



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA EL LABORATORIO VIRTUAL DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO”.

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

AUTORES:

**ALTAMIRANO PINCHAO EDGAR POLIBIO
MÉNDEZ CAICEDO PAUL DAVID**

DIRECTOR DE TESIS:

ING. PABLO MÉNDEZ

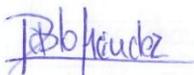
Ibarra, 2016

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por los señores estudiantes, ALTAMIRANO PINCHAO EDGAR POLIBIO y MENDEZ CAICEDO PAUL DAVID han cumplido con las normas y las leyes de la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Escuela de Educación Técnica en la elaboración de este Trabajo de Grado pudiendo estos realizar la defensa de la misma para la obtención del título de Ingenieros en Mantenimiento Eléctrico.



Ing. Pablo Méndez M.

IBARRA, de julio del 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA IDENTIDAD:	DE	040132320-9	
APELLIDOS NOMBRES:	Y	ALTAMIRANO PINCHAO EDGAR POLIBIO	
DIRECCIÓN:	TULCÁN, PARQUE ARTESANAL		
EMAIL:	ealtamirano@emelnorte.com		
TELÉFONO FIJO:	2960919	TELÉFONO MÓVIL:	0985724592

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA EL LABORATORIO VIRTUAL DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO”
AUTOR	ALTAMIRANO PINCHAO EDGAR POLIBIO
FECHA: AAAAMMDD	MARZO DEL 2016
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO
ASESOR /DIRECTOR:	ING. PABLO MÉNDEZ

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Altamirano Pinchao Edgar Polibio con cédula de identidad Nro. 040132320-9 en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular del derecho patrimonial, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, Marzo del 2016

EL AUTOR:

ACEPTACIÓN:

(Firma).....

Nombre: Altamirano Pinchao Edgar Polibio

C.I.: 040132320-9

Facultado por resolución de Consejo Universitario



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DECLARACIÓN DE LA OBRAS

La Universidad Técnica del Norte acepta el presente Proyecto de grado...

Yo, Altamirano Pinchao Edgar Polibio, con cédula de identidad Nro. 040132320-9 pongo en manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado, "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA EL LABORATORIO VIRTUAL DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO", que ha sido desarrollado para optar por el título de : INGENIERIA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO , en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

TELEFONO FIJO: TELÉFONO MÓVIL: CORREO ELECTRÓNICO:

TÍTULO DE LA OBRA

(Firma).....
Nombre: Altamirano Pinchao Edgar Polibio
C.I.: 040132320-9

Ibarra, Marzo del 2016

RECIBO: MENSAJE RECIBIDO PAUL DAVID
FECHA: MARZO DEL 2016

SECTOR PARA TRABAJOS DE GRADO:
PROGRAMA: INGENIERIA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

TÍTULO PARA SU COPIA: INGENIERIA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO
AUTOR / DIRECTOR: ING. PABLO WENZEL



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

4. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA IDENTIDAD:	DE	040159014-6	
APELLIDOS NOMBRES:	Y	MÉNDEZ CAICEDO PAÚL DAVID	
DIRECCIÓN:	SAN GABRIEL, CALLE MANUEL CARRERA		
EMAIL:	pmendez@emelnorte.com		
TELÉFONO FIJO:	3013809	TELÉFONO MÓVIL:	0997684108

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA EL LABORATORIO VIRTUAL DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO”
AUTOR	MÉNDEZ CAICEDO PAÚL DAVID
FECHA: AAAAMMDD	MARZO DEL 2016
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERIA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO
ASESOR /DIRECTOR:	ING. PABLO MÉNDEZ

5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Méndez Caicedo Paúl David con cédula de identidad Nro. 040159014-6 en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

6. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular del derecho patrimonial, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, Marzo del 2016

EL AUTOR:

ACEPTACIÓN:

(Firma).....

Nombre: Méndez Caicedo Paúl David

C.I.: 040159014-6

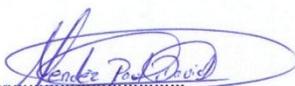
Facultado por resolución de Consejo Universitario

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

DEDICATORIA

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Méndez Caicedo Paúl David, con cédula de identidad Nro. 040159014-6 pongo en manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado, **"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA EL LABORATORIO VIRTUAL DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO"**, que ha sido desarrollado para optar por el título de : INGENIERIA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO , en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma) 
Nombre: Méndez Caicedo Paúl David
C.I.: 040159014-6

Nombre: Edgar Alvarado

Ibarra, Marzo del 2016

DEDICATORIA

El presente Trabajo de grado lo dedico a Dios, por permitirme llegar a este momento más importante de mi vida, por los logros alcanzados y por los momentos difíciles que me han enseñado a superarme cada día más, a mi madre Olga Pinchao por ser la persona que estuvo siempre pendiente en todos los momentos de mi vida, brindando sus consejos y sabiduría los cuales me ayudaron en mi formación profesional, también quiero agradecer a mis hermanos que de alguna manera me brindaron su apoyo en los momentos en los que más lo necesitaba.

Nombre: Edgar Altamirano

DEDICATORIA

El presente Trabajo de grado lo dedico a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres por su apoyo, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar. Especialmente a mi hermana Ely quien fue mi segunda madre para lograr este objetivo. A mi sobrino Joelito quien ha sido y es una motivación, inspiración y felicidad.

PAUL MÉNDEZ CAICEDO

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente la ayuda a Dios, ser maravilloso que me dio las fuerzas para poder culminar con éxito mi carrera, a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE por su acogida y ser mejores personas y poder servir a la patria, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día y que con el pasar de los años se convirtieron en un ejemplo a seguir.

También quiero agradecer a mi asesor de tesis Ingeniero Pablo Méndez, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, para poder terminar con éxito mi tesis.

Nombre: Edgar Altamirano

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis me gustaría agradecerle a ti mi Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi director de tesis, Ing. Pablo Méndez por su esfuerzo y dedicación, quien con su conocimiento, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxitos, mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, y en especial a mis profesores Ing. Hernán Pérez, Ing. Ramiro Flores, Ing. Mauricio Vásquez, Ing. Wilmer Taboada.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo, y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunos están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

Paúl Méndez Caicedo

ÍNDICE GENERAL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
DEDICATORIA.....	II
DEDICATORIA.....	X
AGRADECIMIENTO	XI
AGRADECIMIENTO	XII
ÍNDICE GENERAL	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XI
RESUMEN.....	XII
SUMARY.....	XIII
CAPÍTULO I	1
1.EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	2
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4.1 ESPACIAL	3
1.4.2 TEMPORAL.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	3
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.6 JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO II	6

2.MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 AUTOMATIZACIÓN	6
2.1.1 SISTEMAS DE CONTROL.....	6
2.2.2 LAZO ABIERTO	7
2.2.3 LAZO CERRADO	7
2.2.4 HARDWARE.....	9
2.2.5 SOFTWARE	9
2.3 ELEMENTOS ELECTRÓNICOS.....	9
2.3.1 DIODOS LED	9
2.3.2 BARRA DE LEDS	10
2.3.3 FUENTE DE ALIMENTACIÓN	11
2.3.4 OPTO ACOPLADOR.....	12
2.4 DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS PARA EL CIRCUITO DE TEMPERATURA	13
2.4.1 ACTUADORES DE TEMPERATURA.....	13
2.4.1.1 QUEMADORES.....	13
2.4.1.2 NIQUELINA ELÉCTRICA	14
2.4.1.3 BOMBILLAS ELÉCTRICAS.....	14
2.4.2 SENSORES DE TEMPERATURA.....	14
2.4.2.1 TERMO RESISTENCIA RTD	14
2.4.2.2 TERMOPAR O TERMOCUPLA	15
2.4.2.3 CIRCUITOS INTEGRADOS	15
2.5 SENSORES DE VELOCIDAD.....	16
2.5.1 TACÓMETRO O TACOGENERADOR	16
2.5.2 SENSORES DE VELOCIDAD ANGULAR	16
2.5.3 ENCODERS	17
2.5.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SENSORES	18
2.6 CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTOR DC.....	18
2.6.1 MOTORES DE DC	18

2.6.2 MOTORES CON ESTATOR BOBINADO	18
2.6.3 MOTORES DE IMÁN PERMANENTE	19
2.7 MOTOR PASO A PASO	19
2.7.1 FUNCIONAMIENTO MOTOR PASO A PASO	19
2.7.2 BIPOLAR	20
2.7.3 UNIPOLAR.....	21
2.8 ACCIONAMIENTO DE PROPÓSITO GENERAL	22
2.8.2 ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS	22
2.8.3 ACCIONAMIENTOS NEUMÁTICOS	22
2.9 INDICADORES.....	22
2.10 CONTROLADORES	23
2.10.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE – PLC	23
2.10.2 MICROCONTROLADORES	23
2.10.3 ADQUISICIÓN DE DATOS	23
2.10.4 TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS DAQ	24
2.10.5 COMUNICACIÓN USB.....	24
2.10.6 SEÑALES ANALÓGICAS	25
2.10.7 RESOLUCIÓN DEL ADC	26
2.10.8 SEÑALES DIGITALES.....	27
2.10.9 CONTADORES	28
2.11 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN.....	28
2.11.1 LENGUAJE BASIC.....	28
2.11.2 LENGUAJE C	28
2.11.3 LENGUAJE LEADER	29
2.11.4 LENGUAJE G	29
2.12 GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	29
CAPÍTULO III.....	33
3.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	33

3.1.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA Y DOCUMENTAL.....	33
3.1.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	33
3.1.3 INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA	34
3.2 MÉTODOS.....	34
3.2.1 MÉTODO INDUCTIVO DEDUCTIVO.....	34
3.2.2 MÉTODO ANALÍTICO SINTÉTICO.	34
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	35
CAPITULO IV	36
4.DESARROLLO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	36
4.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA	36
4.2 INTRODUCCIÓN.....	36
4.3 PROPÓSITO	37
4.4 ACCIONES PARA IMPLEMENTAR A LOS MÓDULOS DIDÁCTICOS	37
4.5 SISTEMÁTICA APLICADA.....	38
4.5.1 DISEÑO DE CIRCUITO DE TEMPERATURA	38
4.5.1.1 QUEMADOR.....	38
4.5.1.2 SENSOR DE TEMPERATURA.....	38
4.5.2 ELEMENTOS PARA EL CIRCUITO DE VELOCIDAD DE UN MOTOR DC.....	39
4.5.2.1. MOTOR DC.....	39
4.5.2.2. SENSOR DE VELOCIDAD.....	40
4.5.3 CONTROL DE POSICIÓN DE MOTOR STEPPER.....	40
4.5.4 ACCIONAMIENTO DE PROPÓSITO GENERAL	41
4.5.4.1 PULSADOR.....	42
4.5.4.1.1 PULSADOR PULL-DOWN.....	42
4.5.4.1.2 PULSADOR PULL-UP	42
4.5.5 CONTROLADOR	43
4.5.6 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN.....	44

4.6..... DISEÑO DE CIRCUITOS CON LOS ELEMENTOS EN LOS MÓDULOS DIDÁCTICOS.....	44
4.6.1 LÁMPARA HALÓGENA	44
4.6.1.1 CALCULO PARA IMPLEMENTAR EL CIRCUITO DE POTENCIA.....	44
4.6.1.2 CALCULO PARA EL CIRCUITO DE CONTROL	45
4.6.3 SENSOR LM35.....	46
4.6.4 CIRCUITO DEL MOTOR DC.....	47
4.6.5 ENCODER	48
4.6.6 MOTOR PASO A PASO	49
4.6.7 RELÉ DE PROPÓSITO GENERAL	50
4.6.8 PULSADOR	51
4.6.10 FUENTE DE ALIMENTACIÓN EXTERNA Y VOLTAJES DE REFERENCIA	52
4.7 IMPLEMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS DIDÁCTICOS.....	52
4.7.1 DISEÑO DEL ESQUEMÁTICO	53
4.7.2 CREACIÓN DE UNA PCB.....	56
4.7.3 COMPROBACIÓN DEL ESQUEMÁTICO.....	58
4.7.4 COLOCACIÓN DE COMPONENTES.....	59
4.7.5 RUTEADO	60
4.7.6 IMPRESIÓN.....	61
4.7.7. PRUEBAS Y RESULTADOS	64
4.7.8 COMUNICACIÓN PC – DAQ.....	64
4.7.9 RESPUESTA DEL PUERTO DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES	65
4.7.10 RESPUESTA DEL PUERTO DE ENTRADAS Y SALIDAS ANÁLOGAS.....	66
CAPITULO V.....	71
5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
5.1 CONCLUSIONES.....	71
5.2 RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73

LINCOGRAFÍA.....	75
ANEXOS	76

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N ^o . 1 Lazo abierto	7
FIGURA N ^o . 2 Lazo cerrado	7
FIGURA N ^o . 3 Símbolo del diodo LED	10
FIGURA N ^o . 4 Circuito equivalente del rectificador de onda completa.....	11
FIGURA N ^o . 5 Voltaje de salida del circuito rectificador.....	11
FIGURA N ^o . 6 Fototransistor.....	12
FIGURA N ^o . 7 Fototriac.....	13
FIGURA N ^o . 8 Esquema de termocupla	15
FIGURA N ^o . 9 Tacogenerador.....	16
FIGURA N ^o . 10 Sensor de velocidad angular	17
FIGURA N ^o . 11 Encoder	17
FIGURA N ^o . 12 Principio de funcionamiento.....	20
FIGURA N ^o . 13 Puente H para el motor paso a paso	21
FIGURA N ^o . 14 Motor paso a paso unipolar	21
FIGURA N ^o . 15 Adquisición de datos.....	24
FIGURA N ^o . 16 Diseño de cable USB.....	25
FIGURA N ^o . 17 Señal analógica	25
FIGURA N ^o . 18 Conversor ADC.....	26
FIGURA N ^o . 19 Resolución del ADC.....	26
FIGURA N ^o . 20 Efecto de la resolución.....	27
FIGURA N ^o . 21 Señal digital	27
FIGURA N ^o . 22 contador de pulsos.....	28
FIGURA N ^o . 23 Lámpara halógena	38
FIGURA N ^o . 24 Sensor integrado LM35.....	39
FIGURA N ^o . 25 Motor de DC.....	40
FIGURA N ^o . 26 Medición de velocidad	40
FIGURA N ^o . 27 Motor paso a paso	41
FIGURA N ^o . 28 Relé de propósito general.....	41
FIGURA N ^o . 29 Pulsador pull-down	42
FIGURA N ^o . 30 pulsador pull-up	43

FIGURA N°. 31 DAQ USB 6001.....	43
FIGURA N°. 32 Circuito de control y potencia implementado	46
FIGURA N°. 33 Sensor de temperatura LM35	46
FIGURA N°. 34 Circuito para el Motor de DC.....	47
FIGURA N°. 35 Circuito de medición de velocidad	48
FIGURA N°. 36 Acondicionamiento de señal	49
FIGURA N°. 37 Driver para motor paso a paso.....	49
FIGURA N°. 38 Leds motor PAP.....	50
FIGURA N°. 40 Circuito para el pulsador de emergencia	51
FIGURA N°. 41 Circuito para las entradas de Voltaje y Corriente.....	52
FIGURA N°. 42 Fuentes de voltaje.....	52
FIGURA N°. 43 Nuevo Esquemático en Altium	53
FIGURA N°. 44 Librerías de componentes.....	54
FIGURA N°. 45 Esquemas de circuitos de los módulos.....	55
FIGURA N°. 46 Printed Circuit Board.....	56
FIGURA N°. 47 Tipos de placa y capaz	57
FIGURA N°. 48 Grilla del PCB	57
FIGURA N°. 50 Errores de diseño.....	59
FIGURA N°. 51 Ubicación manual de elementos	59
FIGURA N°. 52 Ruteado de los elementos de control.....	60
FIGURA N°. 53 PCB de los módulos cara frontal.....	61
FIGURA N°. 55 Módulos en construcción	63
FIGURA N°. 56 Módulos didácticos – final.....	63
FIGURA N°. 57 Measurement & Automation Explorer	64
FIGURA N°. 58 Prueba comunicación PC – DAQ.....	65
FIGURA N°. 60 Prueba sensor LM 35.....	67
FIGURA N°. 61 Prueba perilla de voltaje	68
FIGURA N°. 62 Prueba del motor dc.....	68
FIGURA N°. 63 Prueba Encoder del motor dc	69
FIGURA N°. 64 Prueba encoder del motor pap.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Datos técnicos para los LEDs	10
Tabla N° 2 Salida de voltaje LM35	47
Tabla N° 3 Periféricos conectados a la DAQ	53
Tabla N° 4 Entradas y salidas digitales	65
Tabla N° 5 Entradas y salidas análogas.....	67
Tabla N° 6 Entradas tipo contador a la DAQ.....	69

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO Nº. 1 MANUAL DE USUARIO PARA EL MÓDULO DIDÁCTICO	76
ANEXO Nº. 2 TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS	79
ANEXO Nº. 3 ENTRADAS Y SALIDAS DAQ USB 6001	80
ANEXO Nº. 4 PUERTOS DIGITALES DE LA DAQ.....	81
ANEXO Nº. 5 OPTOTRIAC MOC 3020.....	82
ANEXO Nº. 6 OPTOTRIAC MOC 3020.....	83
ANEXO Nº. 7 SENSOR LM35.....	84
ANEXO Nº. 8 SENSOR LM35.....	85
ANEXO Nº. 9 TRIAC BT 136.....	86
ANEXO Nº. 10 DRAIVER UNL2804.....	88
ANEXO Nº. 11 AMPLIFICADOR OPERACIONAL LM358	90
ANEXO Nº. 12 TRANSISTOR TIP 120	91
ANEXO Nº. 13 TRANSISTOR TIP 120	92

RESUMEN

El presente trabajo de investigación detalla el diseño e implantación de módulos de prueba para las materias de Control Automático, Instrumentación Electrónica e Instrumentación Industrial, para lo cual se investigó los diferentes elementos eléctricos y electrónicos, más comunes que se encuentra en la industria y sus diferentes aplicaciones, con una adecuada clasificación en cuanto a requerimientos técnicos y electrónicos. El trabajo de investigación se basó en realizar cinco capítulos, siendo el primero el problema de la investigación, la formulación y delimitación del problema, también se planteó los objetivos; un general y cuatro específicos que dirigieron al problema de investigación. Seguido se realizó el marco teórico obteniendo los temas y subtemas más principales como; sistemas de control, elementos de software y hardware. En el desarrollo de la metodología de investigación se utilizó, el método inductivo y deductivo y como técnicas e instrumentos se utilizó los programas LabVIEW y Altium Designer. En el capítulo cuatro se encuentra el desarrollo de la propuesta tecnológica, donde están las acciones para implementar los módulos didácticos, con el objetivo de facilitar el aprendizaje y uso de los módulos después de previas investigaciones para el diseño, selección y construcción en el cual, docentes y estudiantes puedan demostrar en la practica la teoría impartida en clase, como es: realizar adquisición y monitoreo de varias señales para efectuar el control de temperatura, control de velocidad de un motor DC, el control de posición de un motor paso a paso, manipular señales externas tipo relé para accionamientos ON-OFF, señal tipo pulsante, adquisición de una señal de voltaje acondicionada y variación de corriente de manera manual. Por último se elaboró las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación.

SUMMARY

This research details the design and implementation of test modules for materials Automatic Control, Electronic Instrumentation and Industrial Instrumentation, for which the various common electrical and electronic items, found in the industry and its various applications are investigated, with appropriate classification in terms of technical and electronic requirements. The research was based on conduct five chapters, the first research problem, formulation and definition of the problem, objectives was also raised; a general and four specific who led the research question. It followed the theoretical framework was made obtaining major topics and subtopics as; control systems, software and hardware elements. In the development of the research methodology used, inductive and deductive method and techniques and instruments LabVIEW and Altium Designer software we were used. In chapter four is the development of the technological proposal, where the actions to implement the training modules, in order to facilitate learning and use of the modules after previous research for the design, selection and construction in which, teachers and students to demonstrate in practice the theory taught in class, such as: performing acquisition and monitoring of several signals to effect control, speed control of a DC motor position control of a stepper motor, manipulate external signal drives relay type oN-OFF, pulsed signal type, acquisition of a conditioned signal and current variation manually voltage. Finally the conclusions and recommendations of this research was developed.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

Inicialmente, cuando no existían los elementos para realizar la automatización o control de un proceso, las personas se ingeniaban para realizar técnicas industriales, con el fin de obtener resultados óptimos de un proceso, en ese momento surgen los primeros mecanismos que se movían a través de dispositivos hidráulicos, como poleas y palancas, pero no pasó mucho tiempo cuando el perfeccionamiento de la mecánica permitió construir autómatas complejos, para el desarrollo de la mecánica de precisión requerida para realizar los diferentes procesos industriales.

En los últimos tiempos, la tecnología ha solucionado grandes problemas industriales que en su momento sería imposible resolver, factores como la reducción de tiempos en tareas determinadas, mejoramiento del trabajo, reducción de costos de los procesos, automatización parcial o global, entre otras, han sido las ventajas del apoyo brindado por el software desde de cálculo matemático, contabilidad, automatización, mediciones y simulaciones, todas estas ventajas se han convertido en un poderoso aliado tanto para empresas privadas, industrias, profesionales y sin dudar para los estudiantes, siendo una herramienta eficaz para la solución de problemas y el desarrollo de nuevas ideas.

Se denomina automatización, al uso de las tecnologías de la información, como herramienta para implementación de sistemas de control con el propósito de reemplazar la intervención de la actividad humana en un proceso específico. A nivel industrial, la automatización permite realizar procesos que requieren de gran cantidad de fuerza, de mucha precisión o que pueden representar riesgos al ser humano, por tal motivo se implementan mecanismos asistidos como robots industriales, que ayudan a reducir los costos de fabricación, una calidad constante

en los medios de producción, y liberar al ser humano de las tareas tediosas, peligrosas e insalubres. El uso de los controladores es indispensable ya que son dispositivos que reciben datos de los instrumentos de medida, lo compara con el dato programado y si es necesario ordena al elemento de control que genere una acción correctiva.

1.2 Planteamiento del Problema.

La necesidad de implantar módulos didácticos para el laboratorio virtual de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, se debe a que las materias de control automático e instrumentación industrial, necesitan módulos didácticos, los cuales ayuden a mejorar la teoría mediante el desarrollo de prácticas.

Las asignaturas de Control e Instrumentación Industrial son importantes porque contribuyen a la mejora de los procesos de automatización industrial, y al no disponer de un laboratorio virtual, para poder desarrollar las practicas que estas materias necesitan, con el fin de mejorar el aporte teórico con el práctico, de tal manera, que implementando los módulos didácticos, apoya al desarrollo de los estudiantes ya que incluyen sensores y actuadores, esto representa que los estudiantes estén en la capacidad de realizar pruebas, mantenimiento, cambios y simulaciones en distintas maquinas eléctricas o realizar un control parcial o total en la industria con la ayuda de nuevas tecnologías.

Es preciso diseñar los módulos didácticos basados en el uso de poder realizar experimentos, el cual sea indispensable establecer factores importantes como sus características, diseño, funcionamiento y medición de los diferentes parámetros.

1.3 Formulación del Problema

En vista de los recursos existente se plantea:

¿Cómo el diseño y construcción de módulos didácticos para el laboratorio virtual de instrumentación industrial de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico ayudará al conocimiento teórico práctico de los estudiantes?

1.4 Delimitación del Problema

1.4.1 Espacial

El diseño y la construcción de módulos didácticos, es indispensable para el desarrollo y se basa en facilitar el aprendizaje de los estudiantes ya que estos tendrán plena representación acerca de este sistema, lo cual es un aporte práctico que permitirá profundizar los conocimientos de los estudiantes, por lo cual se diseñarán módulos los cuales estarán ubicados en el laboratorio virtual de la carrera Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte.

1.4.2 Temporal

La investigación teórico práctica se la ejecutara entre los meses de noviembre del 2014 hasta enero del año 2016; esto se lo realizó tomando en cuenta el tiempo estimado de prueba para el correcto funcionamiento del modelo tecnológico.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar y construir módulos didácticos, para las materias de instrumentación industrial y control automático en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, con el fin de mejorar los conocimientos prácticos de los estudiantes.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Investigar las aplicaciones didácticas de los equipos eléctricos y electrónicos, instalados en los módulos de pruebas.

- Comprobar el comportamiento de los elementos electrónicos, sus particularidades y su efectividad.
- Implementar el conocimiento de los lenguajes de programación que maneja gráficos para el control de los módulos.
- Elaborar una guía de las prácticas que se puede realizar en el módulo didáctico de laboratorio.

1.6 Justificación

La construcción de los módulos didácticos, en los cuales se muestra el uso y manipulación de elementos de estado sólido, tiene como finalidad que los estudiantes puedan desarrollar pequeños proyectos de investigación, y tengan pleno conocimiento acerca de los sistemas utilizados por ingenieros eléctricos, electrónicos, debido a que es ideal para cualquier medición o sistema de control, para así alcanzar conocimientos a niveles de competitividad y mejorar su perfil profesional.

Este proyecto de investigación ayuda a mejorar la comprensión de los estudiantes, mediante la implementación de módulos didácticos en el laboratorio virtual, debido a que en los módulos 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.

Este tipo de sistemas sirven para realizar diferentes pruebas, afianzar el conocimiento de los estudiantes y permitir su desarrollo en las aplicaciones de automatización y control, utilizando controladores y plataformas de programación que ayudan a profesionales, técnicos a diseñar pequeños y grandes sistemas.

Los módulos ofrecen la oportunidad de realizar la integración de software y hardware, utilizando la tecnología actual en computación y programación,

igualmente permite realizar pruebas para el funcionamiento y mantenimiento y así profundizar el conocimiento, además aportar con un equipo didáctico para la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Automatización

La automatización son sistemas de control que manipulan las variables de un proceso, con el objetivo de administrar y poner en marcha las actividades del proceso sin la necesidad que intervenga la mano del hombre. El sistema de control manipula normalmente magnitudes de baja potencia, las cuales se conocen como señales, que a su vez ejercen una labor sobre accionamientos, que son los encargados de modular las variables de potencia del sistema a controlar.

La automatización tiene como principal objetivo la sustitución del hombre por la maquina en tareas específicas, y las ventajas que ofrece la automatización está dada por parámetros como: producir una calidad constante, aumentar la seguridad laboral y aumentar la productividad. (DORF, 2005)

La automatización tiene dos áreas bien definidas, la parte operativa y la parte de control:

Parte operativa es donde tiene los dispositivos de hardware y software que brindan la información necesaria para llevar a cabo las operaciones de un proceso, con una interfaz que pueda ser entendida por el operador. Parte de control es donde se encuentra los dispositivos de control, que realizan las acciones de control en conjunto con los actuadores.

2.1.1 Sistemas de control

Ogata, (2010), afirma que, “Un sistema de control es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado, en los que se encuentran el set point o señal de referencia, receptores de señal, mecanismos de control, actuadores y elemento final de control. Están configurados en forma de circuito de tal manera que la señal de control es transmitida al elemento final de control para ajustar el proceso a un determinado punto”(pag.130).

2.2.2 Lazo abierto

Es aquel en el que la señal de salida no influye en la señal de entrada, su exactitud depende de la calibración, y el lazo abierto es sensible a las perturbaciones debido a que no dispone de retroalimentación para realizar la corrección.

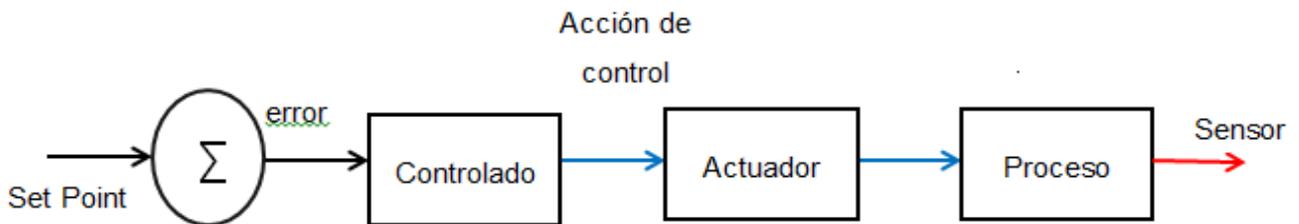


FIGURA Nº. 1 Lazo abierto

2.2.3 Lazo cerrado

El lazo cerrado representa retroalimentación y permite comparar la salida con la entrada, calculando el error, de manera que la acción de control sea en función de ambas, y son menos sensibles a las perturbaciones. El control en lazo cerrado se caracteriza porque existe una realimentación a través de los sensores desde el proceso hacia el sistema de control, y permite conocer si las acciones ordenadas a los actuadores se han realizado correctamente sobre el proceso.

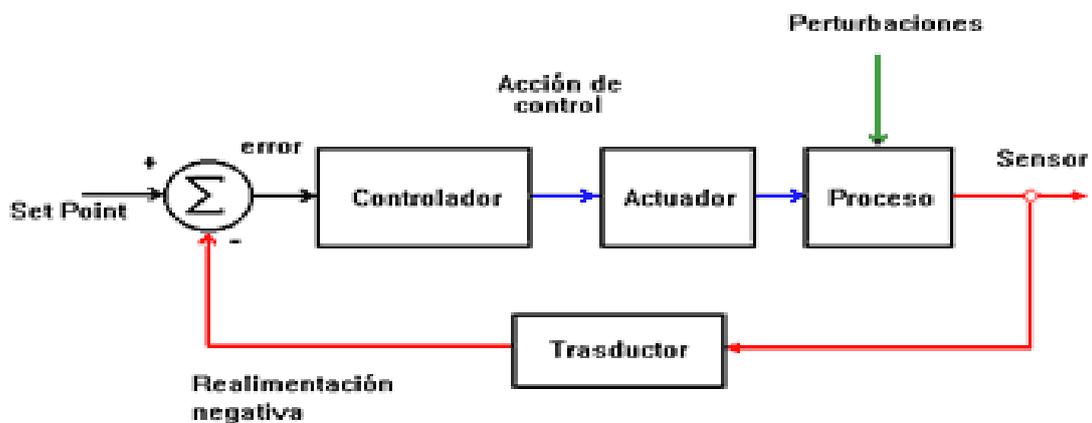


FIGURA Nº. 2 Lazo cerrado

- **Set point o señal de referencia:** Es el valor deseado, o que se desea obtener a la salida de un proceso controlado.
- **Controlador:** Elemento que regula los parámetros que se desea controlar, así como las funciones asociadas de temporización.
- **Actuador:** Elemento que opera de tal manera que la variable controlada siga las variaciones de la referencia con la misma rapidez y exactitud.
- **Proceso:** Es la combinación de componentes que interactúan para lograr un determinado objeto.
- **Sensores o transductores:** Son los elementos con los que se adquiere las variables de salida del sistema controlado.

En el presente trabajo de investigación se utilizó el lazo cerrado, debido a que los módulos didácticos utilizan sensores, los cuales están configurados en lazo cerrado para enviar la información a la DAQ, y así poder verificar las variables de los diferentes elementos, todos estos términos son los más comunes en la industria como: el control de la temperatura, el control de velocidad de motor DC, el control de posición de motor Stepper.

Un aspecto muy importante es la visualización de las variables que envían los sensores y actuadores a una pantalla, es decir, en los procesos los dispositivos que realizan el monitoreo o control de un determinado proceso industrial, están situados a lo largo de una gran área de trabajo, esto es físicamente hablando, por tal motivo el desplazamiento del personal para realizar la supervisión de una parte del proceso resulta en que si se debe tomar acciones en caso de existir alguna falla, no se lograría llegar a tiempo y se efectuarían daños, por lo cual se realiza el control interactuando el Software y Hardware, para realizar el monitoreo o control desde un centro de control.

2.2.4 Hardware

El Hardware es aquel donde se encuentran todos los dispositivos y componentes físicos, que realizan la tarea de entrada y salida como: los sensores y actuadores, que están vinculados al proceso y son los encargados de convertir la información de una variable física a una señal eléctrica.

Todos los dispositivos eléctricos y electrónicos que están presentes en los módulos didácticos, forman parte significativa para realizar los diferentes procesos de control, con la ayuda de una tarjeta de adquisición de datos DAQ USB 6001, la cual posee un conjunto de entradas y salidas ya sean analógicas o digitales y constituye una parte muy importante en los módulos didácticos.

2.2.5 Software

Hace Referencia a un programa o conjunto de programas que incluyen datos, procedimientos, que permitan realizar distintas tareas en un sistema eléctrico, también se puede definir que es la interfaz Humano-Maquina que puede ser una lámpara indicadora, o un conjunto de pantallas donde se encuentra esquematizado, gráficamente el proceso que se desea monitorear, es decir, es el mecanismo que permite la interacción del ser humano con el proceso, para lo cual se utiliza, LabVIEW que es un entorno de programación de desarrollo gráfico, creado por National Instrumens, con funciones asociadas para realizar la adquisición de datos y realizar el control de instrumentos, análisis y de datos. (Del Rio, 2013)

2.3 Elementos electrónicos

Para la selección de los elementos que se piensa dotar a los módulos didácticos, es necesario el uso de diversos dispositivos electrónicos.

2.3.1 Diodos LED

Son dispositivos semiconductores que permiten el paso de corriente en un solo sentido y son capaces de emitir un espectro de luz visible, cuando se polarizan sus terminales con un voltaje y corriente apropiado.



FIGURA Nº. 3 Símbolo del diodo LED
Fuente: (Area Tecnologica, 2013)

En un led, la tensión aplicada eleva los electrones a niveles superiores de energía, haciendo que los electrones se muevan y se choquen entre si desprendiendo luz. Los LED tienen voltajes de ruptura relativamente bajos que están entre los 3 y 5 v, estos pueden destruirse muy fácilmente si se polarizan de forma inversa con un voltaje elevado, por lo cual es recomendable conectar un diodo rectificador en paralelo con el LED.

Tabla Nº 1 Datos técnicos para los LEDs

TIPO	COLOR	I.LED	V.LED	V. FUENTE
Baja luminosidad	Rojo	15mA	1,7V	5V
Estándar	Rojo Brillante	20mA	2,2V	5V
Muy Luminoso	Rojo	30mA	1,85V	5V
Estándar	Verde	20mA	2, V	5V
Alta Intensidad	Azul	30mA	4,5V	5V
Estándar	Amarillo	20mA	2,2V	5V

Los diodos led presentan muchas ventajas como: bajo consumo de energía, un mayor tiempo de vida útil, de tamaño reducido, lo cual los hace que sean apropiados para implementar en los módulos.

2.3.2 Barra de Leds

Para un uso más compacto se pueden utilizar barras que agrupan una cantidad determinada de diodos leds que puede ser en serie o paralelo, a los cuales se les puede dar varios tipos de usos según necesidad e ingenio de la persona que lo usa.

2.3.3 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación está constituida por un transformador reductor de voltaje y un rectificador de onda completa. La rectificación de voltaje y corriente de C.A., se realizan por medios de diodos. En la figura siguiente se observa un rectificador de onda completa con puente de diodos de uso común.

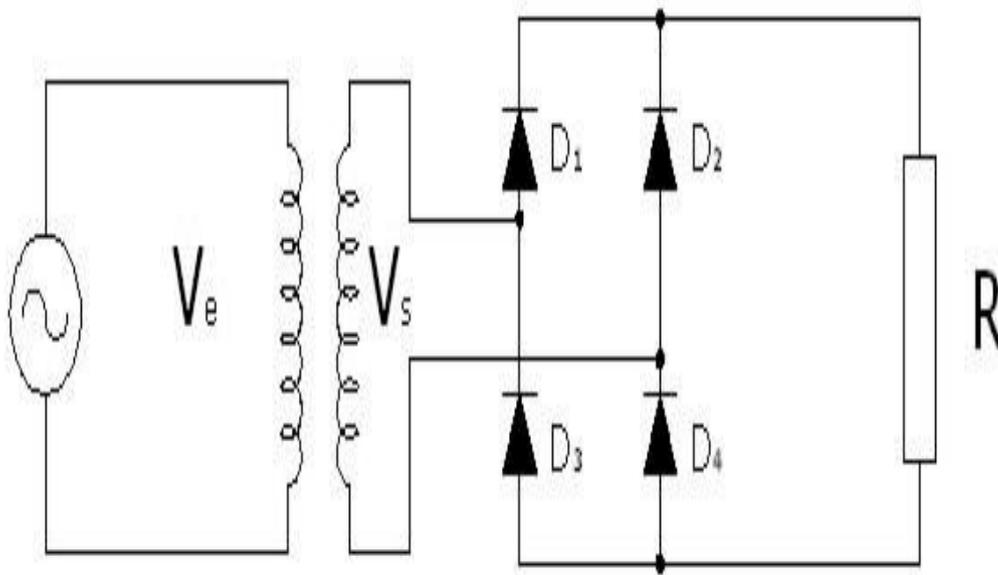


FIGURA N°. 4 Circuito equivalente del rectificador de onda completa.
Fuente: (Floyd, 2008)

Hart, (2002), afirma que, en un circuito, los diodos D_1 y D_4 conducen el semiciclo positivo de la entrada A.C., y los diodos D_2 y D_3 , durante el semiciclo negativo. El voltaje de salida de salida en los terminales del puente de diodos es rectificado como se muestra a continuación (pag.39).

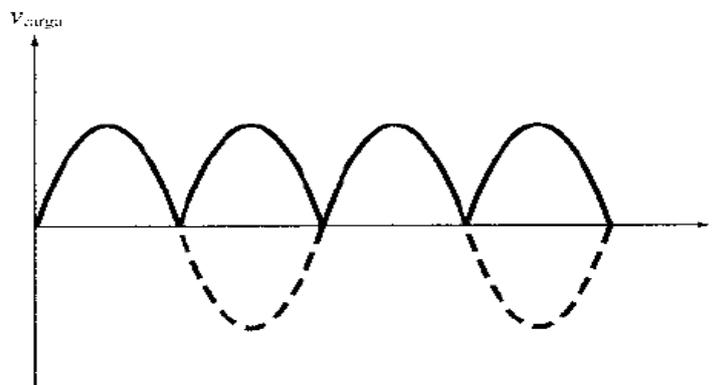


FIGURA N°. 5 Voltaje de salida del circuito rectificador.
Fuente: (Malvino, 2007)

Para mejorar el factor de rizado se debe conectar condensadores en paralelo al puente de diodos, estos deben tener valor de acuerdo a los parámetros y requerimientos técnicos.

2.3.4 Opto acoplador

Sánchez, (2014), afirma que, “el optoacoplador es un dispositivo electrónico cuya función es el envío y recepción de una señal de un circuito específico a otro sin tener conexión eléctrica. Su estructura es la composición de un dispositivo semiconductor llamado foto emisor y otro llamado foto receptor y entre ambos existe una vía por donde circula la luz, cuando incide un fotón con suficiente energía en la zona constituida entre el colector y la base, esta se energiza, permitiendo el paso de voltaje. Los foto emisores son diodos que emiten rayos infrarrojos IRED y los foto receptores pueden ser opto tiristores u opto transistores”(pag 361).

Al encapsular un emisor y un detector óptico, la reacción óptica siempre está establecida y esto hace que la naturaleza de uso sea totalmente electrónica. Esto elimina la necesidad de tener conocimientos de óptica para el usuario.

- **Fototransistor:** Compuesto por un diodo emisor y en la salida tiene un transistor BJT, como lo muestra la figura siguiente.

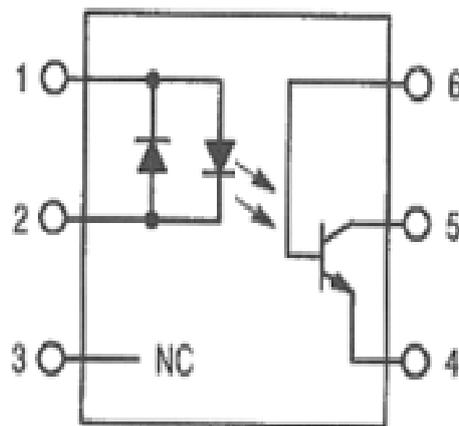


FIGURA N°. 6 Fototransistor.
Fuente: (Sanchez, 2014)

- **Foto triac:** Está compuesto por un diodo IRED y en la salida tiene un optotriac.

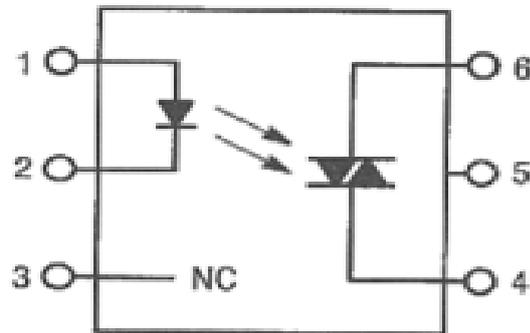


FIGURA Nº. 7 Fototriac.
Fuente: (Garcia, 2008)

Un parámetro muy importante en un optoacoplador es la eficiencia, este parámetro define qué cantidad de corriente se necesita en el LED para obtener la salida deseada. En el transistor esto se le llama radio de transferencia de corriente CTR, esto es simplemente dividiendo la corriente de salida entre la corriente de entrada requerida.

Otro parámetro importante a considerar en los optoacopladores, es el voltaje de aislamiento el cual puede soportar un voltaje alto en periodos de tiempo muy cortos.

2.4 Dispositivos eléctricos y electrónicos para el circuito de Temperatura

Los sistemas de control de temperatura son muy variados. A continuación se describen de manera general.

2.4.1 Actuadores de temperatura

En la industria se utilizan mucho actuadores, entre los principales están:

2.4.1.1 Quemadores

Es un dispositivo para quemar combustible líquido, gaseoso o ambos para producir calor generalmente mediante una llama, habitualmente va asociado a una

caldera o un generador para calentar agua o aire, pero también se usa en procesos industriales para calentar cualquier sustancia.

2.4.1.2 Niquelina eléctrica

Es una aleación de cobre y níquel, que tiene un alto coeficiente de temperatura y resistencia eléctrica. Al circular una corriente eléctrica por este material se genera mucho calor debido al efecto Joule.

2.4.1.3 Bombillas eléctricas

Son lámparas eléctricas que al encenderse producen mucho calor por el efecto Joule. También son conocidas como lámparas térmicas, las cuales se usan en lugares donde se requiere un calentamiento localizado rápido, como son los interiores de casas y sitios de trabajo. (Osram, 2014)

2.4.2 Sensores de temperatura

Son elementos que a través de las propiedades de ciertos materiales transforman las variaciones de temperatura en variaciones de eléctricas de pequeña magnitud, entre los más comunes están:

2.4.2.1 Termo resistencia RTD

El sensor RTD se caracteriza por su precisión y por su estabilidad y usualmente es utilizado para medir temperaturas de 0° a 450 °C el cual al ser expuesto al cambio de temperatura, cambia su resistencia eléctrica debido a que es proporcional con la temperatura, propiedad que es muy común en algunos metales; el más utilizado es platino debido a que representa una estabilidad y una alta resistividad con respecto a los otros metales.

2.4.2.2 Termopar o termocupla

Es un transductor que consiste en la unión de dos metales diferentes, el cual al ser sometido a una variación de temperatura genera una diferencia de potencial eléctrico en sus terminales, debido a un efecto termoeléctrico. (García, 2008).

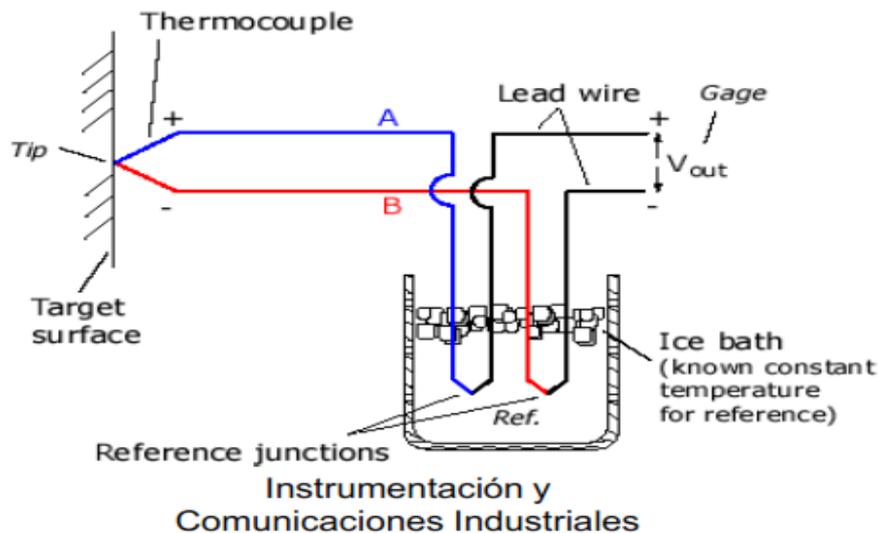


FIGURA N°. 8 Esquema de termocupla
Fuente: (Vignoni, 2003)

Una diferencia entre los demás sensores de temperatura y la termocupla es la necesidad que tiene de una referencia para hacer mediciones absolutas con ella, es decir que necesita de un acondicionamiento para adquirir la señal de temperatura.

2.4.2.3 Circuitos integrados

Consisten en una gama amplia de dispositivos electrónicos, capaces de generar voltaje o corriente en sus terminales, al ser expuestos a una variación de temperatura, siempre y cuando estén conectados a una fuente de voltaje. Estos sensores representan una gran ventaja debido a su fácil interface y el cual presenta una salida lineal y proporcional a la temperatura. El más común es el LM35. (Texas Instruments, 2014)

El sensor LM35 es un dispositivo electrónico el cual no necesita de ningún acondicionamiento para adquirir la señal, debido a que es un dispositivo lineal que entrega valores exactos de temperatura.

2.5 Sensores de velocidad

Son dispositivos empleados para medir la velocidad de giro de un motor y transformarla en una señal eléctrica proporcional a esta velocidad. Entre los más utilizados se tiene a los tacómetros, sensores de velocidad angular y codificadores

2.5.1 Tacómetro o tacogenerador

Es un sensor electromagnético que consta de una rueda dentada de material ferromagnético y una bobina enrollada en un imán permanente. La rueda se mueve cerca del polo de la bobina, produciendo que el flujo de la bobina cambie con el tiempo, lo cual induce una fuerza electromotriz en la bobina.



FIGURA N°. 9 Tacogenerador
FUENTE: (Weg, 2002)

2.5.2 Sensores de velocidad angular

Están constituidos por un volante que rota suficientemente rápido alrededor de un eje estando las masas distribuidas, con el objeto de que al momento de la inercia el eje de rotación sea alto.

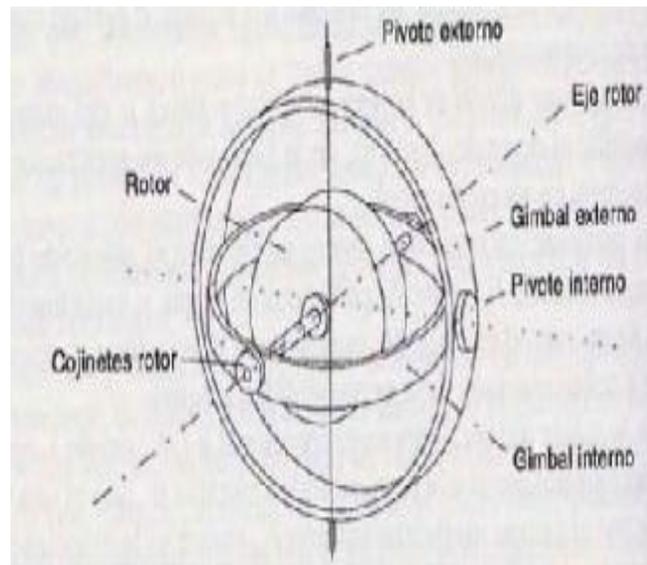


FIGURA Nº. 10 Sensor de velocidad angular
FUENTE: (Garcia, 2008)

2.5.3 Encoders

Constituyen uno de los elementos principales entre los instrumentos de control. Están constituidos por un codificador de posición angular con un acoplamiento mecánico que permite realizar el monitoreo de desplazamiento tanto angular como lineal.



FIGURA Nº. 11 Encoder
Fuente: (Carletti, 2013)

2.5.4 Características generales de los sensores

Un transductor es aquel en que la relación entre la magnitud de entrada y la magnitud de la salida es proporcional y de respuesta instantánea, para los elementos de un mismo tipo estas características describen la actuación del sensor en régimen permanente o con cambios muy lentos de la variable que se desea medir, con esto se determina las siguientes características.

- **Rango de medida:** Es el conjunto de valores que pueden tomar la señal de entrada, comprendidos entre un máximo y un mínimo analizados por un sensor con una tolerancia de error confiable.
- **Precisión:** Define la variación máxima entre la salida real y la salida teórica dada como patrón para el sensor.

2.6 Control de velocidad de motor DC

Sin duda alguna los motores son de mucha utilidad en la todas las industrias, debido a que permiten un amplio rango de velocidad, por este motivo los módulos didácticos deben contener de un sistema que permita emular las técnicas de control.

2.6.1 Motores de DC

El motor de corriente continua es una de las máquinas más antiguas, capaz de convertir la energía eléctrica, proveniente de una fuente de corriente directa, en energía mecánica rotacional.

A continuación se describen los principales tipos motores.

2.6.2 Motores con estator bobinado.

Existen en varias configuraciones

- **Tipo serie:** tienen el bobinado del estator y el bobinado del rotor conectado en configuración serie capaz de producir un torque alto.
- **Tipo paralelo:** tiene el bobinado del estator y el bobinado del rotor conectado eléctricamente en paralelo.
- **Tipo compuesto:** consiste en la unión de las configuraciones serie y paralelo.

2.6.3 Motores de imán permanente

Son motores de alto rendimiento en comparación con los motores sincrónicos de tipo excitado y predominan en aplicaciones de potencia fraccionaria. Son motores de poco peso, más compactos y eficaces comparados con otros motores de continua. (Viloria, 2005)

2.6.4 Motores sin escobillas

Consiste un tipo de motor diseñado para conmutar el voltaje aplicado a sus bobinas, sin peligro de tener un desgaste mecánico; para lo cual necesitan de controles de tipo digital y además requieren de sensores de posición. Generalmente tienen baja potencia pero alta velocidad, una aplicación muy común es en ventiladores de equipos electrónicos. (Viloria, 2005).

2.7 Motor paso a paso

El posicionamiento es fundamental en muchas aplicaciones industriales por lo que se ha considerado que los módulos didácticos dispongan de elementos necesarios para implementar un sistema de posicionamiento angular basado en un motor paso a paso.

2.7.1 Funcionamiento motor paso a paso

Son motores especiales que se utilizan cuando el movimiento y la posición se tienen que controlar con precisión. Estos motores giran en pasos discretos, y cada paso corresponde a un pulso que es suministrado a uno de sus devanados de estator. Dependiendo de su diseño, un motor puede avanzar 90°, 45°, 18° o incluso una fracción de grado por pulso. Variando la velocidad de los pulsos se puede hacer que

el motor avance muy lentamente, un paso a la vez, o que gire gradualmente a velocidades tan altas como 4000 r/min. (Reyes, 2013)

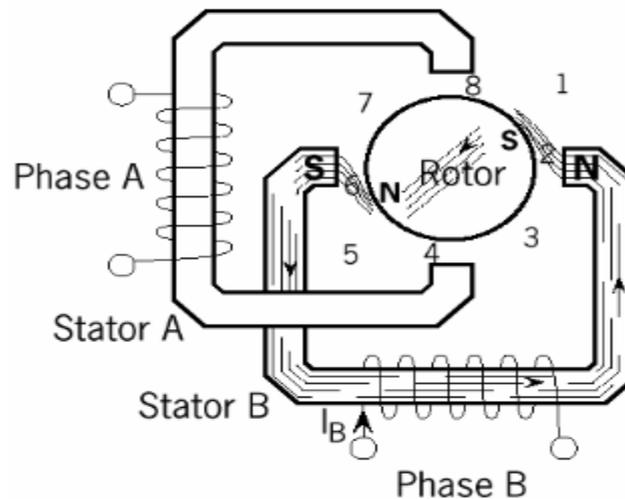


FIGURA N°. 12 Principio de funcionamiento
Fuente: (Viloria, 2005)

El comportamiento de un motor de pasos depende en gran medida de la fuente de potencia que lo impulsa. La fuente de potencia genera pulsos, los que a su vez casi siempre son iniciados por un microprocesador, en consecuencia, el número neto de pasos se conoce con exactitud en todo momento. Esto permite que el motor se utilice como dispositivo de posicionamiento preciso en máquinas herramientas trazadores X-Y, válvulas e impresoras. (; Wildi, 2007)

Existen dos tipos de motores paso a paso:

2.7.2 Bipolar

Generalmente tiene cuatro cables de salida y se necesitan de ciertos acondicionamientos para poder ser controlados, debido a que requieren de cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas, en la secuencia apropiada para realizar un movimiento, para realizar en control se lo puede realizar mediante un puente H, es necesario un H Bridge por cada bobina del motor, es decir para controlar un motor paso a paso de 4 cables, se necesita dos puente H iguales.

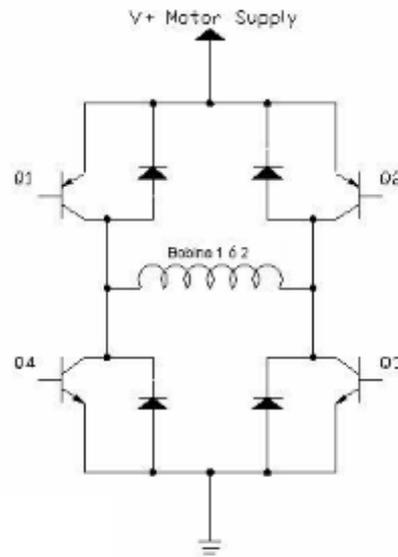


FIGURA Nº. 13 Puente H para el motor paso a paso
Fuente: (Viloria, 2005)

2.7.3 Unipolar

Estos motores suelen tener 5 o 6 cables de salida dependiendo de su conexión interna, este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar con micro controlador, este tipo de motor es el que se utiliza para realizar el control mediante un driver que permita el control del motor paso a paso.

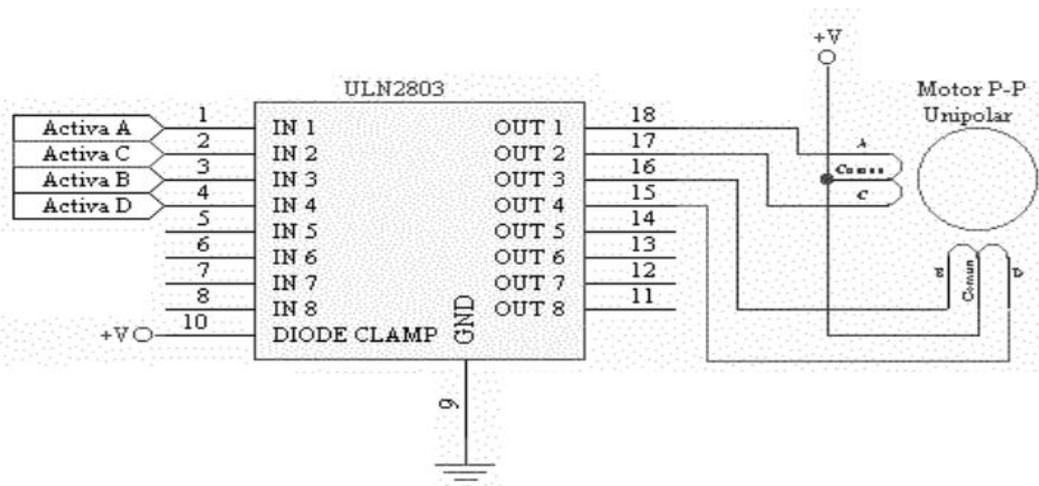


FIGURA Nº. 14 Motor paso a paso unipolar
Fuente: (Viloria, 2005)

2.8 Accionamiento de propósito general

Los accionamientos de los equipos industriales pueden clasificarse en:

2.8.2 Accionamientos Eléctricos

Es un conjunto de elementos mecánicos, eléctricos para potencia y electrónicos para control, interconectados adecuadamente y alimentado desde un sistema eléctrico de potencia con el fin de obtener una respuesta mecánica controlada tanto en sus parámetros cinemáticos y dinámicos. (Eléctrica, 2012)

2.8.3 Accionamientos Neumáticos

Son los encargados de provocar el movimiento de un elemento posicionador, mediante una señal de control, sea de tipo eléctrico o mecánico. Ejemplos típicos son las válvulas de control que permiten abrir o cerrar el paso de un fluido según sea necesario mediante una señal de mando eléctrica.

2.8.4 Accionamientos Hidráulicos

Tecnología que utiliza líquido a presión, generalmente aceite, en el que se almacena energía para producir movimiento.

2.9 Indicadores

Un indicador es instrumento que sirve para mostrar o indicar algo, por ejemplo: la aguja en un reloj o en un cuadro de mandos. Los indicadores son de mucha importancia en todos los sistemas de control, motivo por el cual no deben estar ausentes de los módulos didácticos.

2.10 Controladores

Es el elemento que actúa de manera que la variable controlada siga las variaciones de la señal de entrada con la misma rapidez, exactitud y el mínimo de oscilaciones posibles.

2.10.1 Controlador Lógico Programable – PLC

Los PLC son dispositivos capaces de realizar operaciones matemáticas y controlar y regular procesos industriales. Como temperatura, presión, velocidades de flujo, controles de motores. Algunos PLCs pueden manejar más de 3000 entradas y salidas.

El término lenguaje de programación se refiere a la lista de símbolos utilizados y a la forma en que se tienen que configurar para programar el PLC. Los tres lenguajes principales son el diagrama escalera, el lógico booleano y el diagrama de flujo secuencial. (Maloney, 2009)

2.10.2 Microcontroladores

Un sistema micro procesado basa su diseño sobre un microprocesador conectado generalmente mediante un zócalo específico de la placa base de un circuito electrónico complejo. El microprocesador se encarga de ejecutar instrucciones previamente programadas que normalmente son programadas en lenguaje de bajo nivel y realiza operaciones aritméticas y lógicas simples.

2.10.3 Adquisición de datos

La adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en tomar muestras de un sistema analógico para generar datos que puedan ser manipulados por un sistema electrónico, esto se fundamenta en tomar un conjunto de señales físicas y convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar, el elemento que hace la transformación es un módulo digitalizador o tarjeta de adquisición de datos.

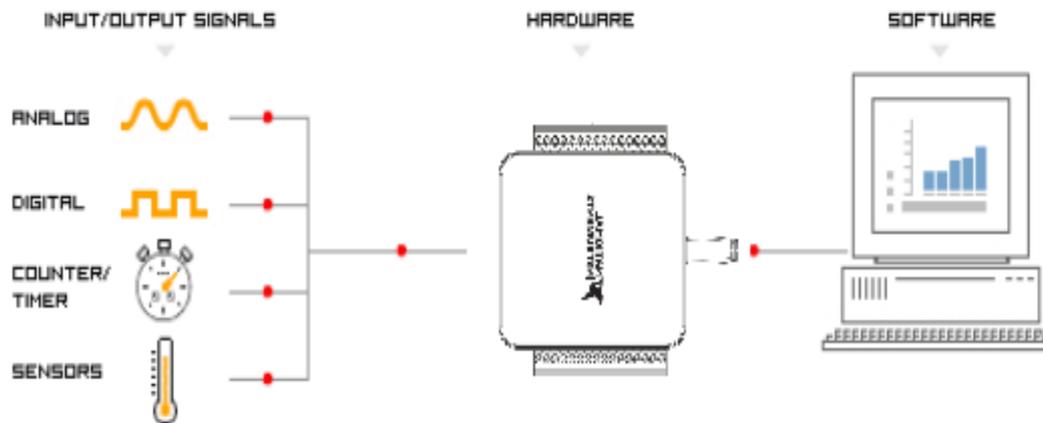


FIGURA N°. 15 Adquisición de datos

El propósito de la adquisición de datos es medir un fenómeno eléctrico y físico como voltaje, corriente, temperatura.

2.10.4 Tarjetas de Adquisición de datos DAQ

Una DAQ está compuesta de dispositivos electrónicos capaces de captar señales eléctricas de tipo digital o analógico proveniente de sensores o transductores y enviarlos a un computador para realizar el monitoreo o análisis de los datos adquiridos. Al ser comparados otros dispositivos de medición, las DAQs permiten optimizar el procesamiento, análisis y conectividad de los computadores sencillos e incorporarlos en procesos industriales que requieren de equipos robustos, flexibles y rentables.

La tarjeta de adquisición de datos DAQ USB 6001, posee salidas y entradas analógicas como digitales, por lo que se debe considerar las dos señales.

2.10.5 Comunicación USB

La tecnología USB se basa en una arquitectura de tipo serial, con una interfaz de entrada mucho más rápida que los puertos seriales estándar, y están diseñados para trabajar en 4 hilos, de los cuales dos son de alimentación y dos de datos.

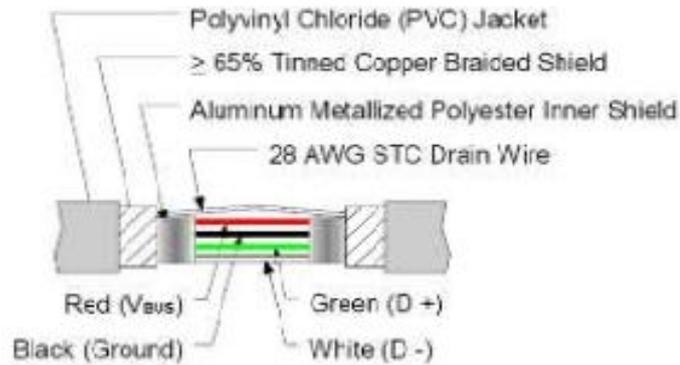


FIGURA Nº. 16 Diseño de cable USB

Fuente: (Donald, 2010)

La distancia mínima que puede existir entre el PC y la DAQ es de 5m, si se supera esta distancia puede haber errores en la adquisición de datos. La USB se transmite en un cable trenzado con una impedancia de 90Ω , los niveles de transmisión de la señal de 0 a 0,3V.

2.10.6 Señales analógicas

La magnitud de una señal analógica puede adoptar cualquier valor dentro de ciertos límites, y variar continuamente en el tiempo.

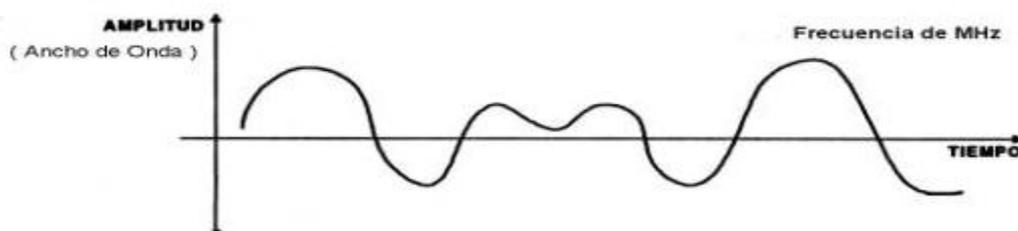


FIGURA Nº. 17 Señal analógica

Fuente: (Donald, 2010)

Digitalización de señales analógicas

Es necesario convertir las señales de tipo analógicas a una que pueda ser leída por el sistema de adquisición de datos. La conversión de una señal eléctrica a una señal digital se la realiza mediante un conversor analógico digital ADC, que en sus siglas en ingles quiere decir Analog to Digital Converter.



FIGURA N°. 18 Conversor ADC
Fuente: (Mohan, 2010)

El conversor ADC tiene como características, rangos de entradas, resolución y la velocidad de muestreo y características secundarias como el número de canales, tipo de bus de comunicación, especificaciones eléctricas y electrónicas, para este caso el conversor ADC está en los rangos de voltaje de $-10V$ a $+10V$ estos son voltajes que posee la DAQ USB 6001.

2.10.7 Resolución del ADC

Es la cantidad de bits que se utiliza para la digitalización y de determinar el valor mínimo de variación de voltaje que el digitalizador puede detectar.

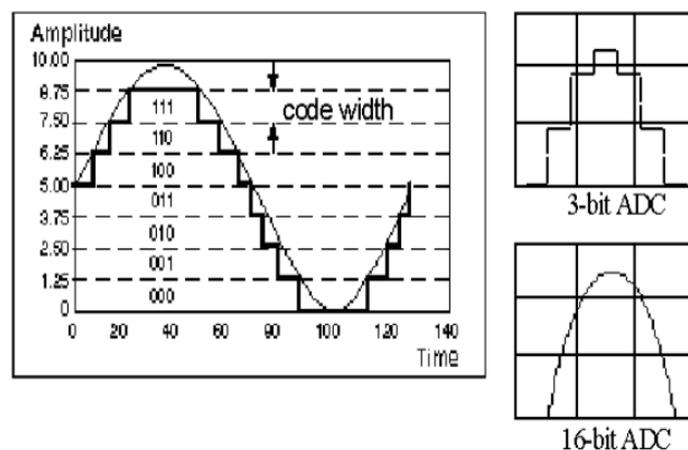


FIGURA N°. 19 Resolución del ADC
Fuente: (Mohan, 2010)

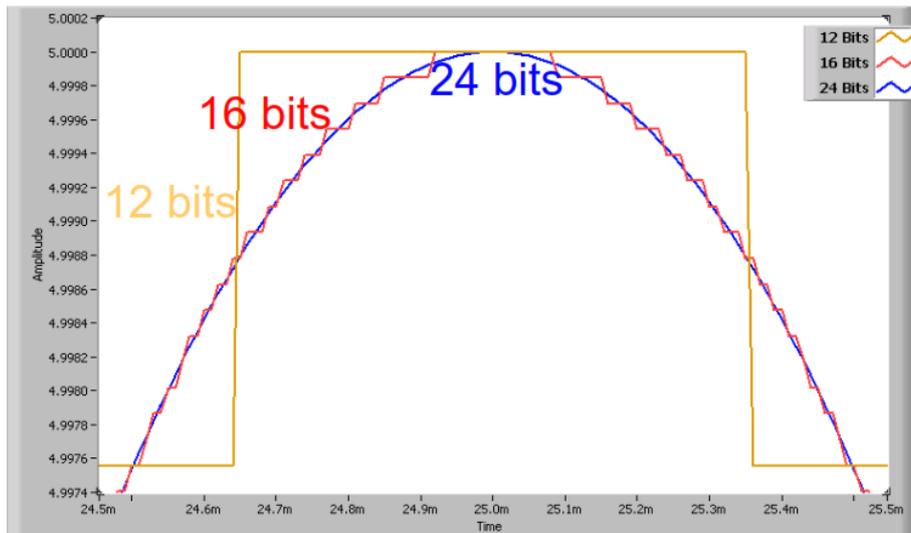


FIGURA Nº. 20 Efecto de la resolución
Fuente: (Mohan, 2010)

2.10.8 Señales digitales

Una señal digital es aquella que tiene dos niveles, alto y bajo. Los circuitos electrónicos que procesan señales digitales se llaman circuitos de señal digital.

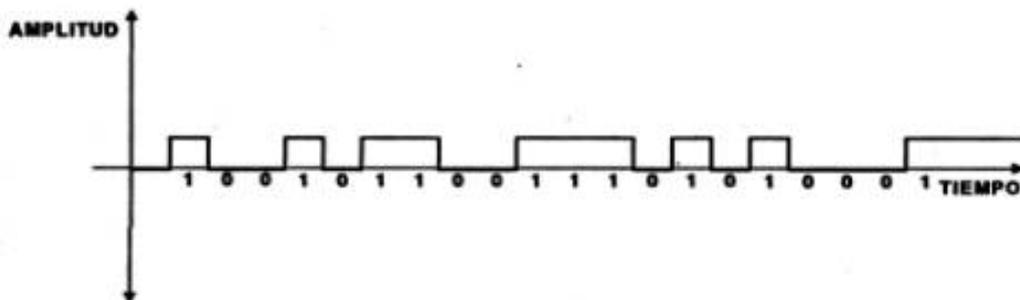


FIGURA Nº. 21 Señal digital
Fuente: (Donald, 2010)

La adquisición de datos se realiza mediante una DAQ 6001, en el cual se tiene entradas y salidas, analógicas como digitales, por tal motivo es muy importante conocer la diferencia de las señales para la adquisición de datos en los diferentes dispositivos electrónicos implementados en los módulos didácticos.

2.10.9 Contadores

El contador es un chip que está dentro de la DAQ que registra cambios en una señal digital y las almacena internamente.

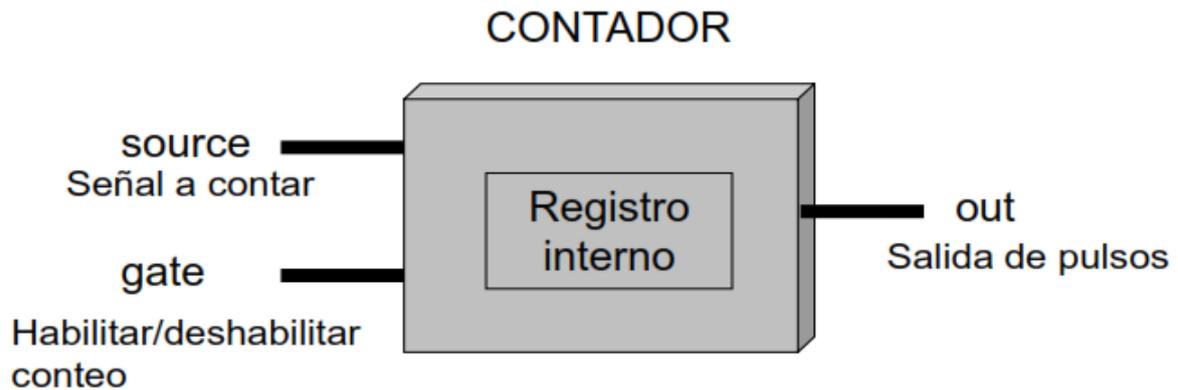


FIGURA N°. 22 contador de pulsos
Fuente: (Mohan, 2010)

2.11 Software de programación

Varias plataformas computacionales permiten realizar programas de control en el computador, entre ellos están:

2.11.1 Lenguaje Basic

Es un conjunto de instrucciones de propósito general para principiantes, es una familia de lenguajes de programación de alto nivel. Estados Unidos, como un medio para facilitar la programación en ordenadores a estudiantes (y profesores) que no fueran de ciencias. De aquella, casi todo el uso de los ordenadores requería codificar software hecho a medida, con lo cual quedaba restringida a personas con formación como científicos y matemáticos. (Cogdell, 2002)

2.11.2 Lenguaje C

Es un lenguaje de programación originalmente desarrollado por Laboratorios Bell, como evolución del anterior lenguaje B. Al igual que B, es un lenguaje orientado a la implementación de Sistemas Operativos, concretamente Unix. C es apreciado por la eficiencia del código que produce y es el lenguaje de programación más popular

para crear software de sistemas, aunque también se utiliza para crear aplicaciones. (Cogdell, 2002)

2.11.3 Lenguaje Leader

Es una representación de los tradicionales esquemas de contactos utilizados en el diseño de control electromecánico, muy común en los controladores lógicos programables. Es uno de los más utilizados debido a que es muy intuitivo para todo técnico eléctrico, por lo que puede ser fácilmente implementado, desarrollado y corregido.

2.11.4 Lenguaje G

Es un lenguaje de programación muy utilizado en el control numérico, que permite un sin número de formas de implementación de una lógica de control. Se utiliza generalmente en automatización, ya que se incorpora fácilmente a las técnicas de asistencia por computador. (Acha, 2012)

De manera sencilla, este tipo de lenguaje permite que la persona que programa pueda controlar máquinas herramientas desde una computadora, la cual le indica la actividad que debe realizar y la manera en cómo debe ejecutarla, mediante el uso de instrucciones las cuales definen a donde moverse, la velocidad que debe tener y la trayectoria que debe seguir. Un ejemplo común son las cortadoras, fresadoras, torno e impresoras 3D.

2.12 Glosario de términos

Acoplamiento magnético: Influencia mutua entre 2 inductores o más que causa que aparezca un campo magnético en una bobina cuando circula corriente por otra

Amperio: Unidad de medición de la corriente eléctrica (A)

Bobina: Elemento que reacciona contra los cambios en la corriente a través de él, generando una tensión que se opone a la tensión aplicada y es proporcional al cambio de la corriente.

Bit: Binary digit. Dígito binario. Unidad mínima de información. Puede ser un "1" (alto) o un "0" (bajo). La unión de 8 bits hace un byte.

Capacitor: Elemento que tiene por finalidad mantener la alta ganancia en c.a. y la ganancia en c.c. es reducida con ayuda de una resistencia de realimentación.

Control realimentado: Es el modo de controlar una variable de un sistema, planta, o proceso que consiste en medir la variable controlada del mismo, y en función de la desviación

DAC (D / A): Convertidor Digital – Analógico

Digital: Un sistema en que los caracteres o códigos son utilizados para representar números o cantidades físicas en forma discreta.

Planta: Es un equipo o simplemente un conjunto o subsistema de una máquina o planta térmica o química que puede ser objeto de nuestro control.

Proceso: Normalmente se orienta esta denominación a reacciones químicas u operaciones físicas industriales que pueden ser controladas.

Sistema: Es una combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen determinado objetivo.

Señal de retroalimentación: Es la medida de la variable a controlar que se compara con el valor deseado o set point.

Señal de error actuante: Es la diferencia entre las señales de entrada y de retroalimentación cuando es tomada para calcular la corrección de la variable de control.

Servosistemas o servomecanismo: Es un sistema de control retroalimentado en el que la salida es alguna variable mecánica, sea de posición, velocidad o aceleración.

Sistemas de control retroalimentado: Son aquellos que tienden a mantener una relación preestablecida entre la salida y alguna entrada de referencia, comparándolas y utilizando la diferencia entre ellas como valor a partir del cual se realiza el control.

Sistemas de regulación automática: Son aquellos sistemas retroalimentados en el que la entrada de referencia o la salida deseada son o bien constantes o bien varían lentamente en el tiempo, y donde la tarea fundamental consiste en mantener la salida en el valor deseado a pesar de las perturbaciones presentes.

Sistemas de control de procesos: Son aquellos sistemas de control automático en los que la salida es una variable de proceso.

Variable manipulada: Es la variable o condición de la planta que se modifica a fin de influir sobre la variable controlada a través de la dinámica de la planta.

Analógico: Representa de manera continua en el tiempo la evolución de una magnitud.

Ánodo: Es un electrodo en el que se produce una reacción de oxidación mediante la cual un material reduce su estado de oxidación al momento de transferir electrones.

Cátodo: Es un electrodo en el que se genera una reducción, mediante la cual un material reduce su estado de oxidación al transferirse los electrones.

Dispositivo: Mecanismo o parte de él que está dispuesto para producir una acción prevista.

Fotoreceptor: Es un mecanismo capaz de convertir la energía óptica de la luz que incide sobre una superficie censora eléctrica.

Interfaz: Dispositivo que transforma las señales generadas por un elemento en señales comprensibles por otro.

Rectificación: Es aquel que convierte la potencia de CA en potencia CD, esto se lo realiza mediante diodos rectificadores de estado sólido.

Dato: Atributo o característica de un valor, se puede utilizar en una relación de cálculos o toma de decisiones.

Adquisición: Conjunto de variables físicas, conversión de voltaje y digitalización de forma que se puedan procesar en un ordenador.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1 Tipo de Investigación

La documentación que se realizó de acuerdo a los objetivos que se planean en el trabajo de investigación, es por esto que se utilizó la investigación bibliográfica o documental y la investigación de campo para respaldar el proyecto.

En el presente proyecto se investigó los diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos utilizados en la implementación de los módulos didácticos, la cual se basa en el control de dispositivos como sensores, motor dc, motor PAP, pulsador y relé, para las materias de instrumentación y control automático, para el laboratorio virtual de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico y se fundamenta en que la investigación se generalizo de acuerdo al propósito a conseguir.

3.1.1 Investigación bibliográfica y documental.

La investigación bibliográfica permite sustentar el proyecto desde el punto de vista teórico y Práctico, debido a que se investigó en libros, revistas, manuales, catálogos, folletos y páginas de Internet; de tal forma que ayudaran a tener una idea sobre la construcción de los módulos usando LabVIEW y los beneficios que surgen al momento de su ejecución de estos módulos.

3.1.2 Investigación de campo.

La investigación de campo es una actividad humana orientada a la obtención de nuevos conocimientos y su aplicación para la solución a problemas existentes y así brindar una pronta solución. Por lo cual se realizó un análisis acerca del poco conocimiento y manejo del programa LabVIEW.

3.1.3 Investigación tecnológica

La investigación tecnológica se aplicó con el fin de buscar nuevos métodos y procesos, con mejores resultados. Esto con una visión más práctica al mostrar nuevos tipos de sistemas, instrumentos, equipos entre otros.

3.2 Métodos

3.2.1 Método Inductivo deductivo

Este método menciona verdades y hechos comprobados, con este proceso de conocimiento que se inicia con la observación de fenómenos generales, con el propósito de señalar las verdaderas particularidades contenidas en la situación general; el proyecto se enfocó en determinar los beneficios que se tiene al implementar los módulos didácticos.

El método antes mencionado va de lo general a lo particular y algo que tenemos que tomar muy en cuenta es que este método se basa en datos teóricos y reales, mas no en datos empíricos.

3.2.2 Método analítico sintético.

Es aquél que distingue las partes para observar su naturaleza u origen, y procede a la revisión ordenada de cada uno de sus elementos por separado. Consiste en reunir los diversos elementos que se habían analizado anteriormente, este método permite investigar de una forma individual cada uno de los elementos que formarán la construcción de los módulos, y de esta manera hacer una correlación de datos para obtener conclusiones detalladas del hecho investigado.

3.3 Técnicas e instrumentos.

Existen diversas técnicas e instrumentos de investigación, pero en este proyecto sólo se utilizó la técnica de construcción, la cual consiste en acoplar todos los instrumentos que posee los módulos y analizar las situaciones, hechos, casos, acciones y objetos con el fin de obtener información explícita para la investigación, para ello se realizó con el Software LABview, en el cual permitió realizar la programación de las diferentes prácticas como, el control de temperatura, control de velocidad, control motor PAP, accionamiento de un relé y un pulsador.

Para el diseño e impresión de los circuitos en la PCB, se utilizó el Software Altium Designer, el cual permitió diseñar de manera ordenada cada elemento que está ubicado en los módulos didácticos.

CAPITULO IV

4. Desarrollo de la Propuesta Tecnológica

4.1 Título de la propuesta

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA EL LABORATORIO VIRTUAL DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO”.

4.2 Introducción

Existe una gran variedad de entornos de desarrollo utilizados en la enseñanza de los sistemas de control. El problema radica en encontrar un sistema que se adapte de buena manera con el programa de estudios teórico - práctico de las materias de Instrumentación y Control Automático de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte.

Los requerimientos para los profesionales en ciencias técnicas son cada vez más exigentes, debido al desarrollo vertiginoso de la ciencia y tecnología. Por tal motivo es necesario orientar la enseñanza desde nuevas perspectivas que faciliten el aprendizaje y el manejo de sistemas de control, que puedan adaptarse en forma rápida a los avances tecnológicos y permitan impartir conocimiento en forma escalonada y segura.

Se plantea que los módulos didácticos para la enseñanza de la técnica se adaptan con los requerimientos para el aprendizaje en el tema de sistemas de control. Motivo por el cual su diseño es imperativo para seleccionar con mucho cuidado sus elementos, para que cumplan con los objetivos en cada práctica.

Es importante que en su conjunto mantenga la sencillez necesaria para entender con facilidad las conexiones de los diversos elementos, de tal forma que impacte

de manera beneficiosa a los estudiantes, para que puedan captar el funcionamiento de circuitos pequeños hasta los más complejos.

La satisfacción de realizar un circuito para prácticas, utilizando elementos electrónicos e ingresando instrucciones para controlar los diferentes dispositivos acoplados en los módulos, hace que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico se sientan atraídos por el estudio de controladores. Esto es totalmente positivo y estimulante, una vez que el estudiante se va adentrando en el estudio crece su interés por nuevos temas incentivando así a la investigación.

4.3 Propósito

Implementar módulos didácticos en base a un conjunto de elementos sencillos que representen casos típicos de sistemas industriales para el laboratorio de Instrumentación Industrial y Control Automático en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico en base a una tarjeta de adquisición de datos DAQ USB 6001 y diseñar un manual del uso y prácticas que se pueden elaborar en estos módulos.

4.4 Acciones para implementar a los módulos didácticos

Se requiere complementar de cuatro módulos didácticos para el laboratorio de Instrumentación Industrial y Control Automático, los cuales sirvan como plantas de entrenamiento de control, para que los estudiantes puedan desarrollar prácticas de investigación de las diversas aplicaciones didácticas e industriales más comunes como son; control de velocidad de motores, sistemas de temperatura, control de posicionamiento angular, análisis y procesamiento de señales, entre otros todas estas con la utilización de controladores utilizados a nivel industrial y en este caso se eligió la tarjeta de adquisición de datos DAQ USB 6001.

4.5 Sistemática aplicada

Inicia con la selección de los elementos para las aplicaciones, la circuitería electrónica para su funcionamiento y diseño del circuito impreso mediante la utilización del programa Altium. La selección de los elementos para las aplicaciones en los módulos son:

4.5.1 Diseño de circuito de Temperatura

4.5.1.1 Quemador

Por su rapidez y dirección de calor la más apropiada para los entrenadores son las lámparas halógenas. Los otros elementos pueden quemar el módulo y poner en riesgo a quien lo usa.



FIGURA N°. 23 Lámpara halógena
Fuente: (OSRAM, 2014)

4.5.1.2 Sensor de temperatura

Para los EPC el más apropiado es el LM35 por tener mejor linealidad, más rapidez y buen margen de temperatura para medir el calor generado con la lámpara halógena.

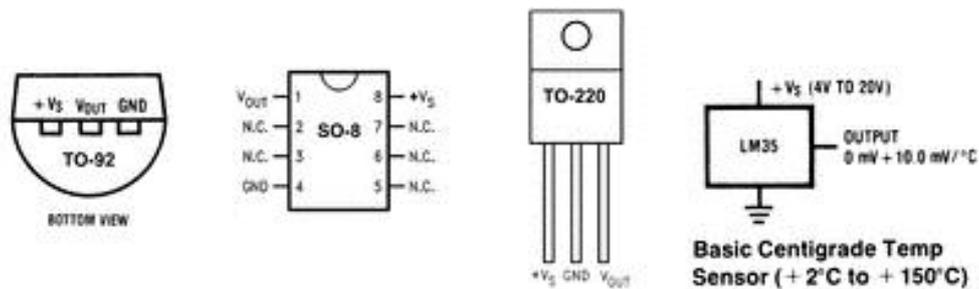


FIGURA N°. 24 Sensor integrado LM35
Fuente: (Donald, 2010)

4.5.2 Elementos para el circuito de Velocidad de un Motor DC

4.5.2.1. Motor DC

Para que los entrenadores puedan ser portables se utilizará un motor de imán permanente de baja potencia, económico y fácil de controlar, con las siguientes características:

- Voltaje de operación nominal: 5 V
- Velocidad de operación: < 15000 rpm
- Carga recomendada: 0.49 mN·m
- Rango de cargas de operación: 0.1 mN·m a 0.98 mN·m
- Corriente con carga: (@ 5 V, 0.49 mN·m): 270 mA máx.
- Resistencia terminal (@ 20 °C, posición del rotor a 2R/3): $4.4 \Omega \pm 10\%$
- Diámetro: 1.56 cm (0.614")
- Peso aproximado: 10 g



FIGURA N°. 25 Motor de DC

4.5.2.2. Sensor de velocidad

Por su diseño compacto y gran utilidad se utilizará un encoder óptico, que permita medir la velocidad del eje del motor acoplado a una rueda dentada como se muestra en la siguiente ilustración.

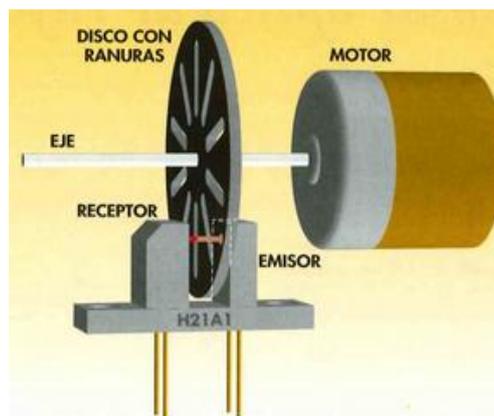


FIGURA N°. 26 Medición de velocidad
Fuente: (Ocampo, 2010)

4.5.3 Control de posición de motor Stepper

Al ser el sistema de posicionamiento un control el lazo abierto para los entrenadores se utilizará el motor de paso a paso tipo de cuatro polos con un torque de 14kg/cm, que funciona de 5 a 12 voltios. Básicamente los motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes por un cierto número de bobinas, y existen dos tipos de motores.



FIGURA N°. 27 Motor paso a paso

4.5.4 Accionamiento de propósito general

Para la implementación de un accionamiento se ha considerado un relé de 12V y 24V que permita realizar un control on/off de un actuador eléctrico. El relé está provisto de dos contactos a los cuales se accede a los terminales de la bobina, un terminal común C, un contacto normalmente abierto NO y un contacto normalmente cerrado NC, los cuales cambian de posición al momento de energizar la bobina del relé, mediante una señal digital proveniente de la tarjeta de adquisición de datos.

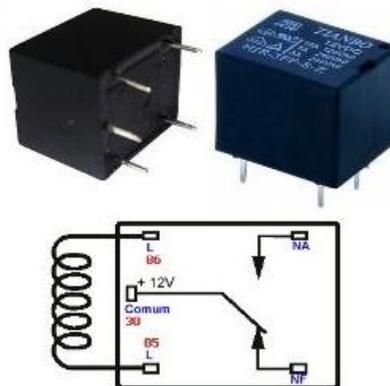


FIGURA N°. 28 Relé de propósito general
Fuente: (Ocampo, 2010)

4.5.4.1 Pulsador

Existen dos tipos de pulsadores el pull-up y el pull - down, los cuales se describen a continuación.

4.5.4.1.1 Pulsador pull-down

En este pulsador el Vout está conectado al GND a través de la resistencia, cuando se pulsa el Vout se conecta al Vcc y el pic recibe un High o un "1" lógico, en este esquema de conexión la salida da un "1" cuando se pulsa.

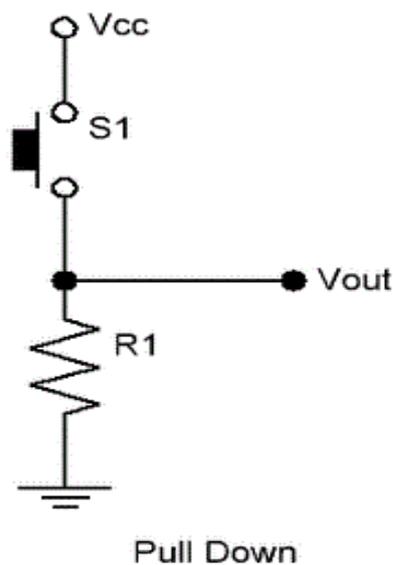


FIGURA N°. 29 Pulsador pull-down

4.5.4.1.2 Pulsador pull-up

En este caso el Vout está conectado al Vcc a través de la resistencia, cuando se pulsa el Vout se conecta GND y el pic recibe un low o "0" lógico, en la implementación de los módulos se utilizó la configuración pull-up.

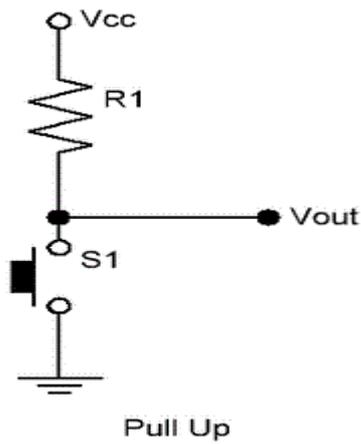


FIGURA N°. 30 pulsador pull-up

4.5.5 Controlador

La selección del controlador, está basada en el criterio técnico, utilidad y economía. Sin lugar a duda los microprocesadores son económicos pero requieren de varios circuitos electrónicos para poder realizar el control y requieren de mayor tiempo de diseño. Los PLC's son los equipos más caros y su costo depende de cada componente o módulo del plc, sumado a su dimensión se vuelve impráctico para los módulos didácticos. El recurso más adecuado es la Tarjeta de adquisición de datos que tiene un costo medio y que requiere de pocos circuitos electrónicos para realizar el control de varios procesos. (Garcia, 2012)

La tarjeta de adquisición de datos seleccionada ha sido la USB 6001, dispositivo multifunción de bajo costo que tiene 8 entradas analógicas para adquisición de señales de voltaje 0 y 10 voltios, 2 salidas analógicas para generar señales, 13 líneas digitales capaces de configurarse como entrada o salida . Es compatible con LabVIEW, LabWindows™/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET.



FIGURA N°. 31 DAQ USB 6001
Fuente: (National Instruments, 2010)

4.5.6 Software de programación

El software de mayor facilidad para programación y versatilidad es el que dispone de lenguaje gráfico G, por tal motivo se elige el LabVIEW, y que además la Universidad Técnica de Norte posee una licencia estudiantil con lo cual no existe ningún inconveniente para su uso.

4.6 Diseño de circuitos con los elementos en los módulos didácticos

4.6.1 Lámpara halógena

Debido a que la lámpara se energiza a 110Vac, se necesita implementar un circuito de potencia. Este circuito es un control de voltaje ac mediante la activación de un TRIAC, con la ayuda de un optoacoplador, para lo cual se utiliza el circuito recomendado por la National Instrumentes, detallado en la siguiente ilustración.

4.6.1.1 Calculo para implementar el circuito de potencia

Para determinar la resistencia de la lámpara utiliza la ley de Ohm:

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{110V^2}{50W} = 242 \Omega$$

La corriente RMS máxima que pase por la lámpara está dada por alfa igual a cero, es decir todo el voltaje 110V.

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} = \frac{110V}{242\Omega} = 454 \text{ mA}$$

La corriente eficaz máxima que pase por el triac será:

$$I_{triac} = \frac{I_{rms}}{\sqrt{2}} = \frac{454mA}{\sqrt{2}} = 321 \text{ mA}$$

Es complejo encontrar un triac con estos valores, el hallado en el mercado es el triac BTA 12 de 600 voltios y 12 amperios de corriente eficaz.

4.6.1.2 Calculo para el circuito de control

Debido a la diferencia de voltajes se utiliza un opto triac MOC 3020. Para la resistencia R del diodo led se calcula de la siguiente manera:

$$R = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{5V - 1.7V}{10mA} = 1000 \Omega$$

Para la resistencia R1 del diodo led del opto acoplador

$$R1 = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{5V - 2.1V}{13mA} = 223 \Omega$$

Al opto acoplador seleccionado, se recomienda aplicar un voltaje normal de 30V y una corriente de 9mA.

$$R2 = \frac{V_{opto}}{I_{opto}} = \frac{30V}{9mA} = 3.3 k\Omega$$

Para R3 se calcula del divisor de voltaje

$$V_{opto} = \frac{Vac \times R2}{R3 + R2}$$

$$30 = \frac{110 \times 3.3k}{R3 + 3.3k}$$

$$R3 = 10k\Omega$$

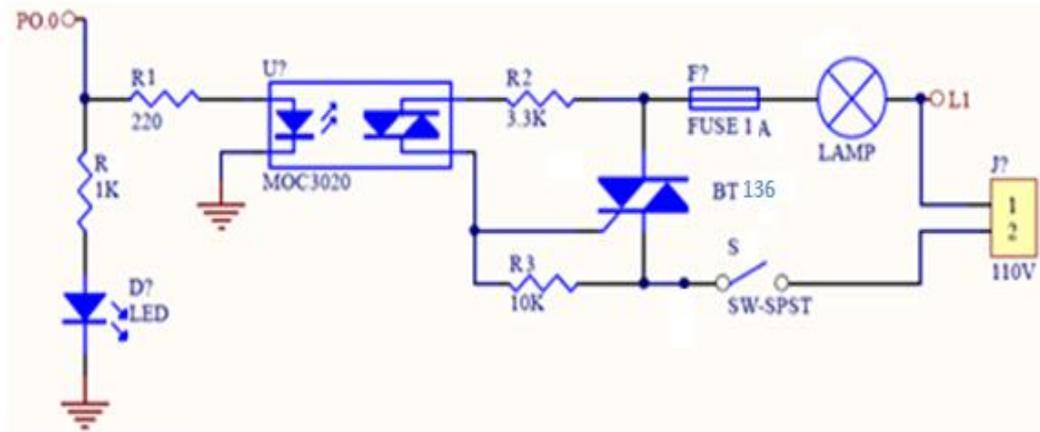


FIGURA N°. 32 Circuito de control y potencia implementado

Para proteger el circuito de potencia y la lámpara se utiliza un fusible de 1A en lado de 110V.

4.6.3 Sensor LM35

Gracias a que el voltaje de salida del sensor es alto, no es necesario implementar un circuito de acondicionamiento, razón por la cual el sensor se energiza y conecta de manera directa a una entrada analógica de la tarjeta de adquisición de datos.

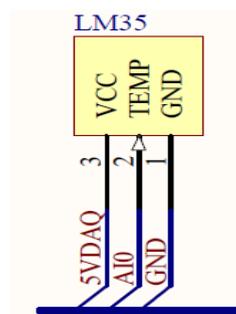


FIGURA N°. 33 Sensor de temperatura LM35
Fuente: (Cogdell, 2002)

“El cálculo del voltaje de resolución y la división del voltaje de salida para el voltaje de resolución permiten identificar los valores que tendrá la variable temperatura en el programa de control”.

$$Resolución = \frac{V_{max}}{2^n} = \frac{20V}{2^{14}} = \frac{20V}{16384} = 0.0012V$$

Tabla Nº 2 Salida de voltaje LM35

Temperatura [°C]	Voltaje de salida [V]	Valor en el programa
20	0.2	163
30	0.3	245
40	0.4	327
50	0.5	409
60	0.6	591
70	0.7	573

4.6.4 Circuito del Motor DC

Al ser un elemento de alto consumo de corriente se necesita implementar un circuito que eleve la corriente para tener una buena regulación de velocidad del motor. El circuito siguiente consta de un amplificador operacional en configuración de seguidor, U1 y U2 LM358 para asegurar el acoplamiento de impedancias y evitar caídas de voltaje, seguido de un amplificador de ganancia 1 para mantener estable el voltaje. El circuito se energiza de una salida análoga de la DAQ.

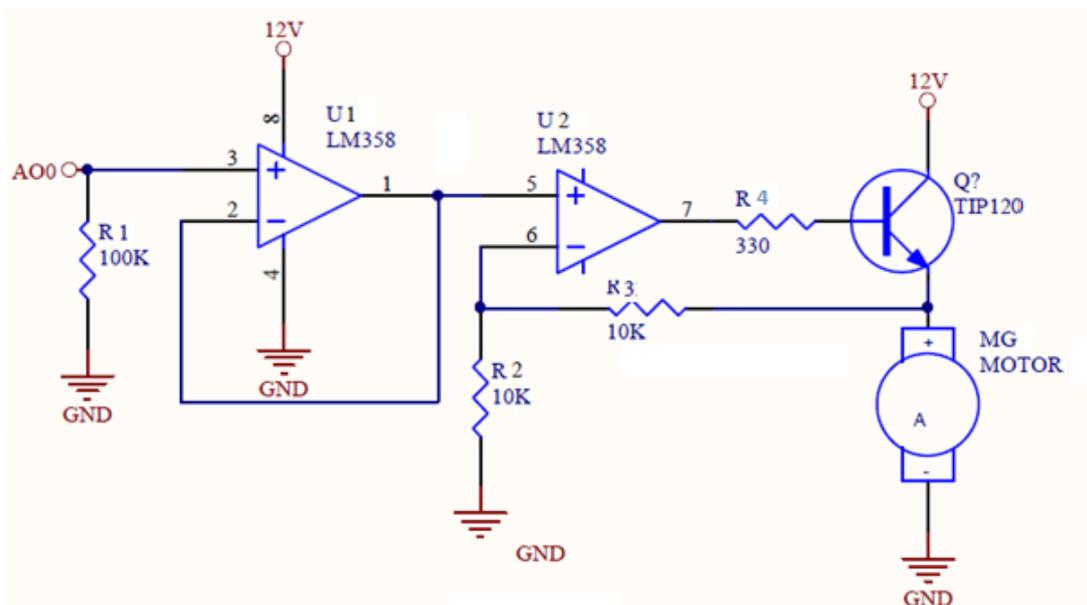


FIGURA Nº. 344 Circuito para el Motor de DC

4.6.5 Encoder

El encoder al ser un elemento opto eléctrico de tipo digital no necesita un acondicionamiento previo ya que la salida de este elemento puede conectarse directamente a una entrada digital o una entrada de tipo contador de la tarjeta de adquisición de datos..

Para la resistencia R5 del diodo led del opto transistor

$$R5 = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{5V - 2.1V}{13mA} = 223 \Omega$$

La resistencia R6 es una resistencia de protección por lo cual debe ser de un valor muy alto, lo recomendable es de 100K ohmios.

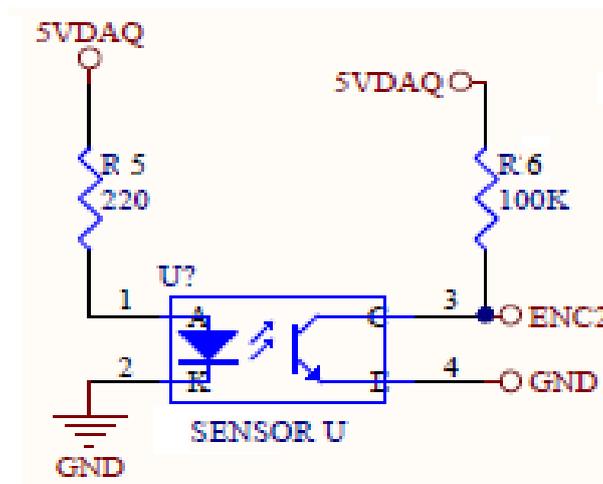


FIGURA N°. 355 Circuito de medición de velocidad

Para verificar el funcionamiento del encoder se utiliza un circuito indicador, que a su vez estabiliza la señal del sensor U para ingresarla a la DAQ, mediante el uso de un disparador de Smith Triger 74LS14. La resistencia R7 del diodo led se calcula de la siguiente manera:

$$R = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{5V - 1.7V}{10mA} = 1000 \Omega$$

La salida PFI1 se conecta de manera directa a la entrada Triger de la DAQ.

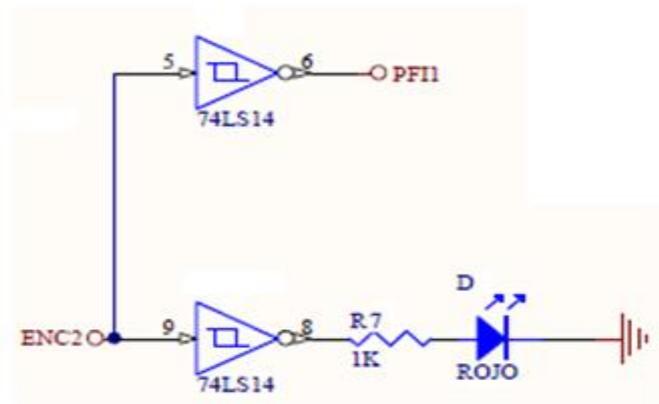


FIGURA N°. 366 Acondicionamiento de señal

4.6.6 Motor paso a paso

Para controlar el motor paso a paso se utilizó el driver ULN2803, que es un circuito donde se agrupan transistores dispuestos de tal forma que permiten activar y desactivar las bobinas del motor, M1 a M4, según la secuencia de pulsos, que se envíe desde las líneas digitales P0.1 a P0.4 de la tarjeta de adquisición de datos.

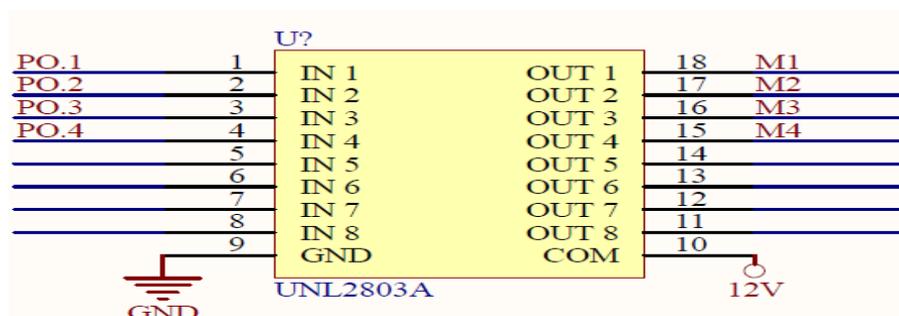


FIGURA N°. 377 Driver para motor paso a paso

Adicionalmente para comprobar el funcionamiento del Driver se disponen de 4 diodos led, tipo barra, para evidenciar que las señales que salen desde la DAQ, llegan al motor. La conexión se ilustra a continuación.

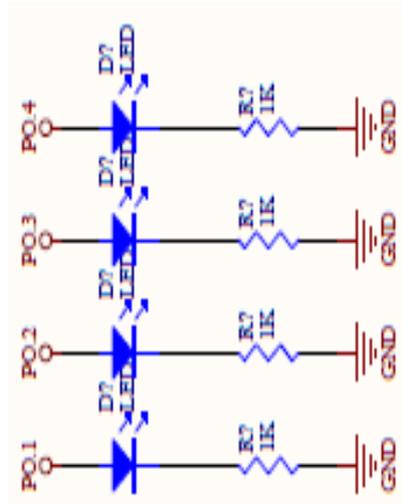


FIGURA N°. 388 Leds motor PAP

4.6.7 Relé de propósito general

El circuito utilizado para el relé es similar al que se utiliza para la activación de la lámpara. Se deja libre los terminales del relé (NC, COM, NA) para que el usuario pueda conectar cualquier tipo de actuador eléctrico, con el propósito de que experimente y se estimule la creatividad.

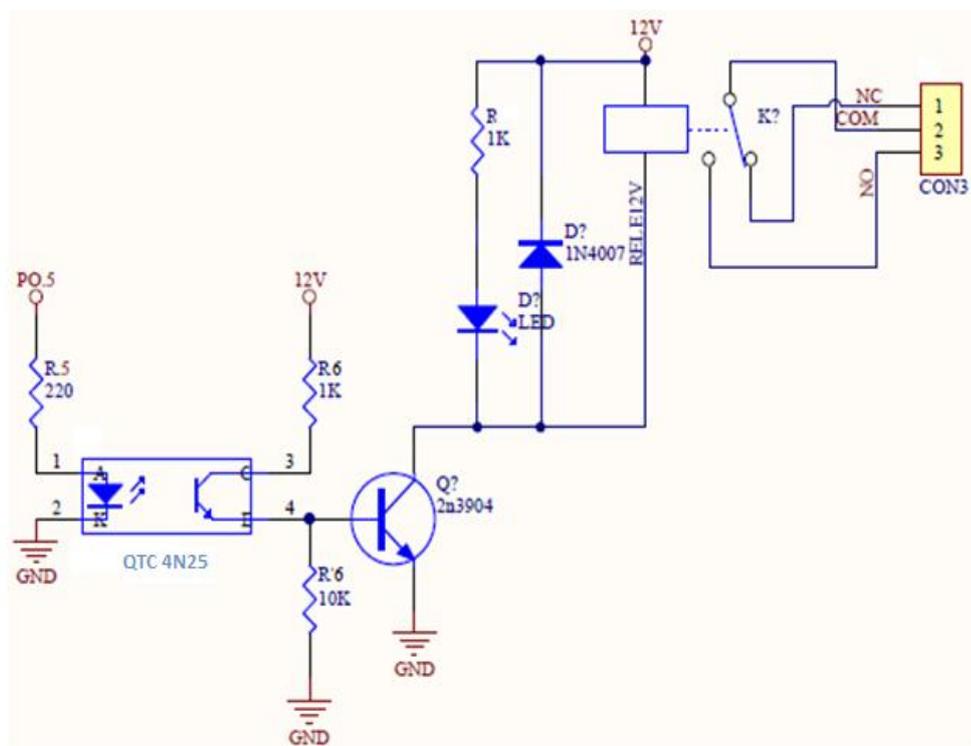


FIGURA N°. 39 Circuito para el accionamiento del relé

4.6.8 Pulsador

Con el propósito de tener un medio de seguridad se ha decidido dotar a las PEC de un pulsador que sirva como paro de emergencia para desconectar todo el módulo en caso de que existe algún inconveniente y de esta manera evitar el daño de los elementos del entrenador. El circuito implementado se detalla a continuación.

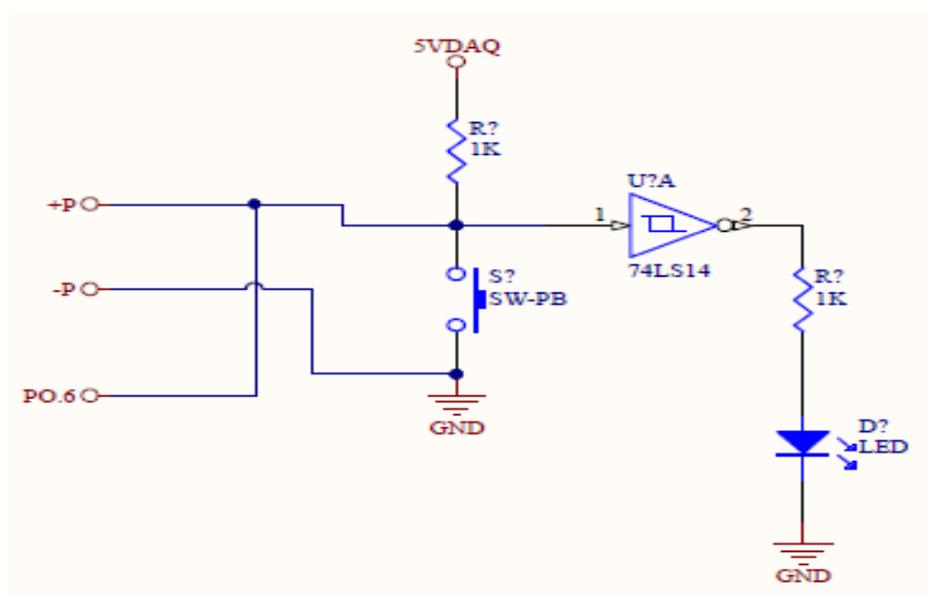


FIGURA N°. 390 Circuito para el pulsador de emergencia

4.6.9 Medición de voltaje y corriente

Para que el alumno principiante pueda hacer una adquisición de datos de manera sencilla, se ha dispuesto a los módulos de dos perillas, una de voltaje y otra de corriente, con las cuales se puede variar estos parámetros eléctricos y registrarlos en el LabVIEW. Para la medición de voltaje retroalimentación, se ha dispuesto de un potenciómetro que en forma de divisor de voltaje y para la corriente se utiliza un potenciómetro conectado a un transistor para regular la corriente de base y así cambiar la corriente que circula entre los terminales +I -I que van conectados a la entrada de la tarjeta de adquisición de datos.

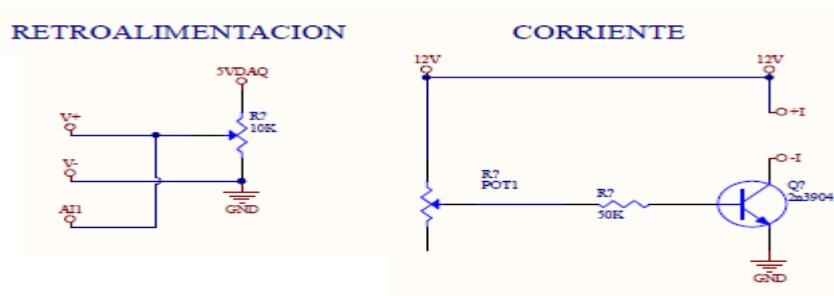


FIGURA N°. 401 Circuito para las entradas de Voltaje y Corriente

4.6.10 Fuente de alimentación externa y voltajes de referencia

Los módulos didácticos requieren para su funcionamiento de una fuente externa de 12V, La fuente externa es la que está constituida por un puente de diodos donde rectifica el voltaje y lo entrega al regulador que entrega un voltaje estable de 12V DC, con el cual funcionan todos los circuitos antes mencionados.

El voltaje de referencia de 5V se obtiene desde la tarjeta de adquisición de datos, y no se la usa a toda su capacidad debido a que tiene una limitación de corriente.



FIGURA N°. 412 Fuentes de voltaje

4.7 Implementación de los módulos didácticos

Una vez diseñados los esquemas eléctricos para los módulos se realiza una lista de los componentes. Para hacer el diagrama esquemático y las pistas del PCB, se utilizó el programa Altium Designer, el cual es un programa especializado para estos proyectos, por lo cual tiene incorporado varias librerías de los principales dispositivos electrónicos

Tabla Nº 3 Periféricos conectados a la DAQ

Elemento	PERIFÉRICOS DAQ			
	Salidas Digitales	Entrada Análoga	Salida Análoga	Entrada Contador
Lámpara	P0.0			
Motor PAP	P0.1			
Motor PAP	P0.2			
Motor PAP	P0.3			
Motor PAP	P0.4			
Relé	P0.5			
Pulsador	P0.6			
LM 35		AI.0		
Entrada Voltaje		AI.1		
Motor DC			AO.0	
Sensor DC				PFI.0
Sensor PAP				PFI.1

4.7.1 Diseño del Esquemático

Para la elaboración del diagrama esquemático se crea un nuevo proyecto, en el menú File>> New, donde se tiene una lista de tipos de archivos que se pueden crear. Se elige Schematic Document, que genera un fichero de extensión *.sch. En este fichero, se dibuja el circuito que se desea pasar al PCB.

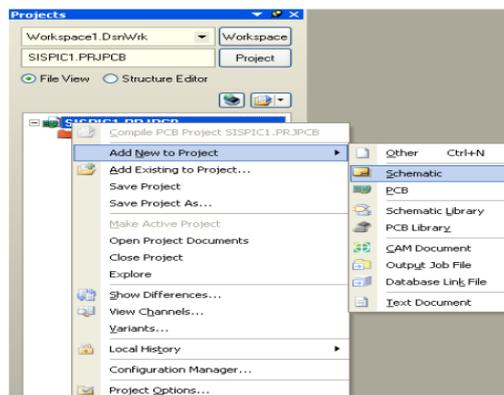


FIGURA Nº. 423 Nuevo Esquemático en Altium

Se cargan las librerías que se van a utilizar. Cuando se abre el esquemático, se tienen dos partes en la pantalla: una a la derecha donde se encuentra el circuito, y otra a la izquierda, donde se tienen las pestañas: Explorer y Browse Sch. En esta última pestaña, se seleccionan librerías en Browse y se elige Add/Remove para poner o quitar librerías.

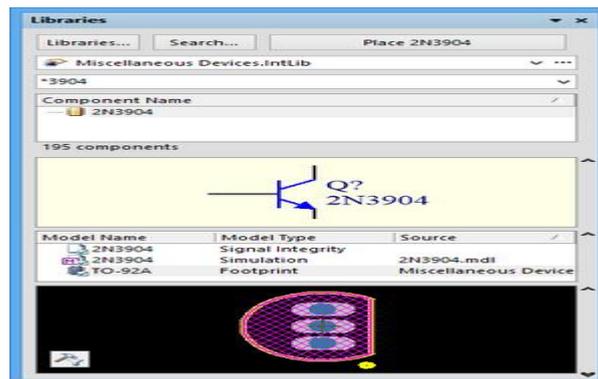


FIGURA N°. 434 Librerías de componentes

Si no se encuentra el componente que necesita, se utiliza el comando Find que está abajo a la izquierda. Con esta función, Protel busca todos los componentes con ese nombre en cualquier librería. Luego sólo es necesario cargar la librería adecuada.

La mayor cantidad de componentes, como las resistencias o los condensadores, se encuentran en Miscellaneous, que es la librería que se carga por defecto. Una vez cargadas las librerías que se van a utilizar, se pasa a la creación del esquemático en sí.

En la parte izquierda de la pantalla, aparece una lista de los componentes que contiene la librería que se elija. Para crear el circuito, sólo es necesario seleccionar uno de los componentes y colocarlo sobre la cuadrícula del esquemático. En cuanto se haya colocado el componente deseado, hay que cliclear dos veces sobre él y aparecerá un cuadro llamado Part donde hay cuatro pestañas: Attributes, Graphical Attrs, Part Fields , Read-Only Fields .

Para este diagrama solo se utiliza la primera pestaña que es la que aparece por defecto. En esta pestaña, hay varias opciones de las que sólo utilizaremos las siguientes:

Lib Ref: Es donde se pone qué tipo de componente se ha colocado en el circuito, esta opción no se debe cambiar.

Footprint: Es donde se define el número de pines, su grosor, la distancia entre pines, etc., que tiene un componente, para que luego Protel pueda crear correctamente la PCB.

Para los terminales de fuentes exteriores, 12V y 110V se utilizan los Power Object, que son los objetos con los que conectan las alimentaciones y masas a los conectores. Para colocar las borneras, se inserta un socket de la librería Miscellaneous, y se pone “bornera” como footprint. El esquema final se muestra en la siguiente figura.

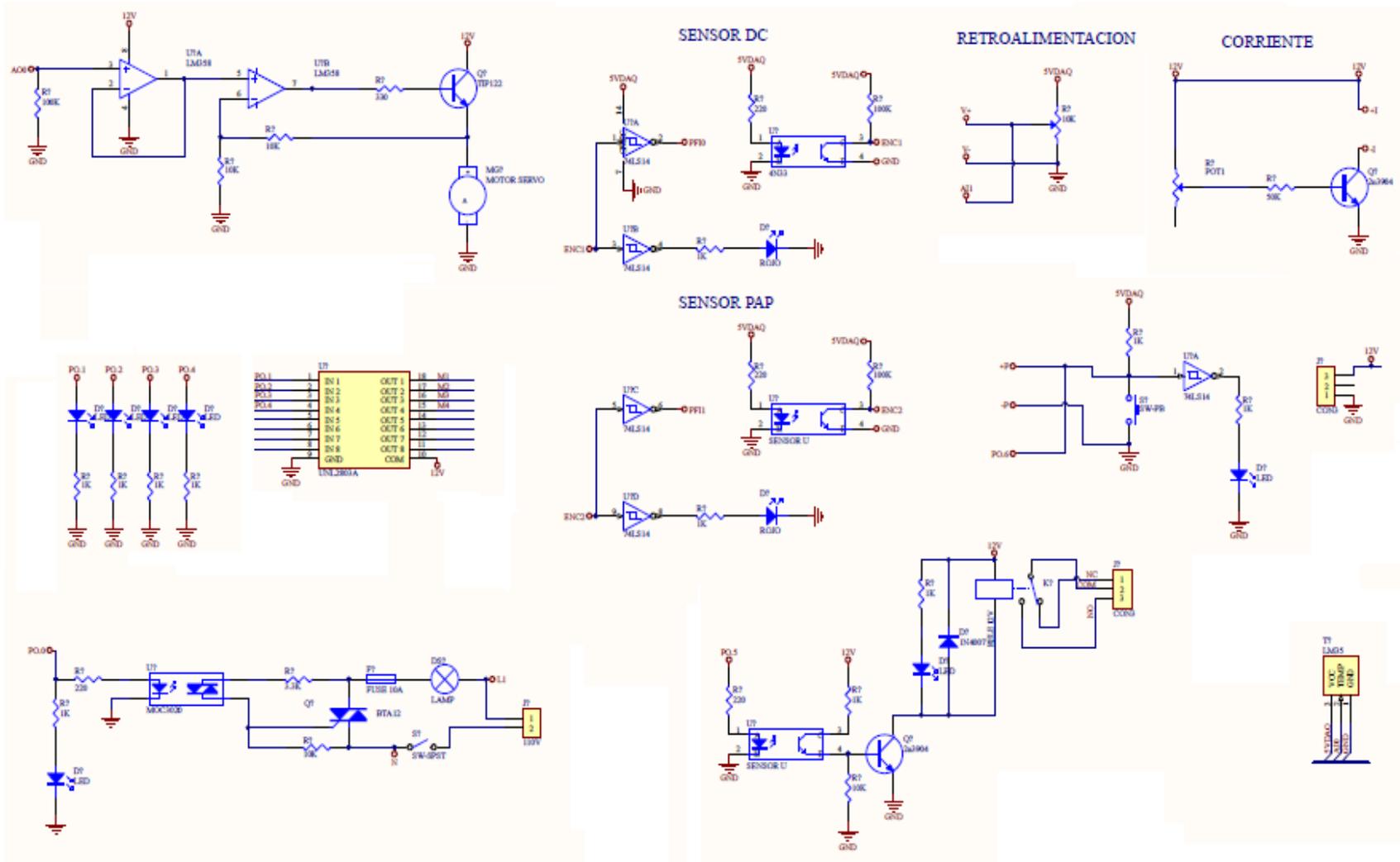


FIGURA N°. 445 Esquemas de circuitos de los módulos

4.7.2 Creación de una PCB

Antes de comprobar si el esquemático realizado es correcto, se crea la placa donde se van a insertar los componentes. Para este caso, se utiliza el “wizard” de PCB. Para ello se ejecuta el Printed Circuit Board Wizard que se encuentra en la pestaña Wizards cuando se crea un nuevo proyecto; para este caso se utiliza la opción Custom Made Board cuyas unidades son métricas

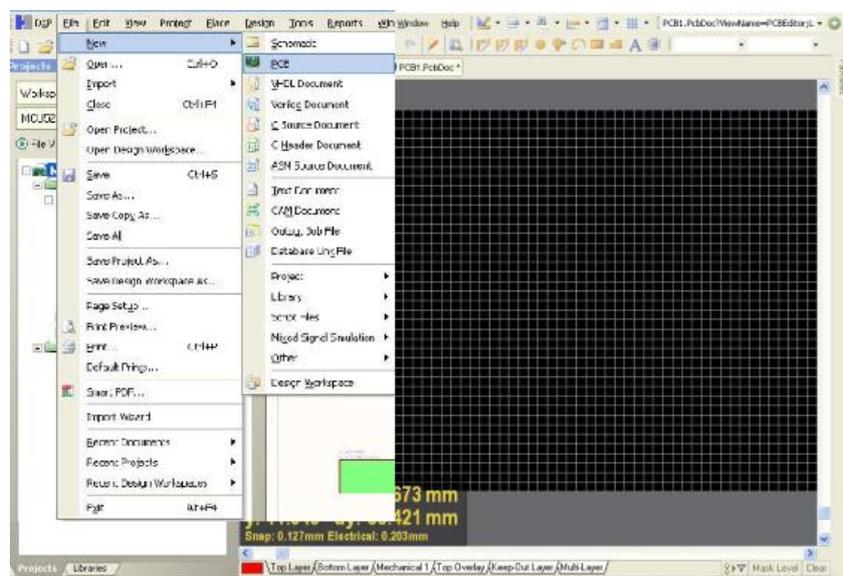


FIGURA N°. 456 Printed Circuit Board

En la segunda pantalla, aparecen una serie de opciones para definir las diferentes longitudes: las dimensiones del rectángulo, el grosor de la pista, etc. Además en la parte baja de la pantalla existen una serie de opciones que se utilizan para diseños complejos, por lo que se desactivan.

En la tercera pantalla, aparece un dibujo de cómo será la forma de la placa y de cuál será su tamaño. Las dos siguientes pantallas se las deja como están. Sin embargo, en la sexta pantalla se debe indicar el tipo de soldaduras que se van a hacer: o superficiales o insertadas. Para este proyecto se escoge insertar los componentes, por lo que se selecciona Trough-hole Components. También pregunta, cuántas vías se desea que haya entre pines. Para este caso se elige una, es decir, seleccionamos One Track.

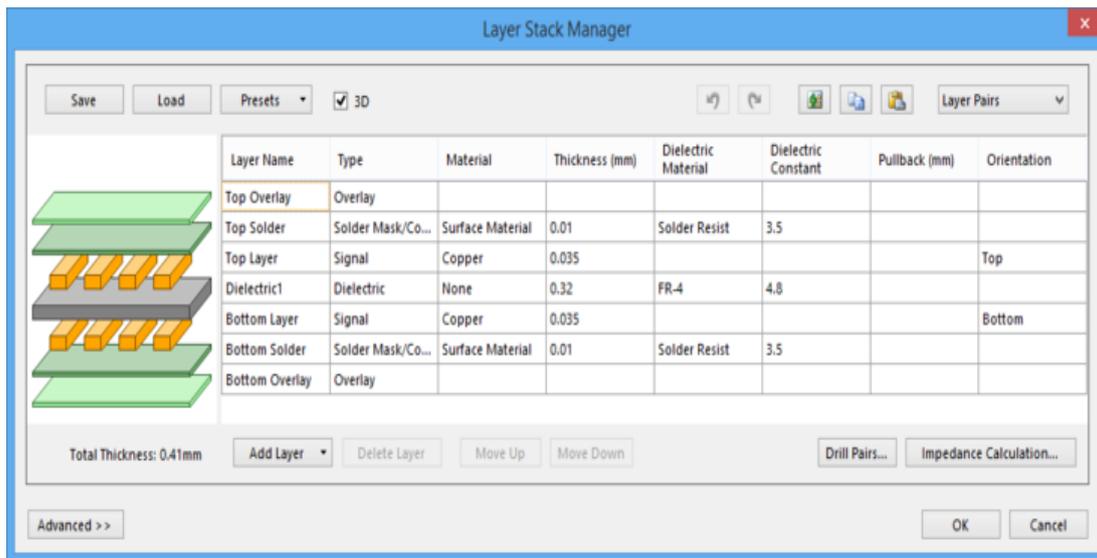


FIGURA N°. 467 Tipos de placa y capas

En la séptima pantalla, pregunta las dimensiones de las pistas, de los agujeros de los pines, y la distancia entre pistas. Comúnmente se deja los parámetros por defecto. Lo más probable es que luego, una vez colocado los componentes y enrutado, obligue a cambiar estas longitudes, pero eso se puede hacer más adelante.

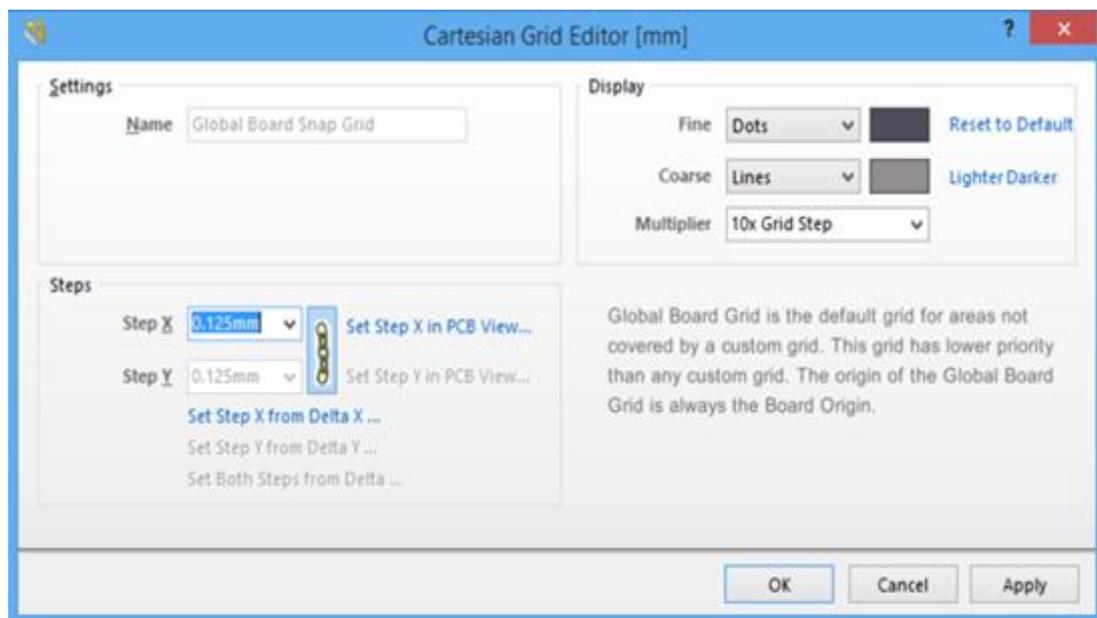


FIGURA N°. 478 Grilla del PCB

La octava pantalla se deja como está y con esto se termina la definición de la placa. Ahora se crea y se abre un nuevo fichero cuyo nombre es PCB1.PCB. Este fichero está vacío, pero ya contiene la placa donde se van a colocar los componentes. Se carga la librería Backup of Componentes.lib.

4.7.3 Comprobación del esquemático

Una vez realizado todo el esquemático y creado la placa donde se van a insertar los componentes, se comprueba que está bien realizado el circuito para que Protel sea capaz de construir correctamente la PCB. Esta comprobación se realiza en el menú Design, y aquí en Update PCB. Sin tocar nada, se da a Preview Changes.

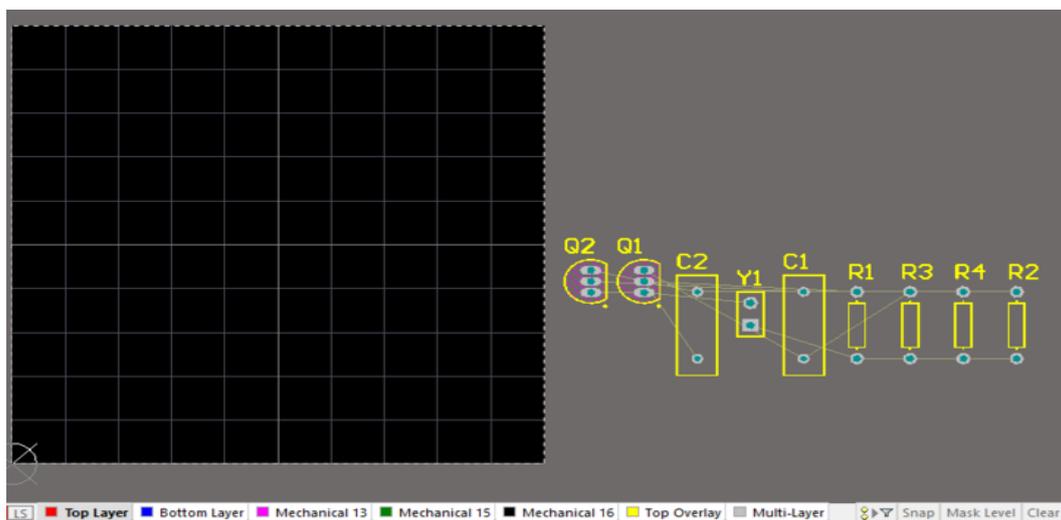


FIGURA N°. 49Ubicación de elementos

Entonces sale una lista con todos los movimientos que se han ido haciendo a lo largo de la construcción del esquemático. Si no hay ningún error, al final de la lista se escribe "All macros validated". Sin embargo, si se ha producido algún error, se escribe "X errors found" y, al lado del movimiento donde se ha producido el error, se escribe qué tipo de error ha sido. Si todo es correcto, damos a Execute y pasamos entonces al siguiente punto.

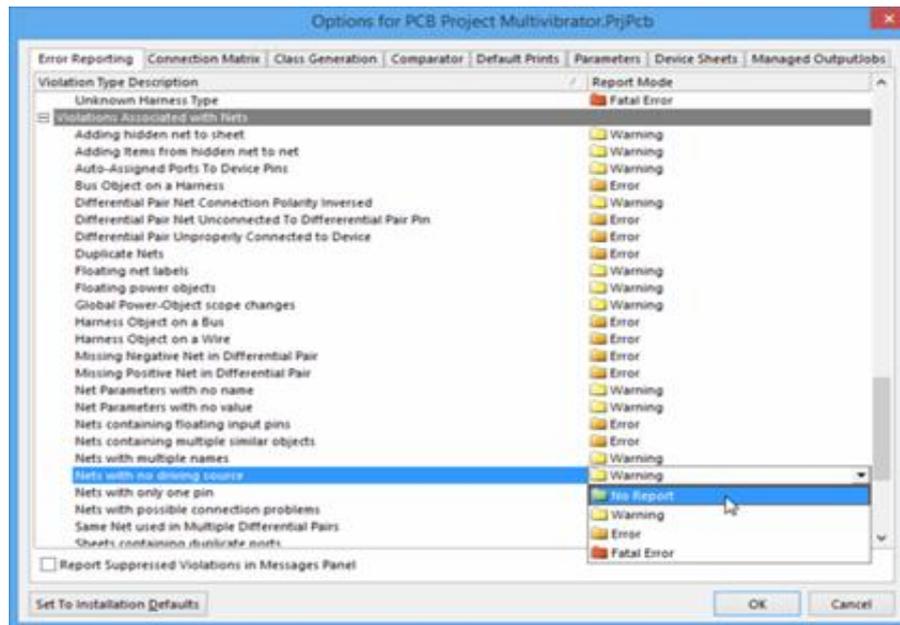


FIGURA N°. 480 Errores de diseño

4.7.4 Colocación de componentes

Luego de comprobado y ejecutado el Update PCB, aparecerán en el fichero.pcb que se han puesto todos los componentes del esquemático, pero aparecerán ordenados en línea al lado de la placa. Luego se utiliza la opción de Protel que coloca los componentes sobre la PCB según el tamaño de los componentes.

Para ello, se usa el menú Tools la opción Auto Placement y luego se selecciona Cluster Placer y ya tenemos una colocación posible.

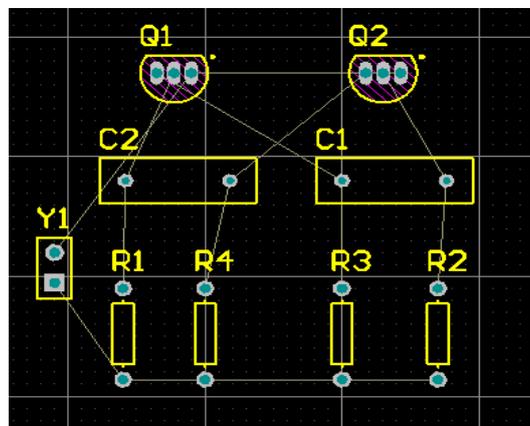


FIGURA N°. 491 Ubicación manual de elementos

El problema común que se tiene es que Protel junta demasiado los componentes y, por tanto, también juntará demasiado las pistas. Por lo que es recomendable colocar "a mano" todos los componentes. De esta forma, se puede reagrupar los componentes en conjuntos que desempeñen cada uno de ellos una función específica.

4.7.5 Ruteado

El ruteado, una vez colocados todos los componentes, se hace de forma automática. Para ello, en el menú Auto Route, se utiliza la opción Route All. Puede ocurrir que se deba enrutar más de una vez debido a problemas con el grosor de las pistas, la separación entre ambas, etc.

Para cambiar el grosor de las líneas hacer una nueva ubicación o, en el menú Design, se selecciona Rules. En esta opción, se tienen todas las reglas que utiliza Protel para el enrutado. Con estas reglas definidas, se vuelve a enrutar y si la placa que se obtiene no es adecuada, se cambian de nuevo las propiedades. Y así hasta que se obtenga la placa deseada.

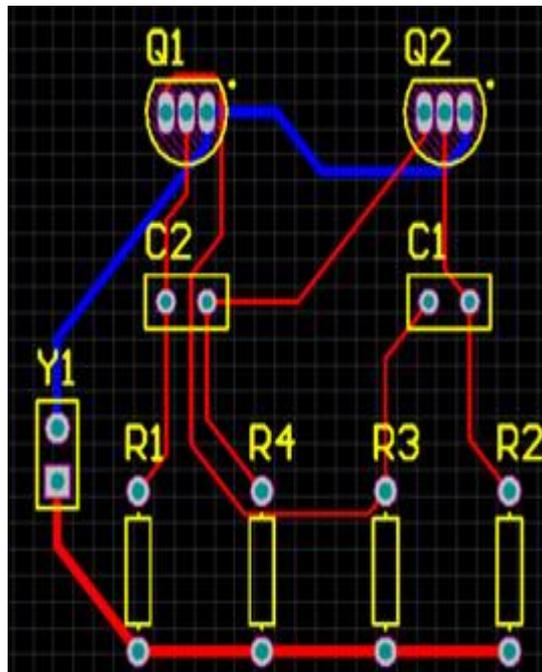


FIGURA N°. 502 Ruteado de los elementos de control

4.7.6 Impresión

Finalizado todo el proceso de la construcción de la PCB, se continúa con la impresión del circuito. Para realizar este paso, se crea un nuevo fichero PCB Printer, cuya extensión será *.ppc. En este fichero, se reproduce la placa PCB con las pistas de la cara superior e inferior y con los componentes. Lo que se debe obtener son dos transparencias con los agujeros y las pistas nada más.

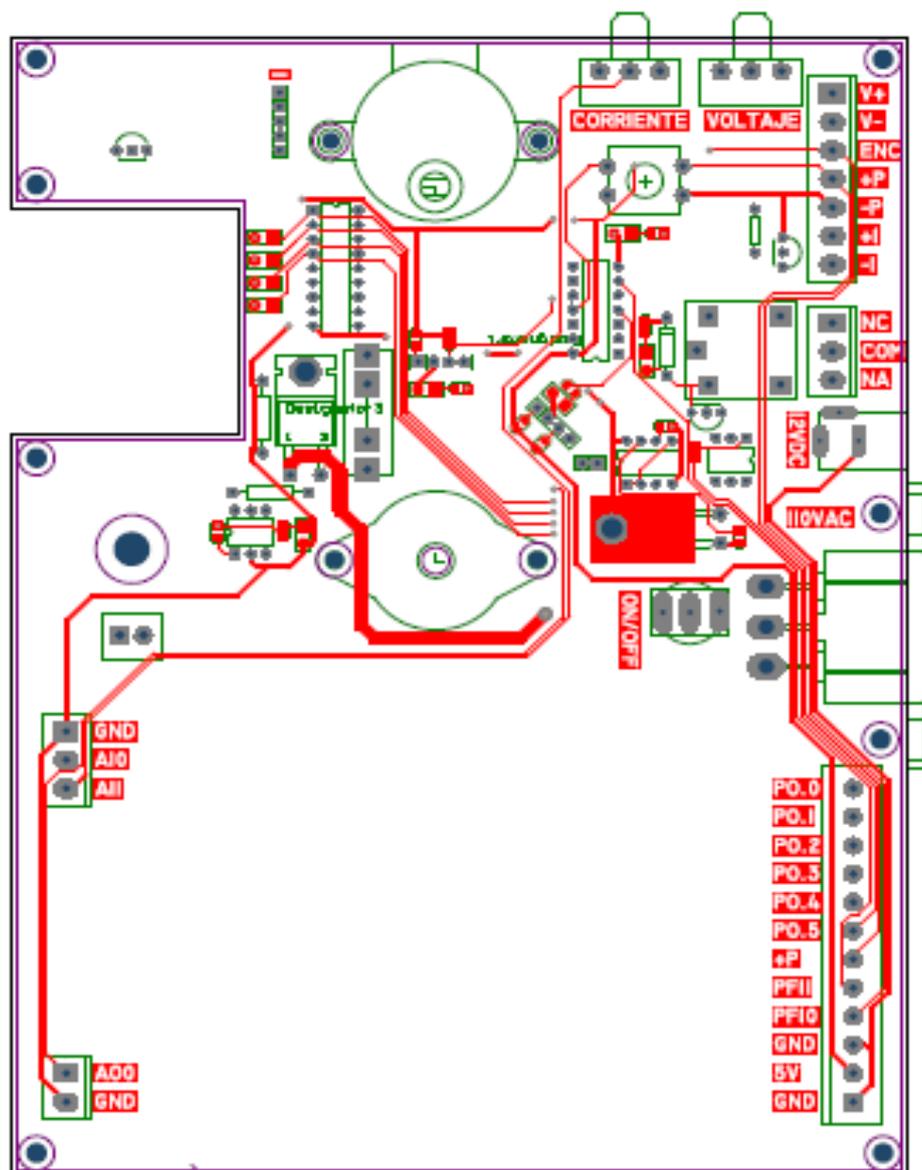


FIGURA N°. 513 PCB de los módulos cara frontal

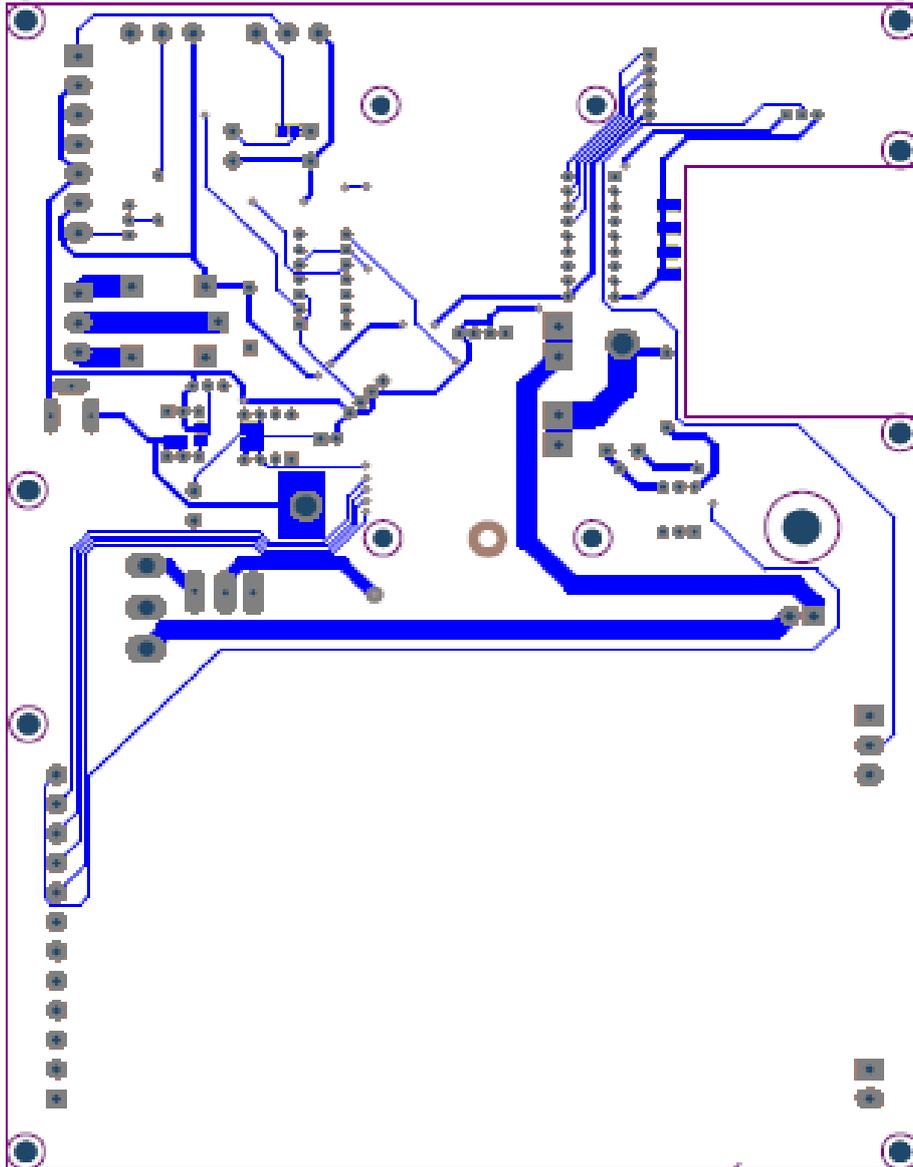


FIGURA N°. 54PCB de los módulos cara posterior

Es necesario crear nuevos dibujos para la impresión, para ello, en la parte izquierda de la pantalla, se da clic derecho y se selecciona Insert Printout. Aparece entonces un cuadro llamado Printout Properties. De esta manera se genera el PCB y finalmente queda el trabajo de soldar y de comprobar que todo es correcto Análisis de prestaciones.

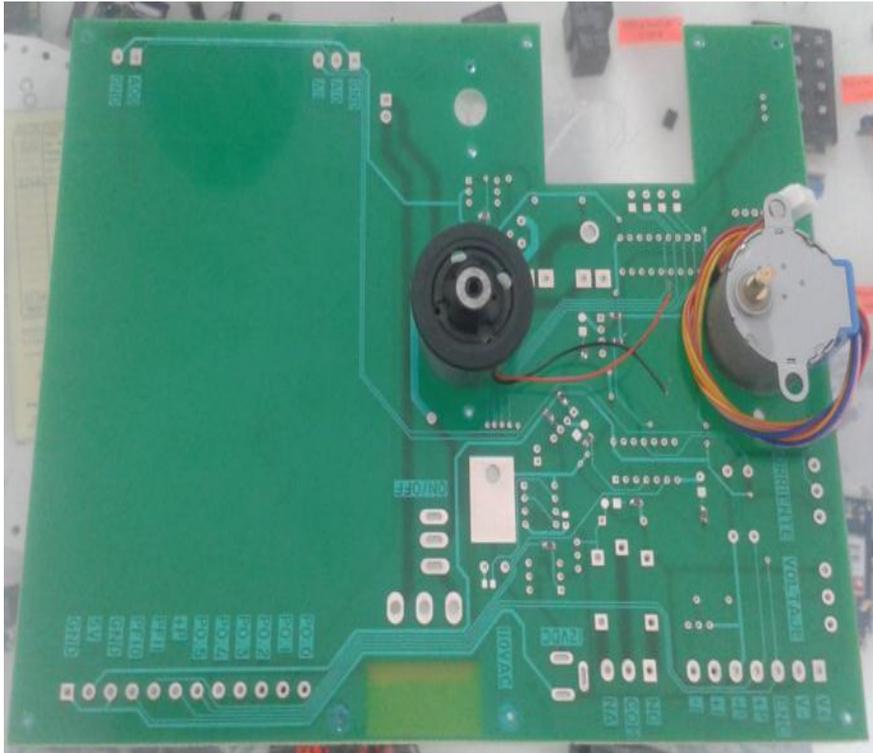


FIGURA Nº. 525 Modulos en construcción



FIGURA Nº. 536 Modulos didacticos – final

4.7.7. Pruebas y resultados

Después de desarrollar los módulos didácticos, se realizó varias pruebas para verificar que funcionen de manera apropiada todos sus componentes. Las pruebas se enfocaron en confirmar: si existe fallas en la comunicación PC – DAQ, revisión de los periféricos de la tarjeta de adquisición de datos, operación adecuada de todos los actuadores, controladores, sensores y medición de voltaje y corriente.

4.7.8 Comunicación PC – DAQ

Antes de realizar cualquier programa de control con la tarjeta de adquisición de datos, el fabricante recomienda realizar pruebas de funcionamiento de la DAQ y el hardware adicional que se use desde el Measurement & Automation Explorer MAX, un software que permite verificar el correcto funcionamiento de los módulos de la DAQ. Las pantallas de la interfaz de este programa se presentan a continuación.

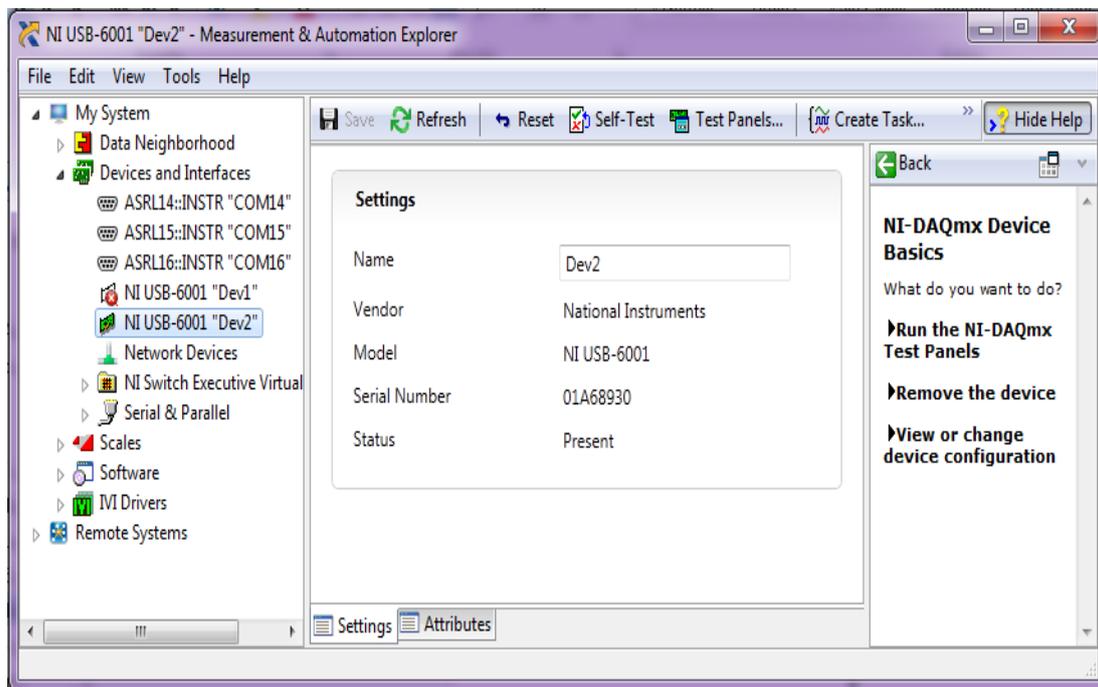


FIGURA N°. 547 Measurement & Automation Explorer

En el programa aparece una pestaña que representa a la tarjeta, con el nombre USB 6001 DEV2. Al elegir esta pestaña, aparece una pantalla en la cual se da clic en el ícono **Self Test**, y aparece el mensaje “**The self test completed successfully.**” con lo cual se confirma que existe una adecuada comunicación entre PC y DAQ.

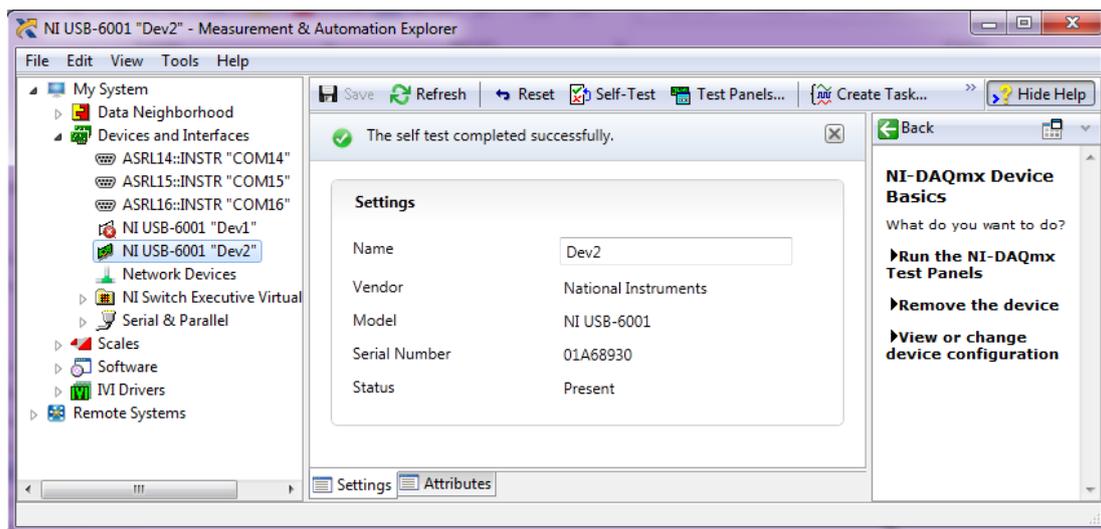


FIGURA Nº. 558 Prueba comunicación PC – DAQ.

4.7.9 Respuesta del puerto de entradas y salidas digitales

Con la ayuda del MAX, en la opción Test Panel se puede acceder a todos los periféricos que dispone la tarjeta. Para probar las entradas y salidas digitales, se utiliza la tabla siguiente que identifica cómo están conectados los elementos del EPC a los periféricos de la DAQ

Tabla Nº 4 Entradas y salidas digitales

Elemento	PERIFÉRICOS DAQ	
	Salidas Digitales	Entrada Digital
Lámpara	P0.0	
Motor PAP	P0.1	
Motor PAP	P0.2	
Motor PAP	P0.3	
Motor PAP	P0.4	
Relé	P0.5	
Pulsador		P0.6

Para comprobar su funcionamiento se selecciona en el Test Panel la pestaña “Digital I/O”, en la cual se elige el puerto Port0, se configuran las líneas 0 a 5 como salida y la línea 6 como entrada. Automáticamente en el área “Select State” las líneas elegidas como salidas toman la forma de un interruptor y las elegidas como entrada toman la forma de un led, cómo se muestra en la figura siguiente.

Al presionar el P0.0 se activa y desactiva la lámpara, de igual forma sucede con el relé al presionar P0.5. Para probar el motor a pasos se activan las salidas P0.1 a P0.4, en secuencia alternada y se comprueba que el motor gira, de igual forma se puede ver qué línea está activada mediante los leds que están en el EPC junto al motor PAP.

La entrada P0.6 correspondiente al pulsador está constantemente prendida, excepto cuando se lo presiona y cambia su estado, lo cual se puede evidenciar en indicador led del MAX; con esto se comprueba que todos los periféricos conectados a las entradas y salidas digitales funcionan correctamente.

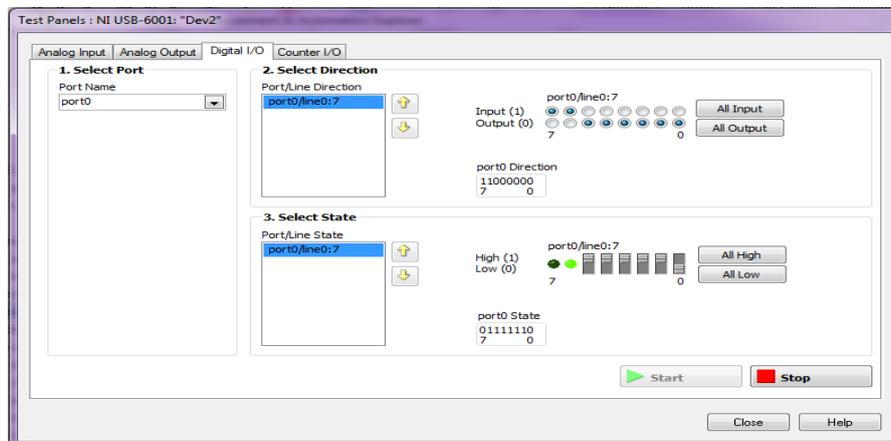


FIGURA N°. 59 Prueba E/S digitales

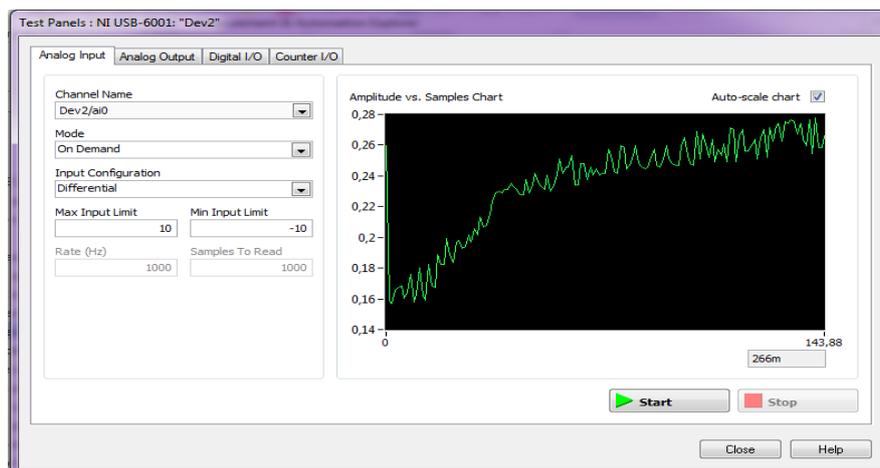
4.7.10 Respuesta del puerto de entradas y salidas análogas

En el Test Panel se elige la pestaña “Analog Input”, en la cual se ve una pantalla negra y casillas para selección del puerto, para probar las entradas se utiliza la tabla “Entradas y Salidas Análogas” la cual indica a que línea está conectada cada entrada.

Tabla Nº 5 Entradas y salidas análogas

Elemento	PERIFÉRICOS DAQ	
	Entrada Análoga	Salida Análoga
LM 35	AI.0	
Entrada Voltaje	AI.1	
Motor DC		AO.0

Para el sensor de temperatura se escoge la línea AI0 en el Channel Name , el resto de casilleros en la opción por defecto y se da clic en el botón START para que inicie la adquisición de datos. Para evidenciar que el sensor mide adecuadamente se toca el sensor y se ve cómo la gráfica tiende a subir debido al calor corporal, cómo se evidencia en el siguiente gráfico.

**FIGURA Nº. 560** Prueba sensor LM 35

Para la perilla de voltaje se escoge la línea AI.1 y se repiten lo hecho con el LM 35. Para evidenciar que se hace la medición adecuadamente se gira la perilla en ambos sentidos y se ve cómo la gráfica tiende a subir o bajar según el sentido de giro, cómo se evidencia en el siguiente gráfico.

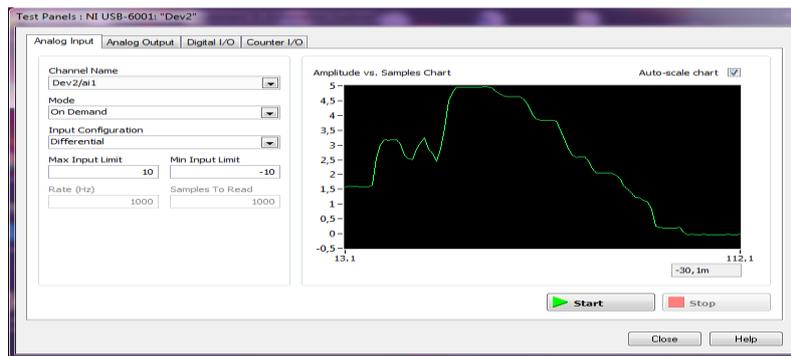


FIGURA N°. 571 Prueba perilla de voltaje

La salida análoga está conectada al motor dc, para probar su funcionamiento se elige la pestaña "Analog Output", en la cual se ve un SLIDE con un indicador numérico, que va desde -10V hasta 10V. Se escoge la línea AO.0 en el Channel Name , el resto de casilleros en la opción por defecto , se elige un voltaje con el slide o con el indicador numérico y se da clic en el botón UPDATE. Con esta prueba se evidencia que el motor reacciona a partir de 0,1V con un movimiento muy lento, hasta 5V con un movimiento muy rápido.

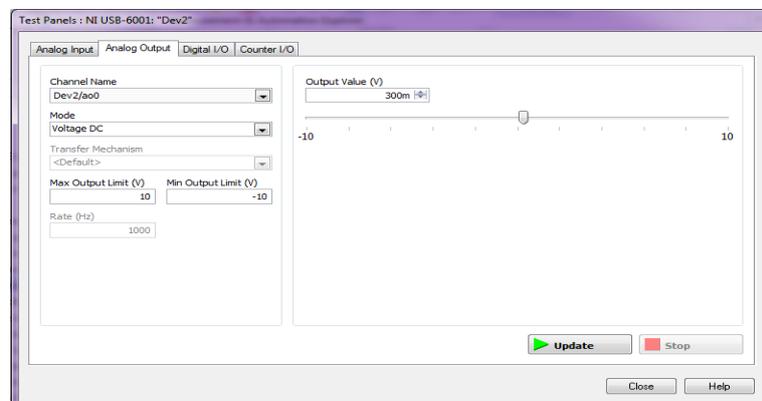


FIGURA N°. 582 Prueba del motor dc

Con estas pruebas se evidencia se demuestra que todos los periféricos conectados a las entradas y salidas análogas funcionan correctamente

4.7.11 Respuesta de los contadores

En el Test Panel se elige la pestaña "Counter I/O", en la cual se ve un casilla con el nombre "Counter Value" y casillas para selección del puerto, para probar las

entradas se utiliza la tabla “Entradas tipo contador a la DAQ” la cual indica a que línea está conectada cada entrada.

Tabla N° 6 Entradas tipo contador a la DAQ

Elemento	PERIFÉRICOS DAQ
	Entrada Contador
Sensor DC	PFI.0
Sensor PAP	PFI.1

La prueba de los sensores/contadores es similar, únicamente cambia la línea que se elige en el Edge Source, para el sensor del motor DC se elige PFI.0 y para el sensor del motor a pasos se elige PFI.1; se da clic en el botón START para que inicie la adquisición de datos. Para evidenciar que el sensor mide adecuadamente se gira manualmente la rueda del motor y aumenta el número en la casilla “Counter Value”, cómo se evidencia en las gráficas siguientes.

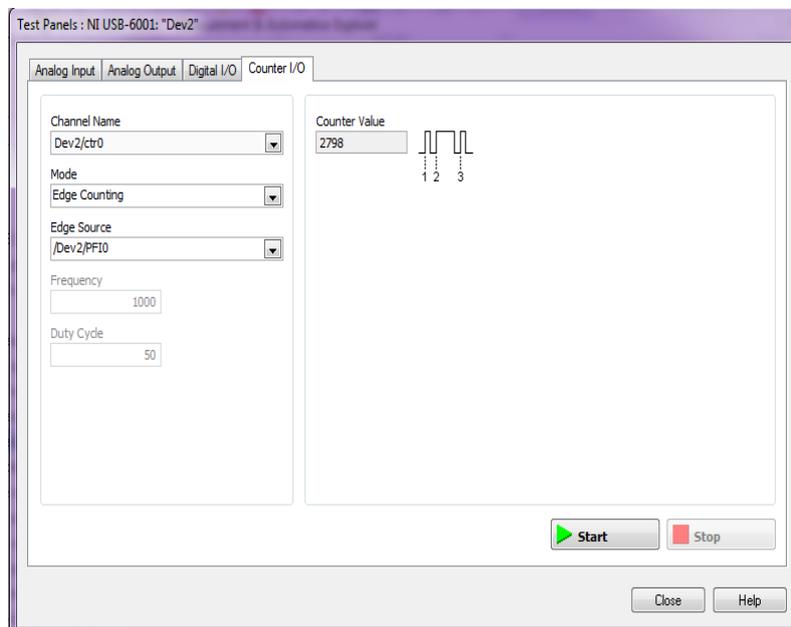


FIGURA N°. 593 Prueba Encoder del motor dc

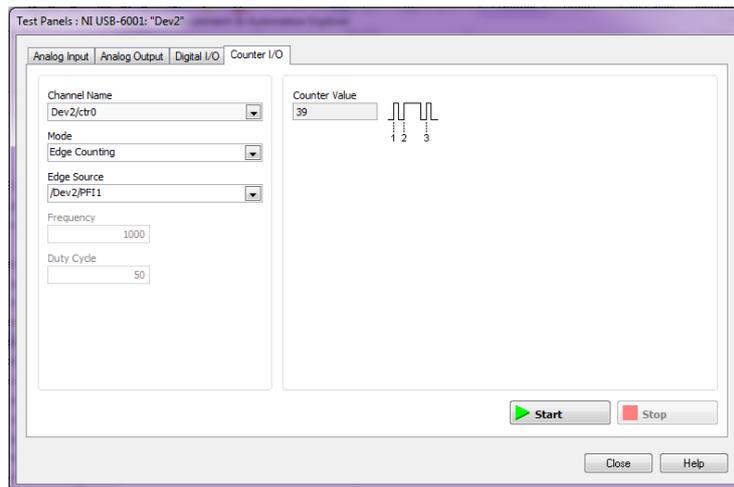


FIGURA N°. 604 Prueba encoder del motor pap

Una vez terminadas las pruebas individuales de los elementos conectados a los periféricos de la tarjeta de adquisición de datos se concluye que todos los módulos funcionan correctamente y el módulo didáctico está listo para cumplir su función de entrenador.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de realizar la investigación necesaria para la implementación de los módulos didácticos, se ha llegado a las siguientes conclusiones y recomendaciones, basadas en la experiencia obtenida en el desarrollo de este proyecto.

5.1 Conclusiones

- Con la investigación teórica se comprobó que existen muchos tipos de sensores, actuadores y controladores, variedad que permitió realizar módulos sencillos que permitan tanto a docentes como estudiantes identificar y comprobar el funcionamiento de los elementos que son muy comunes a nivel industrial.
- Con los módulos didácticos, se puede implementar aplicaciones industriales, como es el sensor de temperatura, que se lo realiza mediante el LM35. Esta aplicación puede ser replicada en la industria donde el sensor de temperatura LM35, puede ser determinante en la seguridad de las personas que trabajan en la industria o en la ejecución de procesos, ya que con esto se evita que la persona quede expuesta a altas temperaturas, se evite que se dañe materia prima o un producto resultado de varios procesos.
- Los módulos construidos constituyen un gran aporte al laboratorio de la carrera ya que permiten al docente realizar un entrenamiento general a sus estudiantes en lo que corresponde a funcionamiento de control automático, instrumentación electrónica e instrumentación virtual.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda a los estudiantes investigar los métodos de implementación de controladores PID para su desarrollo en las PEC y posterior discusión para promover la investigación.
- Usar las tarjetas de adquisición de datos para poner en funcionamiento otros módulos didácticos, de manera que los estudiantes puedan experimentar cómo es el desarrollo completo de circuitos electrónicos para el control de sistemas reales. .
- Es recomendable que los estudiantes antes de realizar sus programas, comprueben el funcionamiento de los dispositivos conectados a la tarjeta de adquisición de datos mediante el uso del Measurement and Automation Explorer de LabVIEW, para asegurarse que las conexiones fueron realizadas de manera correcta.
- Incentivar al estudiante a que realice por si solo otros programas que hagan el control y monitoreo de dos o más módulos, en una red de computadores con el propósito de que se estudien las maneras de implementar redes de control y sistemas de automatización más complejos.
- El uso de los equipos y las condiciones ambientales inapropiadas provocan deterioro de los componentes, por tal motivo se recomienda que se haga la limpieza periódica de los módulos, además de un mantenimiento preventivo que incluya de limpieza de partes eléctricas, partes móviles, contactos eléctricos y funcionamiento de todo las plantas de entrenamiento, con el propósito de ayudar a cuidar los equipos.
- Finalmente se invita a todos los usuarios de estos módulos a realizar un uso apropiado de los mismos para evitar el deterioro excesivo y posterior daño de los equipos, con el fin de que sirvan para muchas generaciones y permita capacitar a la mayor cantidad posible de estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

ACHA. Santiago, CASTRO.A. Manuel. (2012), Electrónica digital. Segunda Edición. Rama.

COGDELL. J.R. (2002), Fundamentos de Electrónica. Primera Edición, Pearson Educación, México.

DEL RIO. Joaquín. (2013), LabVIEW Programación para Sistemas de Instrumentación. Primera Edición. Alfaomega.

DONALD A. Neamen. (2010), Dispositivos y Circuitos Electrónicos. Cuarta Edición Mc Graw Hill. México.

DORF, Richard. (2005), Sistemas de Control Moderno. Décima Edición. Pearson Educación, Madrid.

FLOYD L. Thomas. (2008), "Dispositivos Electrónicos". Octava Edición. Pearson Educación, México.

GARCÍA. Pérez. Miguel A. ÁLVAREZ Antón. Juan C. CAMPO Rodríguez. Juan C. (2008), "Instrumentación Electrónica". Segunda Edición. Thomson Editores Spain, Madrid España.

GARCIA P. Oliverio. (2012), Mantenimiento Industrial. Primera Edición. Pearson Educación.

REYES Cortez, Fernández. CID Monjarez, Jaime., (2013), Mecatrónica Control y Automatización. Primera Edición, Alfaomega. México.

MALVINO, Albert Paul, (2007), Principios de Electrónica. Séptima Edición. Editorial. McGrawHill, España.

MOHAN, Ned – UNDERLAND, Tore M. (2010), Electrónica de Potencia, Convertidores, Aplicaciones y Diseño. Tercera Edición. Editorial McGrawHill. México.

MALONEY, Timothy. J (2009), Electrónica Industrial Moderna. Tercera Edición. Prentice Hall. México.

NEAMEN. Donald. (2010). Dispositivos y Circuitos Electrónicos. Primera Edición. McGrawHill, México.

OCAMPO. Guillermo. (2010), Automatismos Eléctricos. Primera Edición. Usta.
OGATA. Katsuhiko. (2005). Ingeniería de Control Moderno. Tercera Edición. Pearson Educación. México.

SANCHEZ A. Tarquino. (2014), Electrónica Dispositivos y Aplicaciones. Segunda Edición. Escuela Politécnica Nacional. Quito.

VIGNONI. José Roberto. (2003), Instrumentación y comunicaciones Industriales. Primera Edición. McGrawHill, España.

VILORIA. José. (2005). Motores Eléctricos. Primera Edición. De la Fuente. México.

WILDI. Theodore. (2007). Maquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia. Primera Edición. Pearson Educación. España.

LINCOGRAFÍA

ÁREA TECNOLÓGICA. (2013). Como es un led

[http://www.areatecnologia.com/electronica/como es un led.html](http://www.areatecnologia.com/electronica/como%20es%20un%20led.html).

CARLETTI, E. (2013). Codificadores de posición angular.

http://augusta.uao.edu.co/moodle/file.php/3149/1_AE_IntroduccionEQuispe.pdf

http://robots-argentina.com.ar/SensoresAngulares_resolver.htm

ELÉCTRICA, D. I. (2012). Introducción a los accionamientos eléctricos,

http://augusta.uao.edu.co/moodle/file.php/3149/1_AE_IntroduccionEQuispe.pdf

http://robots-argentina.com.ar/SensoresAngulares_resolver.htm

MOTOROLA. (2005). www.recursoftic.educacion.es.

NATIONAL INSTRUMENTS. (2010). NI USB-6001/6009 User Guide and Specifications. National Instruments Corporation.

<http://www.ni.com/pdf/manuals/374369a.pdf>.

OSRAM. (2014). Calentamiento de zonas interiores, exteriores.

http://www.osram.es/osram_es/aplicaciones/calor-por-infrarrojo/calentamiento-de-zonas-interiores-y-exteriores/index.jsp.

TEXAS INSTRUMENTS (2014). Sensores de temperatura de precisión centígrados

LM35. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>.

WEG EXPORTADORA, (2002). Manual de Instalación y Mantenimiento de

Tacogeneradores WEG. <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-tacogenerador-manual-espanol.pdf>.

ANEXOS

ANEXO N°. 1 MANUAL DE USUARIO PARA EL MODULO DIDÁCTICO

A continuación se describe los parámetros que se debe tomar en cuenta para la utilización de los módulos didácticos, y de esta forma facilitar el aprendizaje para la adquisición de datos.

FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Para el funcionamiento del módulo didáctico se debe considerar los siguientes elementos:

- Los diferentes dispositivos que funcionan con voltaje DC, es necesario una fuente de alimentación de 12V.
- Para encender el bombillo halógeno se debe tener un voltaje de 110 VAC, 60Hz.

DESCRIPCIÓN DE CONEXIÓN

Los módulos didácticos poseen dimensiones de 21cm x 15.5 cm, en la cual está la tarjeta de adquisición de datos, que tiene puertos digitales y analógicos los cuales están conectados a los siguientes dispositivos.

Salidas digitales

- Puerto P0.0, está conectado la lámpara halógena.
- Puerto P0.1 al P0.4 está conectado los leds del motor paso a paso.
- En el puerto P0.5 está conectado el relé.

Entrada digital

- Puerto P0.6 está conectado el pulsador.

Periféricos de la DAQ, entradas y salidas analógicas

- Puerto AI.0 está conectado el sensor LM35. Entrada Analógica.
- Puerto AI.1 se encuentra conectado la entrada de voltaje, entrada Analógica.
- Puerto AI.0, se encuentra conectado el motor DC, Salida analógica.

FUNCIONAMIENTO

- Para conectar el modulo didáctico se debe conectar de menor a mayor voltaje, es decir, primero se conecta el cable USB desde la DAQ a la PC, seguido se conecta el cable de 12V, luego se conecta el cable de 120 V, y para la desconexión se la realiza de forma inversa, con la finalidad de que exista inconvenientes para la adquisición de datos y preservar las vida útil de los módulos.
- Al momento de realizar el control de temperatura no exceder los límites establecidos para el sensor LM35, con el fin de que no se quemé el sensor.

RECOMENDACIONES DE USO

- Cumplir con los parámetros establecidos dentro de los rangos, de Voltaje y Corriente.
- Verificar que la DAQ tenga la conexión con la PC.

- Al momento de terminar de realizar la programación verificar que los diodos del motor PAP estén apagados, con el fin que no se recaliente las bobinas del motor de pasos.

PRECAUCIONES

- Cuando el modulo didáctico esté conectado, no tocar ningún elemento debido a que el modulo trabaja con 110V para el bombillo halógeno.
- Cuando se enciende el halógeno durante pocos minutos este se calentara considerablemente, pudiendo causar leves quemaduras a la piel y daños en el equipo.

ANEXO N^o. 2

TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

NI USB-6001/6002/6003

Low-Cost DAQ USB Device

This user guide describes how to use the National Instruments USB-6001/6002/6003 data acquisition (DAQ) devices. For device specifications, go to ni.com/manuals and search by device name.

The NI USB-6001/6002/6003 is a full-speed USB device that provides eight single-ended analog input (AI) channels, which may also be configured as four differential channels. It also includes two analog output (AO) channels, 13 digital input/output (DIO) channels, and a 32-bit counter.

Table 1. Differences Between the NI USB-6001, NI USB-6002, and NI USB-6003

Feature	NI USB-6001	NI USB-6002	NI USB-6003
Analog Input			
Analog-to-digital converter (ADC) Resolution	14-bit	16-bit	16-bit
Maximum Sample Rate (aggregate)	20 kS/s	50 kS/s	100 kS/s
Analog Output			
DAC Resolution	14-bit	16-bit	16-bit
Absolute Accuracy, Typical, at full scale	9.1 mV	8.6 mV	8.6 mV

Fuente: (National Instruments, 2009)

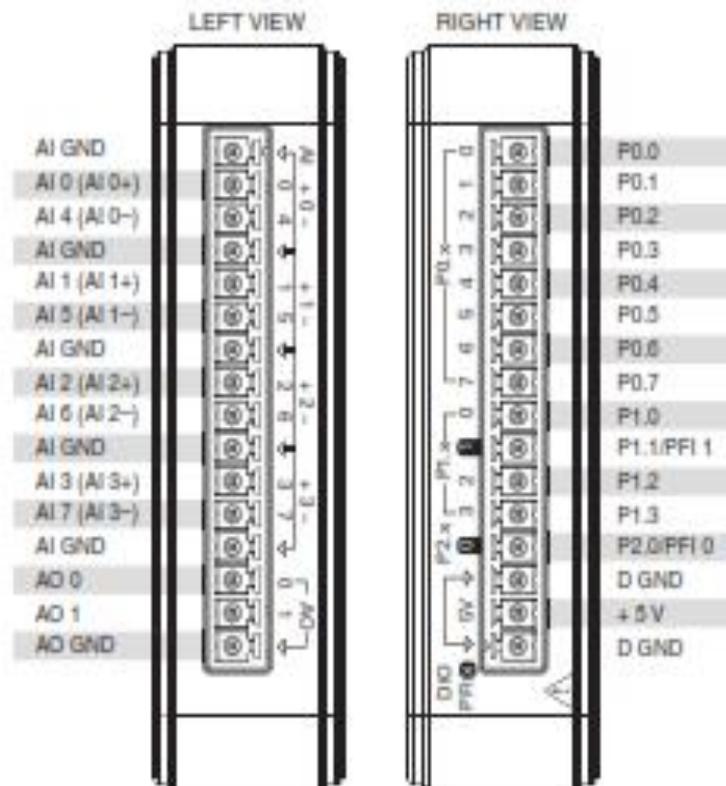
ANEXO N^o. 3 ENTRADAS Y SALIDAS DAQ USB 6001

Table 5. Signal Descriptions

Signal Name	Reference	Direction	Description
AI GND	—	—	Analog Input Ground —The reference point for single-ended analog input measurements.
AI <0..7>	AI GND	Input	Analog Input Channels 0 to 7 —For single-ended measurements, each signal corresponds to one analog input voltage channel. For differential measurements, AI 0 and AI 4 are the positive and negative inputs of differential analog input channel 0. The following signal pairs also form differential input channels: AI <1,5>, AI <2,6>, and AI <3,7>. Refer to the <i>Analog Input</i> section for more information.

Fuente: (National Instruments, 2009)

ANEXO N°. 4 PUERTOS DIGITALES DE LA DAQ

Signal Name	Reference	Direction	Description
AO GND	—	—	Analog Output Ground —The reference point for analog output.
AO <0, 1>	AO GND	Output	Analog Output Channels 0 and 1 —Supplies the voltage output of the AO channels. Refer to the <i>Analog Output</i> section for more information.
P0.<0..7>	D GND	Input or Output	Port 0 Digital I/O Channels 0 to 7 —You can configure each signal individually as an input or output. Refer to the <i>Digital I/O</i> section for more information.
P1.<0..3>	D GND	Input or Output	Port 1 Digital I/O Channels 0 to 3 —You can configure each signal individually as an input or output. Refer to the <i>Digital I/O</i> section for more information.
P2.0	D GND	Input or Output	Port 2 Digital I/O Channel 0 —You can configure each signal individually as an input or output. Refer to the <i>Digital I/O</i> section for more information.
PFI 0, 1	D GND	Input	Programmable Function Interface or Digital I/O Channels —An edge counter input or digital trigger input. Refer to the <i>PFI 0 and PFI 1</i> section for more information.
D GND	—	—	Digital Ground —The reference point for digital signals.
+5 V	D GND	Output	+5 V Power Source —Provides +5 V power up to 150 mA. Refer to the <i>+5 V Power Source</i> section for more information.

Fuente: (National Instruments, 2009)

ANEXO Nº. 5 OPTOTRIAC MOC 3020


**OPTICALLY COUPLED BILATERAL
SWITCH NON-ZERO CROSSING
TRIAC**
APPROVALS

- UL recognised, File No. E91231

'X' SPECIFICATION APPROVALS

- VDE 0884 in 3 available lead forms : -
- STD
- G form
- SMD approved to CECC 00802

DESCRIPTION

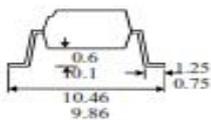
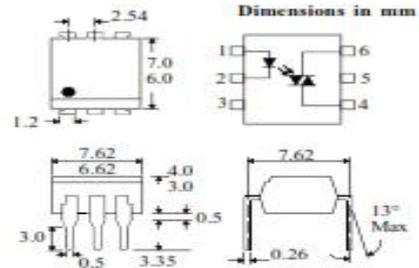
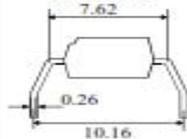
The MOC302_ series are optically coupled isolators consisting of a Gallium Arsenide infrared emitting diode coupled with a light activated silicon bilateral switch performing the functions of a triac mounted in a standard 6 pin dual-in-line package.

FEATURE

- Options :-
10mm lead spread - add G after part no.
Surface mount - add SM after part no.
Tape&reel - add SMT&R after part no.
- High Isolation Voltage (5.3kV_{rms}, 7.5kV_{pk})
- 400V Peak Blocking Voltage
- All electrical parameters 100% tested
- Custom electrical selections available

APPLICATIONS

- CRTs
- Power Triac Driver
- Motors
- Consumer appliances
- Printers

**OPTION SM
SURFACE MOUNT****OPTION G****ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS
(25 °C unless otherwise noted)**

Storage Temperature _____ -55°C - +150°C
Operating Temperature _____ -40°C - +100°C
Lead Soldering Temperature _____ 260°C
(1.6mm from case for 10 seconds)
Input-to-output Isolation Voltage (Pk) _____ 7500 Vac
(60 Hz , 1sec. duration)

INPUT DIODE

Forward Current _____ 50mA
Reverse Voltage _____ 6V
Power Dissipation _____ 70mW
(derate linearly 0.93mW/°C above 25°C)

OUTPUT PHOTO TRIAC

Off-State Output Terminal Voltage _____ 400V
RMS Forward Current _____ 100mA
Forward Current (Peak) _____ 1A
Power Dissipation _____ 300mW
(derate linearly 4.0mW/°C above 25°C)

POWER DISSIPATION

Total Power Dissipation _____ 330mW
(derate linearly 4.4mW/°C above 25°C)

Fuente: (Isocom Components, 2005)

ANEXO Nº. 6 OPTOTRIAC MOC 3020

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise noted)

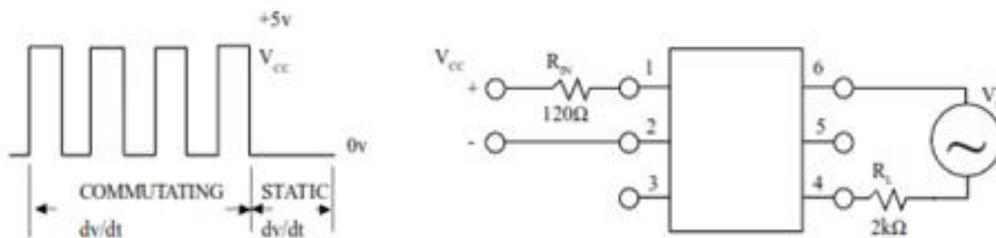
PARAMETER		MIN	TYP	MAX	UNITS	TEST CONDITION
Input	Forward Voltage (V_f)		1.2	1.5	V	$I_f = 10\text{mA}$ $V_a = 6\text{V}$
	Reverse Current (I_R)			100	μA	
Output	Peak Off-state Current (I_{max})	400		100	nA	$V_{\text{max}} = 400\text{V}$ (note 1) $I_{\text{max}} = 100\text{nA}$
	Peak Blocking Voltage (V_{max})				V	
	On-state Voltage (V_{ce})		1.5	3.0	V	$I_{\text{TM}} = 100\text{mA}$ (peak)
	Critical rate of rise of off-state Voltage (dv/dt) (note 1)		10		V/ μs	
	Critical rate of rise of commutating Voltage (dv/dt) (note 1)	0.1	0.2		V/ μs	
Coupled	Input Current to Trigger (I_{TT}) (note 2)					$V_{\text{in}} = 3\text{V}$ (note 2)
	MOC3020			30	mA	
	MOC3021			15	mA	
	MOC3022			10	mA	
	MOC3023			5	mA	
	Holding Current , either direction (I_H)		100		μA	
	Input to Output Isolation Voltage V_{iso}	5300			V_{RMS} V_{PK}	See note 3 See note 3
		7500				

Note 1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.

Note 2. Guaranteed to trigger at an I_f value less than or equal to max. I_{TT} , recommended I_f lies between Rated I_f , and absolute max. I_{TT} .

Note 3. Measured with input leads shorted together and output leads shorted together.

FIGURE 1



Fuente: (Isocom Components, 2005)

ANEXO N^o. 7 SENSOR LM35

LM35

SNIS159E – AUGUST 1999 – REVISED JANUARY 2015

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

1 Features

- Calibrated Directly in Celsius (Centigrade)
- Linear + 10-mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at 25°C)
- Rated for Full -55°C to 150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low-Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates from 4 V to 30 V
- Less than 60-μA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Non-Linearity Only ±½°C Typical
- Low-Impedance Output, 0.1 Ω for 1-mA Load

2 Applications

- Power Supplies
- Battery Management
- HVAC
- Appliances

3 Description

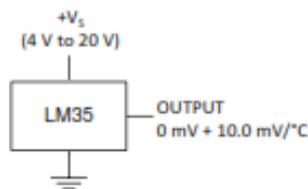
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature devices with an output voltage linearly-proportional to the Centigrade temperature. The LM35 device has an advantage over linear temperature sensors calibrated in Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 device does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±½°C at room temperature and ±¾°C over a full -55°C to 150°C temperature range. Lower cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The low-output impedance, linear output, and precise inherent calibration of the LM35 device makes interfacing to readout or control circuitry especially easy. The device is used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As the LM35 device draws only 60 μA from the supply, it has very low self-heating of less than 0.1°C in still air. The LM35 device is rated to operate over a -55°C to 150°C temperature range, while the LM35C device is rated for a -40°C to 110°C range (-10° with improved accuracy). The LM35-series devices are available packaged in hermetic TO transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D devices are available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D device is available in an 8-lead surface-mount small-outline package and a plastic TO-220 package.

Device Information⁽¹⁾

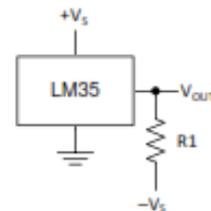
PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM35	TO-CAN (3)	4.699 mm × 4.699 mm
	TO-92 (3)	4.30 mm × 4.30 mm
	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
	TO-220 (3)	14.986 mm × 10.16 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

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



Full-Range Centigrade Temperature Sensor



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

Fuente: (Texas Instruments, 2011)

ANEXO N^o. 8 SENSOR LM35

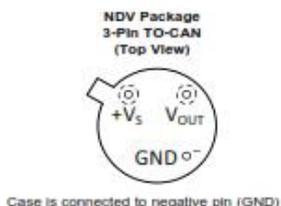


LM35

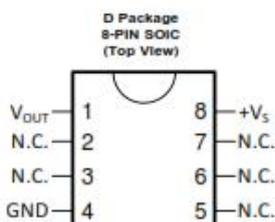
www.ti.com

SNIS159E – AUGUST 1999 – REVISED JANUARY 2015

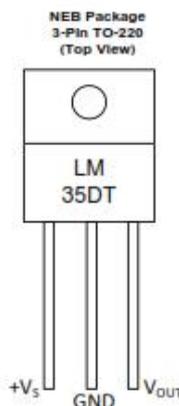
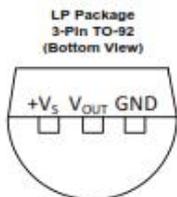
5 Pin Configuration and Functions



Case is connected to negative pin (GND)



N.C. = No connection



Tab is connected to the negative pin (GND).

NOTE: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP

Pin Functions

NAME	PIN				TYPE	DESCRIPTION
	TO46	TO92	TO220	SO8		
V _{OUT}	—	—	—	1	O	Temperature Sensor Analog Output
N.C.	—	—	—	2	—	No Connection
N.C.	—	—	—	3	—	No Connection
GND	—	—	—	4	GROUND	Device ground pin, connect to power supply negative terminal
N.C.	—	—	—	5	—	No Connection
N.C.	—	—	—	6	—	No Connection
N.C.	—	—	—	7	—	No Connection
+V _S	—	—	—	8	POWER	Positive power supply pin

Fuente: (Texas Instruments, 20011)

ANEXO N^o. 9 TRIAC BT 136

Philips Semiconductors

Product specification

Triacs

BT136 series

GENERAL DESCRIPTION

Passivated triacs in a plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional transient and blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

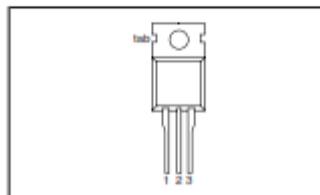
QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	UNIT
V_{DRM}	Repetitive peak off-state voltages	600 600F	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	4	A
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	25	A

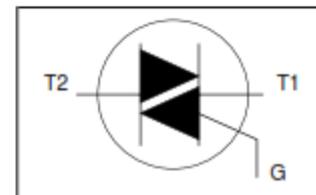
PINNING - TO220AB

PIN	DESCRIPTION
1	main terminal 1
2	main terminal 2
3	gate
tab	main terminal 2

PIN CONFIGURATION



SYMBOL



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DRM}	Repetitive peak off-state voltages		-	600 ¹	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	full sine wave; $T_{mb} \leq 107\text{ }^{\circ}\text{C}$	-	4	A
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	full sine wave; $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ prior to surge	-	25	A
P_t	P_t for fusing	$t = 20\text{ ms}$	-	27	A
di_T/dt	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$t = 16.7\text{ ms}$ $t = 10\text{ ms}$ $I_{TM} = 6\text{ A}; I_G = 0.2\text{ A};$ $di_G/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$	-	3.1	A ² /s
I_{GM}	Peak gate current	T2+ G+	-	50	A/ μs
V_{GM}	Peak gate voltage	T2+ G-	-	50	A/ μs
P_{GM}	Peak gate power	T2- G-	-	50	A/ μs
$P_{GM(AV)}$	Average gate power	T2- G+	-	10	A
T_{stg}	Storage temperature		-	2	A
T_j	Operating junction temperature		-40	5	V
			-	5	W
			-	0.5	W
			-	150	$^{\circ}\text{C}$
			-	125	$^{\circ}\text{C}$

Fuente: (Philips Semiconductor, 2009)

ANEXO 6 TRIAC BT 136

Philips Semiconductors

Product specification

Triacs

BT136 series

THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{th,mb}$	Thermal resistance junction to mounting base	full cycle	-	-	3.0	K/W
$R_{th,ja}$	Thermal resistance junction to ambient	half cycle in free air	-	60	3.7	K/W
			-		-	K/W

STATIC CHARACTERISTICS

 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
I_{GT}	Gate trigger current	BT136- $V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$ T2+ G+ T2+ G- T2- G- T2- G+	-	5 8 11 30	35 35 35 70	25 25 25 70	mA mA mA mA
I_L	Latching current	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$ T2+ G+ T2+ G- T2- G- T2- G+	-	7 16 5 7	20 30 20 30	20 30 20 30	mA mA mA mA
I_H	Holding current	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$ T2- G+	-	5	15	15	mA
V_T	On-state voltage	$I_T = 5\text{ A}$	-	1.4	1.70		V
V_{GT}	Gate trigger voltage	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$ $V_D = 400\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A};$ $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	- 0.25	0.7 0.4	1.5 -		V V
I_D	Off-state leakage current	$V_D = V_{DRM(max)}$ $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	-	0.1	0.5		mA

DYNAMIC CHARACTERISTICS

 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	
dV_D/dt	Critical rate of rise of off-state voltage	BT136- $V_{DM} = 67\% V_{DRM(max)}$ $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$; exponential waveform; gate open circuit	100	50	250	-	V/ μs
dV_{comm}/dt	Critical rate of change of commutating voltage	$V_{DM} = 400\text{ V}; T_j = 95\text{ }^\circ\text{C};$ $I_{T(RMS)} = 4\text{ A};$ $di_{comm}/dt = 1.8\text{ A/ms}$; gate open circuit	-	-	50	-	V/ μs
t_{gt}	Gate controlled turn-on time	$I_{TM} = 6\text{ A}; V_D = V_{DRM(max)}$ $I_G = 0.1\text{ A}; di_G/dt = 5\text{ A}/\mu\text{s}$	-	-	2	-	μs

Fuente: (Philips Semiconductor, 2009)

ANEXO N°. 10 DRAIVER UNL2804



**Octal High Voltage,
High Current Darlington
Transistor Arrays**

The eight NPN Darlington connected transistors in this family of arrays are ideally suited for interfacing between low logic level digital circuitry (such as TTL, CMOS or PMOS/NMOS) and the higher current/voltage requirements of lamps, relays, printer hammers or other similar loads for a broad range of computer, industrial, and consumer applications. All devices feature open-collector outputs and free wheeling clamp diodes for transient suppression.

The ULN2803 is designed to be compatible with standard TTL families while the ULN2804 is optimized for 6 to 15 volt high level CMOS or PMOS.

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ and rating apply to any one device in the package, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Output Voltage	V_O	50	V
Input Voltage (Except ULN2801)	V_I	30	V
Collector Current – Continuous	I_C	500	mA
Base Current – Continuous	I_B	25	mA
Operating Ambient Temperature Range	T_A	0 to +70	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Junction Temperature	T_J	125	$^\circ\text{C}$

$R_{\theta JA} = 55^\circ\text{C/W}$
Do not exceed maximum current limit per driver.

ORDERING INFORMATION

Device	Characteristics		
	Input Compatibility	$V_{CE}(\text{Max}) I_C(\text{Max})$	Operating Temperature Range
ULN2803A	TTL, 5.0 V CMOS	50 V/500 mA	$T_A = 0 \text{ to } +70^\circ\text{C}$
ULN2804A	6 to 15 V CMOS, PMOS		

Order this document by ULN2803/D

**ULN2803
ULN2804**

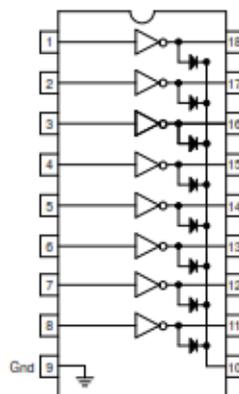
**OCTAL PERIPHERAL
DRIVER ARRAYS**

**SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA**



A SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 707

PIN CONNECTIONS



Fuente: (Motorola, 2006)

ANEXO: 8



DM74LS14

Hex Inverter with Schmitt Trigger Inputs

General Description

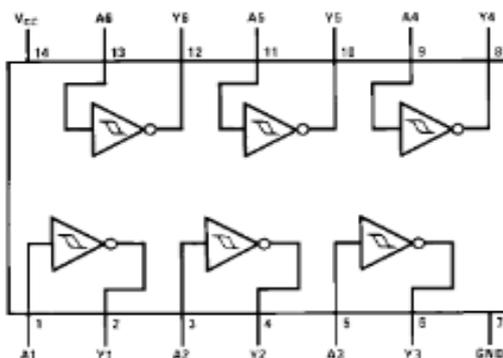
This device contains six independent gates each of which performs the logic INVERT function. Each input has hysteresis which increases the noise immunity and transforms a slowly changing input signal to a fast changing, jitter free output.

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS14M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
DM74LS14SJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS14N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Function Table

$$Y = \bar{A}$$

Input	Output
A	Y
L	H
H	L

H = HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V _{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V _{T+}	Positive-Going Input Threshold Voltage (Note 2)	1.4	1.6	1.9	V
V _{T-}	Negative-Going Input Threshold Voltage (Note 2)	0.5	0.8	1	V
HYS	Input Hysteresis (Note 2)	0.4	0.8		V
I _{OH}	HIGH Level Output Current			-0.4	mA
I _{OL}	LOW Level Output Current			8	mA
T _A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

Fuente: (Fairchild Semiconductor, 2009)

ANEXO N^o. 11 AMPLIFICADOR OPERACIONAL LM358



LM158-N, LM258-N, LM2904-N, LM358-N

SNOSBT31 – JANUARY 2000 – REVISED DECEMBER 2014

LMx58-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers

1 Features

- Available in 8-Bump DSBGA Chip-Sized Package, (See AN-1112, [SNVA009](#))
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100 dB
- Wide Bandwidth (Unity Gain): 1 MHz (Temperature Compensated)
- Wide Power Supply Range:
 - Single Supply: 3V to 32V
 - Or Dual Supplies: $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very Low Supply Current Drain (500 μA)—Essentially Independent of Supply Voltage
- Low Input Offset Voltage: 2 mV
- Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground
- Differential Input Voltage Range Equal to the Power Supply Voltage
- Large Output Voltage Swing
- Unique Characteristics:
 - In the Linear Mode the Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground and the Output Voltage Can Also Swing to Ground, even though Operated from Only a Single Power Supply Voltage.
 - The Unity Gain Cross Frequency is Temperature Compensated.
 - The Input Bias Current is also Temperature Compensated.
- Advantages:
 - Two Internally Compensated Op Amps
 - Eliminates Need for Dual Supplies
 - Allows Direct Sensing Near GND and V_{OUT} Also Goes to GND
 - Compatible with All Forms of Logic
 - Power Drain Suitable for Battery Operation

2 Applications

- Active Filters
- General Signal Conditioning and Amplification
- 4- to 20-mA Current Loop Transmitters

3 Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard 3.3-V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

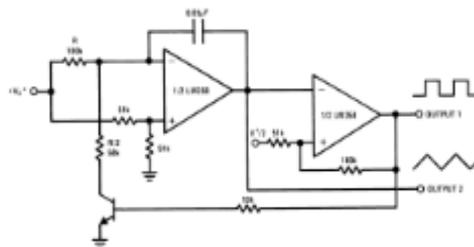
The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump DSBGA) using TI's DSBGA package technology.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM158-N	TO-CAN (8)	9.05 mm x 9.09 mm
	CDIP (8)	10.16 mm x 6.502 mm
LM258-N	TO-CAN (8)	9.05 mm x 9.09 mm
	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
LM2904-N	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm
	TO-CAN (8)	9.05 mm x 9.09 mm
LM358-N	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm
	TO-CAN (8)	9.05 mm x 9.09 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

Voltage Controlled Oscillator (VCO)



Fuente: (Texas Instrumenst, 2011)

ANEXO N^o. 12 TRANSISTOR TIP 120

TIP120, TIP121, TIP122 (NPN); TIP125, TIP126, TIP127 (PNP)

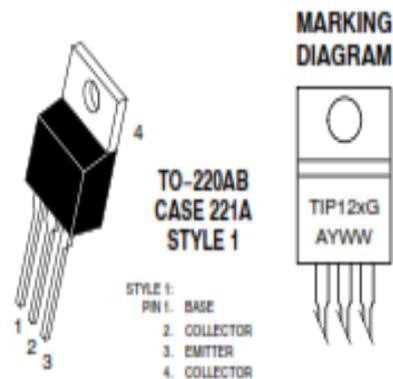
Plastic Medium-Power Complementary Silicon Transistors

Designed for general-purpose amplifier and low-speed switching applications.

Features

- High DC Current Gain –
 - $h_{FE} = 2500$ (Typ) @ I_C
 - $= 4.0$ Adc
- Collector–Emitter Sustaining Voltage – @ 100 mAdc
 - $V_{CEO(sust)} = 60$ Vdc (Min) – TIP120, TIP125
 - $= 80$ Vdc (Min) – TIP121, TIP126
 - $= 100$ Vdc (Min) – TIP122, TIP127
- Low Collector–Emitter Saturation Voltage –
 - $V_{CE(sat)} = 2.0$ Vdc (Max) @ $I_C = 3.0$ Adc
 - $= 4.0$ Vdc (Max) @ $I_C = 5.0$ Adc
- Monolithic Construction with Built-In Base–Emitter Shunt Resistors
- Pb–Free Packages are Available*

DARLINGTON 5 AMPERE COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS 60–80–100 VOLTS, 65 WATTS



TIP12x = Device Code
x = 0, 1, 2, 5, 6, or 7
A = Assembly Location
Y = Year
WW = Work Week
G = Pb–Free Package

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information on page 3 of this data sheet.

Fuente: (Texas Instrumenst, 2011)

ANEXO N^o. 13 TRANSISTOR TIP 120

Philips Semiconductors

Product specification

NPN switching transistor

2N3904

FEATURES

- Low current (max. 200 mA)
- Low voltage (max. 40 V).

APPLICATIONS

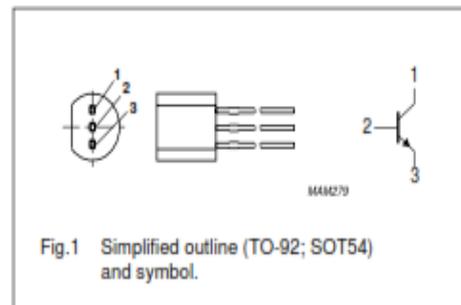
- High-speed switching.

DESCRIPTION

NPN switching transistor in a TO-92; SOT54 plastic package. PNP complement: 2N3906.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	collector
2	base
3	emitter



LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage	open emitter	–	60	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base	–	40	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	–	6	V
I_C	collector current (DC)		–	200	mA
I_{CM}	peak collector current		–	300	mA
I_{BM}	peak base current		–	100	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25\text{ }^\circ\text{C}$; note 1	–	500	mW
T_{stg}	storage temperature		–65	+150	$^\circ\text{C}$
T_J	junction temperature		–	150	$^\circ\text{C}$
T_{amb}	operating ambient temperature		–65	+150	$^\circ\text{C}$

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

Fuente: (Philips Semiconductors, 2009)