. Los datos fluyen a través de los cables desde los controles hasta los VI y las funciones, desde VIs y funciones a otros VIs y funciones, y desde VIs y funciones a los indicadores. El movimiento de datos a través de los nodos en el

El diagrama de bloques determina el orden de ejecución de los VI y las funciones.

Este movimiento de datos se conoce como programación de flujo de datos.

Funciones de diagramas de bloque

Funciones	Grafica
structures	 Structures
Numeric	 Numeric
Boolean	 Boolean
Array	    Array Array Constant build array Index array

Timing	 Timing
Convert from Dynamic data	
Merge signals	
PID. vi	 PID.vi
Simulate Signal	 Simulate Signal Square
DAQ Assist	 DAQ Assist
Data type of wire	 Numeric Conversion
Numeric	
Clear Errors	 Dialog & User Interface Clear Errors
Timing and Transition Measurements	 Timing and Transition Measurements Signals Frequency error out error in (no error)
Feedback node	

MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MÓDULO PARA SISTEMAS DE CONTROL



Para el mantenimiento apropiado del módulo para sistemas de control emplear los pasos y procedimientos detallados en el siguiente manual.

Introducción

El presente manual tiene como objetivo presentar el mantenimiento y reparación del módulo de control, las posibles fallas y averías en sus componentes, y como solucionarlas, la colocación de cada componente en su respectivo lugar y su descripción.

Este manual está elaborado para prestar ayuda en el mantenimiento y reparación, para el óptimo desempeño y conservar la vida útil del módulo de control, este manual se debe utilizar conjuntamente con los datasheets de los componentes que conforman el módulo.

El mantenimiento y reparación debe llevarse a cabo solo por personal autorizado y capacitado, con conocimientos acerca de electrónica básica.

Seguridad

El módulo de control está construido de tal manera que los conectores como la placa del circuito no pueda ser accesible de manera directa con el operador, de la manera más segura y amigable para su utilización.

Antes de realizar el mantenimiento o reparación del equipo el usuario debe tener en cuenta los siguientes ítems.

- Leer el manual de mantenimiento y reparación el módulo, y familiarizarse con los mismos, para disminuir las posibilidades de accidentes.
- Mantener descenegizado el módulo de control durante el proceso de mantenimiento y reparación.
- Utilizar guantes y mascarilla al realizar el mantenimiento de los componentes del equipo.
- Verificar que no exista conexiones flojas o desoldadas en la placa.
- Evitar el contacto directo con el módulo al momento de realizar las pruebas de funcionalidad.

Posibles fallas en el módulo de control

Fallas en el motor DC

En caso que el motor no arranque o a su vez se encuentre con un ruido excesivo al ser energizado puede deberse a que su bobinado este averiado, por lo que es recomendable que se lo cambie por uno nuevo, para desconectarlo y conectarlo posee un conector en el cual irán los cables del motor, su forma de conexión es fácil y sencilla por lo que no es necesario ampliar una explicación.

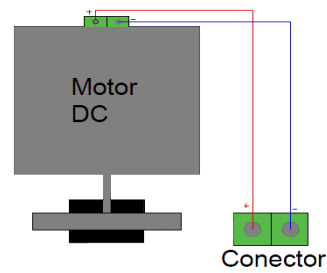


Figura 1: Conexión del motor DC

Fallas en el motor paso a paso

En caso de que el motor paso a paso no encienda al enviar las señales de activación a las bobinas y las leds indicadoras se enciendan, y de ser comprobadas estas señales que serán de 5V con la ayuda de un multímetro se puede considerar la avería en el motor, el cual debe ser cambiado por uno nuevo, siendo su modo de conexión fácil mediante conectores, su forma de conexión se puede apreciar en la figura 2.

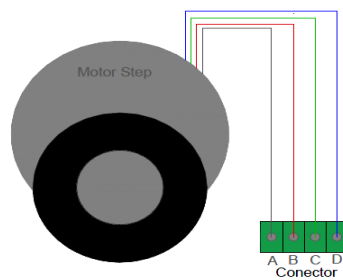


Figura 2: Conexión del motor step

Fallas en el encoder óptico

Si el encoder no proporciona las señales en la salida hacia la NI myDAQ que son de 0V y 1V o superior al girar la rueda del motor se debe revisar la conexión y si es falla del encoder sustituirlo por otro, el cual posee 4 salidas 2 irán hacia tierra y 2 1 energizado con 5V y 1 hacia la salida del encoder, su forma de conexión se aprecia en la figura 4.

Fallas en el LM35

En caso que las lecturas del LM35 sean erróneas o muy elevadas, se debe revisar la correcta instalación del LM35, si esto persiste revisar el sensor con la ayuda de su datasheet, se debe retirar el sensor e introduciendo un voltaje al pin de entrada y conectarlo con GND, con un multímetro revisar el valor de salida y si este dato es erróneo se debe retirar el sensor y sustituirlo por uno nuevo, la forma de conexión se aprecia en la figura 3.

escala de continuidad, la polaridad en el sentido p-n debe marcar continuidad alrededor de 0,500 a 0,700 y en el sentido n-p no debe marcar, si cumple estos parámetros el diodo se encuentra en buenas condiciones si no las cumple debe ser reemplazado por otro de las mismas características.

Fallas en un relé

Para probar la bobina debemos utilizar un multímetro en la escala de ohmios o resistencia; usualmente la bobina se encuentra entre 2 pines del relé y es allí en donde colocaremos las puntas de medición del multímetro. Si la bobina no mide absolutamente nada; el relé está en mal estado (circuito abierto). Con el multímetro en la escala de ohmios o de continuidad, verificaremos que los contactos del relé se cierren o se abran, según corresponda. Con una pila o fuente de alimentación, podemos también verificar el funcionamiento de la bobina y de los contactos. Simplemente alimente la bobina con un voltaje igual o cercano a su voltaje de trabajo.

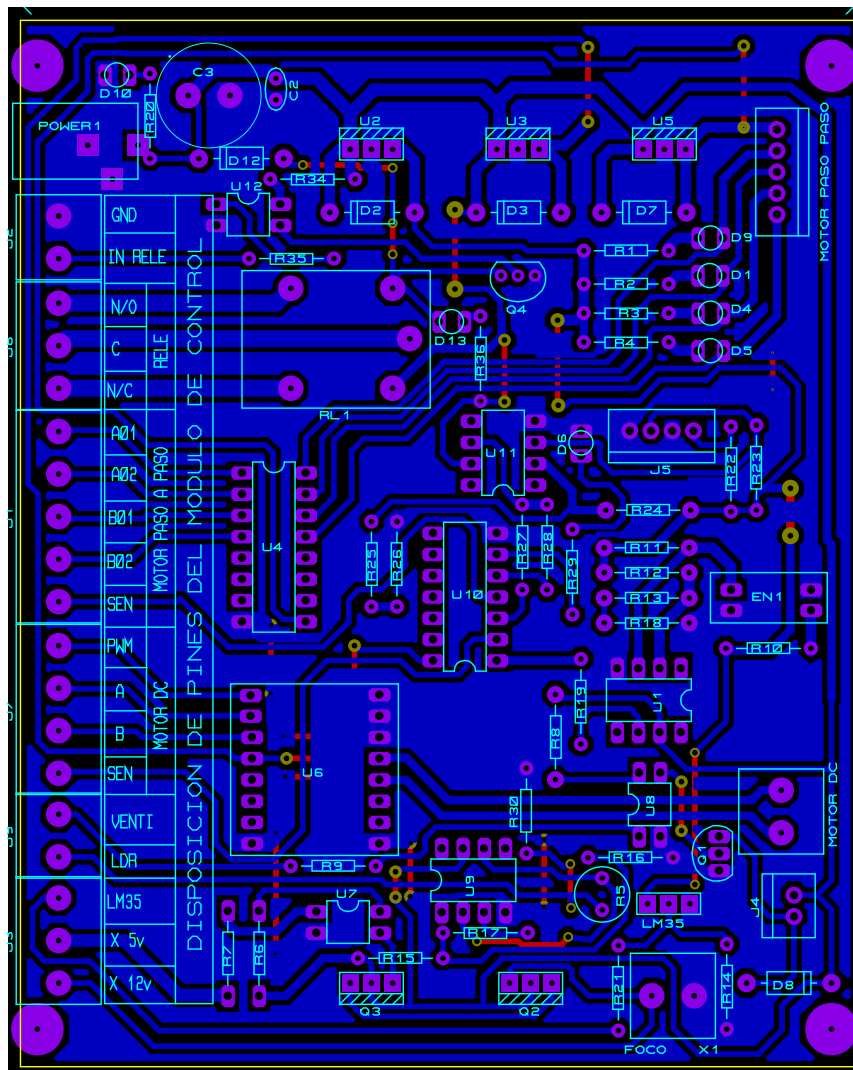


Figura 4: Esquema de conexión de los componentes del módulo

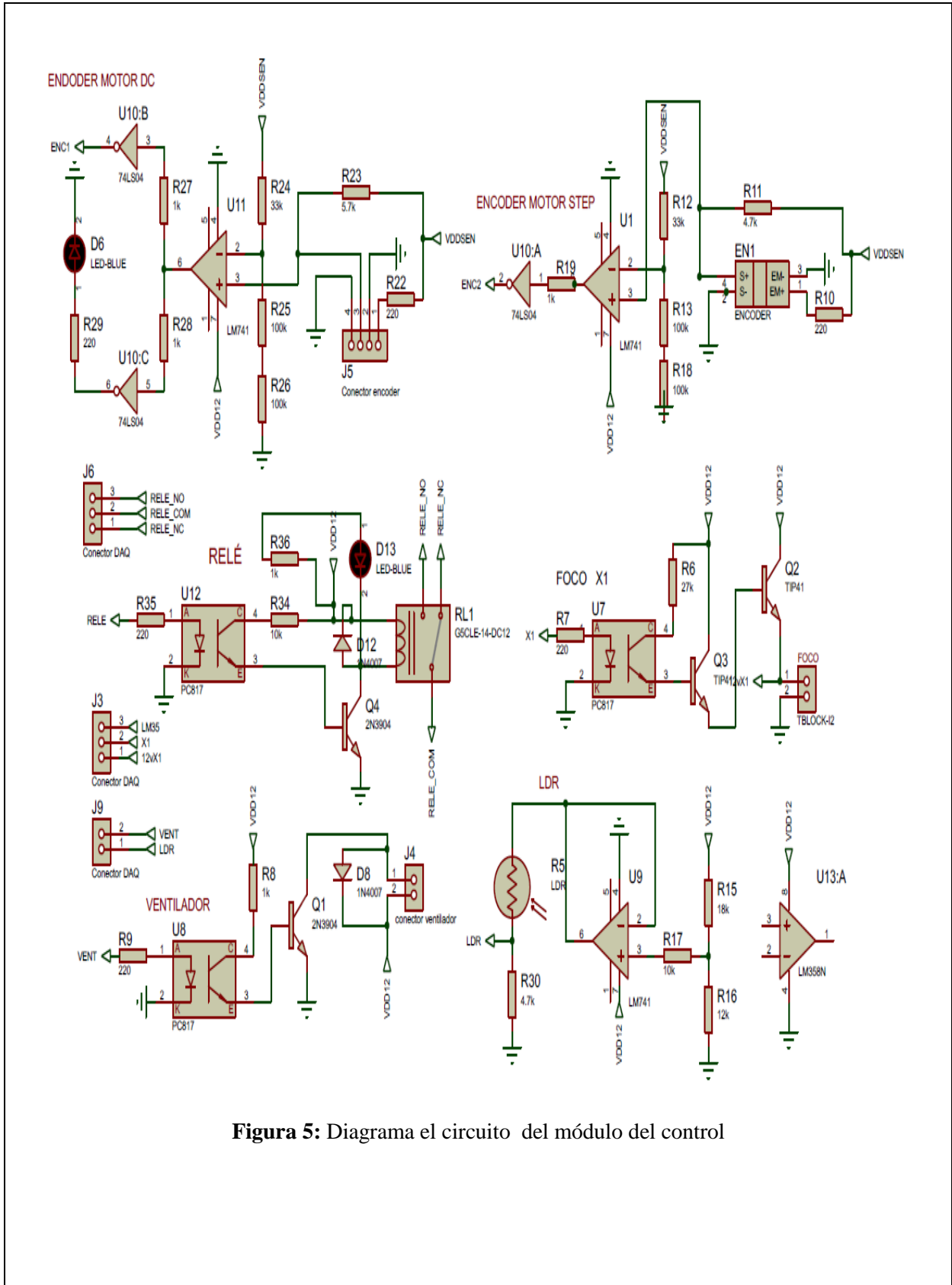


Figura 5: Diagrama el circuito del módulo del control