

TESIS DE GRADO

Presentado a la Facultad Técnica, Carrera de Ingeniería en Control y Automatismo
de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, por

HECTOR ULLOA LÓPEZ

TITO RODRIGUEZ GONZALEZ

**TEMA: “ANALISIS Y ESTUDIO DE LOS SENSORES APLICADOS A LA
MECATRONICA PARA PRACTICAS EN EL LABORATORIO DE
ELECTRONICA CONTROL Y AUTOMATISMO UTILIZANDO EL
MODULO DE ENTRENAMIENTO NI-QNET-015”**

Para dar cumplimiento con uno de los requisitos para optar con el título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

Tribunal de Sustentación

**Ing. Efraín Suarez
Director de Tesis**

**Ing. Manuel Romero Paz.
Decano de la Facultad Técnica.**

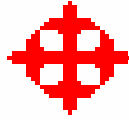
**Ing. Armando Eras Sanchez .
Director de Carrera**

**Ing. Luis Vallejo Samaniego.
Coordinador de Escuela**

**Eco. Gladys Contreras Molina.
Coordinadora Administrativa**

**Ing. Néstor Zamora Cedeño
Profesor Reviso**

**Ing. Luis Pinzón Barriga
Profesor Revisor**



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo

Tesis de Grado

Previo a la Obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

Tema:

**“ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LOS SENSORES APLICADOS A LA
MECATRÓNICA PARA PRÁCTICAS EN EL LABORATORIO DE
ELECTRÓNICA CONTROL Y AUTOMATISMO UTILIZANDO EL MÓDULO
DE ENTRENAMIENTO NI-QNET-015”**

Realizado por:

Hector Ecuador Ulloa López
Tito Ernesto Rodríguez González

Director de Tesis:

Ing. Efraín Suárez Murillo

Guayaquil, Mayo 2012

Guayaquil, 18 de Mayo del 2012

Sr. Ing.

Manuel Romero P.

Decano

De mis consideraciones:

Mediante la presente comunico a Ud. Que una vez revisada y realizadas las respectivas correcciones de la tesis que lleva por título **“ANALISIS Y ESTUDIO DE LOS SENSORES APLICADOS A LA MECATRONICA PARA PRACTICAS EN EL LABORATORIO DE ELECTRONICA CONTROL Y AUTOMATISMO UTILIZANDO EL MODULO DE ENTRENAMIENTO NI-QNET-015”**, la misma que ha sido desarrollada por los Sres. Hector Ecuador Ulloa Lopez y Tito Ernesto Rodriguez Gonzalez, recomiendo que siga el tramite respectivo para su posterior sustentacion.

Atentamente.

Ing. Efraín Suárez Murillo

Director de tesis

Agradecimientos

A Dios, por ser fuente suprema de toda sabiduría y ser la luz y guía de nuestros propósitos así como la fuerza que inspiró nuestro camino.

A nuestras familias, por ser los pilares fundamentales para alcanzar tan anhelado triunfo, que representa el final de una de las etapas más importantes de nuestras vidas y el inicio de otras que serán aún más enriquecedores.

Al cuerpo docente de la Universidad Católica, y con mayor gratitud al Ing. Armando Montecé por su ayuda prestada y al Ing. Efraín Suarez, nuestro Director de tesis, por el apoyo y orientación brindada para la culminación del presente proyecto

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO	2
CAPITULO 1.....	10
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Planteamiento del Problema	11
1.1.1 Delimitación del Problema.....	12
1.1.2 Justificación.....	12
1.2 ANTECEDENTES	12
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo General	13
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
1.4 HIPOTESIS.....	14
CAPITULO 2.....	15
2. DESARROLLO HISTÓRICO DE LA MECATRÓNICA.....	15
2.1 Definición de la Mecatrónica	16
2.2 Elementos claves de la Mecatrónica	17
2.3 Integración Interdisciplinaria de la Mecatrónica.....	17
2.4 Mecatronica: Filosofía de Diseño	19
2.5 Desarrollo de Sistemas Mecatrónicos	19
2.6 Clasificación de Sistemas mecatrónicos.....	20
2.7 Elementos de un sistema Mecatrónico.....	22
2.7.1 A. Sensores y Actuadores.....	22
Sensores	22
Tipos de sensores	23
2.7.1.1 Sensores reflectivos y por intercepción (de ranura).....	24
2.7.1.2 LDR (<i>Light-Dependent Resistor</i> , resistor dependiente de la luz). 24	
2.7.1.3 CCD y cámaras de vídeo.....	25
2.7.1.4 Microinterruptores.....	25
2.7.1.5 Sensores de presión	26
2.7.1.6 Sensores de contacto (choque).....	26
2.7.1.7 Piel robótica	27
2.7.1.8 Sensor piezoeléctrico.....	27
2.7.1.9 Sensor Infrarrojo.....	28

2.7.1.10	Micrófonos y sensores de sonido	28
2.7.1.11	RTD (Termoresistencias)	29
2.7.1.12	Encoder Óptico	29
2.7.1.13	Sensores de Campo Magnético	30
Actuadores		30
2.7.1.14	Actuadores Hidráulicos	31
2.7.2.5.3	<i>Cilindro Hidráulico Generalidades</i>	32
2.7.1.15	Actuadores Neumáticos	33
2.7.1.16	Actuadores Eléctricos	36
2.7.1.16.1	<i>Servomotor de corriente alterna</i>	39
2.7.1.16.2	<i>Motor de corriente continua</i>	40
2.7.1.16.3	<i>Motor Paso a Paso sin escobilla</i>	43
2.7.2	B. Sistemas de Control	46
2.7.2.1	Objetivos del control automático de procesos	46
2.7.2.2	Reguladores y servomecanismos	47
2.7.2.3	Sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado	47
2.7.2.3.1	<i>Sistema de control en lazo abierto</i>	48
2.7.2.3.2	<i>Sistema de control en lazo cerrado</i>	49
2.7.2.4	Clasificación general de los sistemas de control	49
2.7.2.5	Acciones básicas de control	50
2.7.2.5.1	<i>Acción de dos posiciones</i>	51
2.7.2.5.2	<i>Acción proporcional (P)</i>	51
2.7.2.5.3	<i>Acción proporcional Integral</i>	53
2.7.2.5.4	<i>Acción Proporcional Derivativa</i>	54
2.7.2.5.5	<i>Acción proporcional-integral-derivativo (PID)</i>	55
2.7.3	C. Modelación de Sistemas Físicos	56
2.7.3.1	Modelo	56
2.7.4	D. Computadoras y Sistemas Lógicos	57
2.7.5	E. Software y adquisición de datos	59
CAPITULO 3		61
DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS Y PROGRAMAS PROPUESTOS		61
3.1 NI ELVIS: Plataforma Educativa para Diseño y Generación de Prototipos		61
3.1.1 Razones Principales para usar NI ELVIS		62

3.1.2	Componentes de la Plataforma de Educación para Electrónica.....	62
3.1.3	Instrumentos Integrados.....	62
3.1.4	Plataforma de aprendizaje multidisciplinario	63
3.2	Entrenador de Sensores de Mecatrónica Qnet	63
3.2.1	Nomenclatura de los componentes del entrenador de sensores aplicados a la mecatrónica de la figura # 38	65
3.2.2	Características y propiedades de los sensores del modulo Qnet entrenador de sensores aplicados a la mecatrónica.....	65
3.2.2.1	Resolución y precisión.	65
3.2.2.2	Rango	66
3.2.2.3	Absolutos e incrementales.....	66
3.2.2.4	Medición del sensor analógico.....	66
3.2.3	Descripción de los componentes del módulo Qnet entrenador de sensores aplicados a la mecatrónica.....	67
3.2.3.1	Sensores de desviación y vibración.....	67
3.2.3.1.1	<i>Piezo Eléctrico.....</i>	67
3.2.3.1.1	<i>Galgas extensiométricos (Strain Gages)</i>	68
3.2.3.2	Sensores de Medición Angular.....	68
3.2.3.2.1	<i>Potenciómetro Giratorio.....</i>	68
3.2.3.2.2	<i>Incremental encoder óptico</i>	69
3.2.3.3	Sensor de Presión	70
3.2.3.4	Sensor de Temperatura	70
3.2.3.5	Sensores de rango de larga distancia.....	72
3.2.3.5.1	<i>Sensor Sonar</i>	72
3.2.3.5.2	<i>Sensor Infrarrojo</i>	73
3.2.3.6	Sensores de Rango de corta distancia.....	73
3.2.3.6.1	<i>Sensores de Posición Óptica.....</i>	73
3.2.3.6.2	<i>Sensor de campo magnético</i>	74
3.2.3.7	Interruptores (switch).....	75
3.2.3.7.1	<i>Micro Interruptor o Micro Switch.....</i>	75
3.2.3.7.2	<i>Botón Pulsador.</i>	75
3.2.3.7.3	<i>Switch o Interruptor Óptico.....</i>	75
3.2.3.8	Diodos Emisores de Luz.....	76
3.3	Software y tarjeta de adquisición de datos Utilizados para las prácticas	76

3.3.1	Programa Labview	76
3.3.2	Características principales de la plataforma del programa Labview	77
3.3.2.1	Programación más rápida	77
3.3.2.2	Representación de flujos de datos	77
3.3.2.3	Integración de Hardware con LabVIEW	77
3.3.2.3.1	<i>E/S y Comunicación</i>	77
3.3.2.3.2	<i>Hardware Plug-and-Play</i>	77
3.3.2.4	Análisis y Procesamiento de Señales Avanzados e Integrados	77
3.3.2.4.1	<i>Análisis Integrado</i>	77
3.3.2.4.2	<i>Procesamiento de Señales en Línea</i>	77
3.3.2.5	Visualización de Datos e Interfaces de Usuario	78
3.3.2.5.1	<i>Controles Integrados</i>	78
3.3.2.5.2	<i>Controles Personalizados</i>	78
3.3.2.6	Varios Enfoques de Programación	78
3.3.2.6.1	<i>Reutilización de Código</i>	78
3.3.2.6.2	<i>Varios Patrones de Diseño</i>	78
3.3.2.7	Múltiples Objetivos y SOs	78
3.3.2.7.1	<i>PC y SOs en Tiempo Real</i>	78
3.3.2.7.2	<i>FPGAs y Microprocesadores</i>	78
3.3.2.8	Programación Multinúcleo	78
3.3.2.8.1	<i>Multithreading Automática</i>	78
3.3.2.8.2	<i>Identificación de Ejecución</i>	78
3.3.2.9	Almacenamiento de Datos y Reportes	79
3.3.2.9.1	<i>E/S a Archivo Diseñada para Crear Datos</i>	79
3.3.2.9.2	<i>Herramientas Flexibles para Reportes</i>	79
3.3.2.10	Áreas de Aplicación de Labview	79
3.3.2.10.1	<i>Aplicaciones</i>	79
3.3.3	Adquisición de datos	80
3.3.3.1	Tarjeta Utilizada para la adquisición de Datos	81
3.3.3.1.1	<i>Características técnicas de la tarjeta de adquisición de datos</i>	83
3.4	Computadora	83
3.4.1	Características técnicas del computador utilizado	83
3.5	Entorno completo de la Instalación y conexión de los componentes	84

CAPITULO 4.....	85
METODOLOGÍA USADA Y PRÁCTICAS DE LABORATORIO RECOMENDADAS.	85
4.1 Justificación de la Elección del Método.....	85
4.2 Diagnostico de la situación actual en la facultad sobre el conocimiento de la Mecatrónica y sus sistemas.	87
4.2.1 Preguntas realizadas en la encuesta.....	88
4.2.2 Resultados de la Encuesta.....	89
4.3 Procedimientos a seguir para la realización de las prácticas.	92
4.3.1 Practicas básicas Realizadas.....	93
Practica # 1	93
TEMA: Utilización del sensor de bandas extensiométrica.	93
Practica # 2	99
TEMA: Utilización del sensor de presión.....	99
Practica # 3	104
TEMA: Sensor de piezoeléctrico	104
Practica # 4	107
TEMA: Potenciómetro	107
Practica # 5	111
TEMA: Sensor sonar	111
Practica # 6	114
TEMA: Sensor Infrarrojo.....	114
Practica # 7	118
TEMA: Sensor Óptico de Posición	118
Practica # 8	122
TEMA: Sensor de campo magnético	122
Practica # 9	126
TEMA: Encoder	126
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	130
BIBLIOGRAFÍA.....	132

INDICE DE FIGURAS

Figura # 1: Ramas que conforman la Ingeniería Mecatrónica	16
Figura # 2: Filosofía del Diseño de la Mecatrónica	19
Figura # 3: Sensor Reflectivo.	24
Figura # 4: L.D.R.....	24
Figura # 5: Circuito Integrado con sensibilidad a la Luz	25
Figura # 6: Microinterruptores	25
Figura # 7: Sensor de Presión.....	26
Figura # 8: Sensor de contacto	26
Figura # 9: Sensor Plano	27
Figura # 10: Sensor Piezoeléctrico.	27
Figura # 11: Sensor Infrarrojo.....	28
Figura # 12: Sensor de sonido.....	28
Figura # 13: Sensor de Temperatura	29
Figura # 14: Encoder.....	29
Figura # 15: Sensores de Campo Magnético	30
Figura # 16: Tipos de cilindros hidráulicos.....	31
Figura # 17: Cilindro hidráulico de simple efecto y de doble efecto	32
Figura # 18: Cilindro Hidráulico Simple.....	33
Figura # 19: Cilindro Hidráulico Giratorio.....	33
Figura # 20: Servomotor y cilindro neumático lineal.....	34
Figura # 21: Servomotor neumático giratorio	35
Figura # 22: Músculo neumático	35
Figura # 23: Motor Neumático	36
Figura # 24: Transmisión de movimiento rotativo a lineal.....	37
Figura # 25: Aplicaciones de los actuadores eléctricos.....	38
Figura # 26: Servomotor C.A.....	39
Figura # 27: Circuito de Motor de C.C de velocidad controlada	40
Figura # 28: Servomotor todo-nada y proporcional	42
Figura # 29: Motor paso a paso.....	44
Figura # 30: Lazo de control proporcional.....	44
Figura # 31: Circuitos típicos de motor paso a paso.....	45
Figura # 32: Modelos de actuadores con motor paso a paso y mando a distancia.....	45
Figura # 33: Diagrama de bloques de un sistema de lazo abierto.....	48
Figura # 34: Diagrama de Bloques de un sistema de control de lazos cerrado	49
Figura # 35: Diagrama de bloques de un control de dos posiciones.....	51
Figura # 36: Diagrama en bloque de un control proporcional.....	53
Figura # 37: Diagrama en bloque de un control PID.....	56
Figura # 38: Representación esquemática de un ordenador o computador	58
Figura # 39: NI ELVIS I y II	62
Figura # 40: Módulo QNET entrenador de sensores aplicados a la mecatrónica.....	64
Figura # 41: Diferentes respuestas del sensor analógico	67
Figura # 42: Sensor Piezo Electrico del módulo Qnet.....	68
Figura # 43: Sensor Galgas extensiométricos (Strain Gages) del módulo Qnet.....	68
Figura # 44: Potenciómetro giratorio del módulo Qnet.....	68
Figura # 45: Señales del incremental encoder óptico	69
Figura # 46: Encoder giratorios y Encoder Led del módulo Qnet.....	69
Figura # 47: Sensor de Presión del módulo Qnet.....	70
Figura # 48: Sensor de temperatura del módulo Qnet	70

Figura # 49: Circuito donde se encuentra ubicado el termistor en el módulo Qnet	71
Figura # 50: Potenciómetros de ganancia y de Compesación (Offset) del módulo Qnet	72
Figura # 51: Sensor sonar del módulo Qnet.....	73
Figura # 52: Sensor Infrarrojo del módulo Qnet.....	73
Figura # 53: Sensor óptico de posición (abajo) y el objetivo mando de posición (arriba) en el módulo QNET.....	74
Figura # 54: Sensor de campo Magnético en el módulo Qnet.....	74
Figura # 55: Micro switch utilizado en el módulo Qnet.....	75
Figura # 56: botón pulsador utilizado en el módulo Qnet	75
Figura # 57: Interruptor óptico utilizado en el módulo Qnet.....	76
Figura # 58: Diodos emisores de Luz utilizados en el módulo Qnet.....	76
Figura # 59: Representación intuitiva en diagramas de flujo de Labview.....	77
Figura # 60: Representación en bloques del proceso de adquisición de datos.....	80
Figura # 61: Cable NI SHC68-68-EPM de 68 pines y tarjeta de adquisición de datos NI PCI-6221 (37 Pines)	82
Figura # 62: Conexión de la tarjeta de adquisición de datos con el computador.....	82
Figura # 63: entorno frontal y posterior de la conexión completa del banco de prácticas de los sensores aplicados a la mecatrónica.....	84
Figura # 64: diagrama de bloques del circuito que el equipo de prácticas utiliza como principio básico, para el estudio de las galgas extensiométricas.....	93
Figura # 65: Panel frontal de la práctica bandas extensiométrica	95
Figura # 66: Valores ingresados a la tabla de mediciones del sensor de bandas extensiométrica	96
Figura # 67: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones del sensor de bandas Extensiométricas	97
Figura # 68: curva de calibración del sensor de bandas Extensiométrica	97
Figura # 69: Curva del espectro generado por el movimiento del flex	98
Figura # 70: Panel frontal del sensor de presión	100
Figura # 71: Valores ingresados en la tabla de mediciones del sensor de presión.....	101
Figura # 72: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones del sensor de Presión.....	101
Figura # 73: Valores ingresados a la tabla de mediciones del sensor de presión.....	102
Figura # 74: Panel frontal de la practica con el sensor piezo	105
Figura # 75: Curva lineal de mínima vibración	105
Figura # 76: Curva resultante de la vibración.....	106
Figura # 77: Panel frontal de la practica con el sensor Potenciómetro	108
Figura # 78: valores ingresados en la tabla de mediciones sensor potenciómetro	109
Figura # 79: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones sensor potenciómetro	109
Figura # 80: Curva de calibración del potenciómetro.....	110
Figura # 81: Panel frontal e de la práctica del Sensor Sonar	112
Figura # 82: Valores ingresados en la tabla de mediciones del sensor sonar.....	112
Figura # 83: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones sensor sonar.....	112
Figura # 84: Calibración del sensor sonar.....	113
Figura # 85: Panel frontal del sensor de presión	115
Figura # 86: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones sensor Infrarrojo	116
Figura # 87: Calibración del sensor de infrarrojo.....	116
Figura # 88: Panel frontal de la practica con el sensor de Posición óptico.....	119
Figura # 89: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones del sensor de posición óptica.	120
Figura # 90: Calibración del sensor de posición óptico.....	121
Figura # 91: Panel frontal de la práctica del sensor campo magnético.....	123

<i>Figura # 92: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones del sensor de campo magnético.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura # 93: Calibración del sensor campo magnético.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura # 94: Panel frontal e de la práctica del Sensor encoder</i>	<i>127</i>
<i>Figura # 95: Iniciación del encoder en el programa VI.</i>	<i>128</i>
<i>Figura # 96: Valores ingresados en la tabla de calibración del sensor</i>	<i>129</i>

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Con el avance de los circuitos integrados y las computadoras, la frontera de la disciplina de la ingeniería formal de la Electrónica y la Ingeniería Mecánica se ha convertido en una fusión, tal es así que algunos productos en el mercado están fabricados con componentes que tienen una interdependencia de la Electrónica, la Mecánica, Ingeniería Eléctrica y los sistemas computarizados de control inteligentes, esto ha llevado a que los fabricantes de estos productos integren en sus actividades a verdaderos Ingenieros en el campo de la Electrónica, Electricidad, Mecánicos y de sistemas computarizados.

El campo de la mecatrónica ofrece ingenieros integrales de experiencia necesaria para hacer frente a estos nuevos cambios y obliga a preparar profesionales actualizados en esta disciplina.

La mecatrónica está definida como la combinación sinérgica de la mecánica de precisión, electrónica, electricidad, control e ingeniería de sistemas, que nos provee de productos fabricados, procesos y sistemas mejorados, estos sistemas adquieren cada vez más importancia en los componentes de regulación tales como la técnica de los automóviles y de producción y hasta los aparatos de uso cotidianos más simples utilizan mecanismos precisos, controlados por sistemas electrónicos y por sistemas de información computarizados los ejemplos van desde cámaras fotográficas digitales, electrodomésticos, teléfonos celulares y hasta vehículos aeroespaciales, todos estos han incidido de manera importante en aspectos sociales y económicos de las actividades humanas.

El objetivo de esta tesis es profundizar el estudio, la comprensión y aplicación de los diferentes tipos de sensores que son utilizados en la disciplina de la mecatrónica, sin descuidar como primera instancia los fundamentos y conceptos básicos de la tecnología de la mecatrónica, los diferentes tipos de sensores que son utilizados en varios tipos de industrias. Por ejemplo, en el campo de la industria automotriz magnética transductores

se utilizan para el acelerador, el pedal, la suspensión, y la detección de posición de la válvula. En el montaje de líneas y la automatización de máquinas, los sensores ópticos se utilizan para la detección de posición sin contacto y la seguridad. Sensores piezoeléctricos que captan la vibración, etc.

Para este objetivo se utilizará el módulo de entrenamiento de sensores de mecatrónica llamado NI-Qnet-015, el cual consta de diferentes componentes tales como diez diferentes tipos de sensores, transductores, interruptores, diodos *led*, *encoder*, botón pulsador, potenciómetros, puentes entre otros, adicionalmente este será ensamblado en el módulo de NI Elvis I (*Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite*), que ayudará a ser la interface conjuntamente con una tarjeta PCI instalada en un computador para realizar las diferentes practicas y estudio de simulación en el programa llamado *Labview de National Instruments*.

Las prácticas serán plasmadas como un aporte al estudio de unos de los componentes más importantes en la mecatrónica el cual ayudará a la comprensión más simple tanto para alumnos, profesores y profesionales, realizando mediciones, cálculos y observaciones que pueden reforzar los conocimientos de estos procesos.

1.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad la Ingeniería en el campo de la Mecatrónica es muy poca conocida en el país, por lo que unas cuantas Universidades ofrecen esta carrera, por la escasa demanda estudiantil que existe, por lo tanto es importante difundirla desde la propia Universidad Católica Santiago de Guayaquil a través de la Facultad de Educación Técnica y crear la necesidad de implementar y abrir nuevos conocimientos en esta disciplina y ampliar los mismos, reforzando con conceptos claros y demostraciones prácticas de laboratorio el funcionamiento de los sensores aplicados a la Mecatrónica y fundamentar los conocimientos para estar a la altura de los requerimientos del mundo contemporáneo.

1.1.1 Delimitación del Problema

De acuerdo a lo indicado anteriormente esta tesis es delimitada de la siguiente manera: “Prácticas de laboratorio con equipos tecnológicos de última generación como el Módulo de Entrenamiento NI-QNET-015, Módulo NI Elvis, tarjeta de interface PCI para adquisición de datos y un computador, para la demostración de los fundamentos básicos, el aprendizaje y funcionamiento de los sensores aplicados a la Mecatrónica”

1.1.2 Justificación

Hoy en día con la integración y la convergencia de algunas ingenierías que conforman la Mecatrónica es imprescindible e importante conocer los fundamentos teóricos y prácticos que lleven al conocimiento de esta nueva tecnología con el único propósito de entender con mejor claridad los diferentes fenómenos que se presentan especialmente con los múltiples tipos de sensores que forman parte integral de este sistema.

Por otro lado dadas las características de innovación de los productos que abarcan esta nueva tecnología, constituyen un universo con un crecimiento exponencial, desde el punto de vista de la demanda laboral, en la actualidad no existen productos confusos que no tengan integrado implícitamente la Mecatrónica, como indicamos anteriormente desde una cámara fotográfica digital, celulares y desde también edificios inteligentes, lava carros, un automóvil o un asiento de última generación de la industria aeronáutica comercial, siempre van a recurrir a ingenieros que tengan conocimiento en esta rama o tengan experiencia en el campo de la Mecatrónica, para la resolución de los problemas de innovación Tecnológica que se les presente a los fabricantes y demandantes de estos equipos.

1.2 ANTECEDENTES

Desde algún tiempo atrás en el mundo se está hablando mucho sobre la convergencia de algunas ingenierías, a través de la integración de la Mecánica, Electricidad, Electrónica, el software y el diseño industrial, que logran una nueva tecnología avanzada llamada Mecatrónica, que crea ahorro de energía, ahorro de recursos y de sistemas inteligente, esto fue discutido en Japón a mediados de los años 70', y que en la actualidad es una realidad se observa claramente como las industrias se han modernizados con sistemas totalmente convergentes e interdependientes que utilizan esta nueva tecnología, para la

resolución de sus problemas de una manera integral, utilizando ingenieros capacitados que puedan manejar el contexto global de este nuevo sistema tecnológico.

Este sistema mecatrónico es aquel que recoge señales, las procesa generando fuerzas y movimientos. Los sistemas mecánicos son entonces extendidos e integrados con sensores, microprocesadores y controladores. Los robots, las máquinas controladas digitalmente, los vehículos guiados automáticamente, etc. pueden considerarse como sistemas mecatrónicos.

Como se indica los sensores son una de las partes más importantes de este sistema, estos dispositivos son aquellos que detectan alguna determinada acción externa.

Los sensores existen desde siempre, y hasta el hombre los tiene incluidos en su cuerpo y de diferentes tipos. El hombre experimenta sensaciones como calor o frío, duro o blando, fuerte o flojo, agradable o desagradable, pesado o no. Y poco a poco le ha ido añadiendo adjetivos a estas sensaciones para cuantificarlas como frígido, fresco, tibio, templado, caliente, frío. Es decir, que día a día ha ido necesitando el empleo de magnitudes medibles más exactas.

A lo largo del tiempo el hombre se ha encontrado con múltiples adversidades, pero siempre ha encontrado la manera de resolverlos o por lo menos de tratar de hacerlo, la ingeniería de la mecatrónica ha tenido un proceso de gestación y desarrollo acelerado y que hoy en día al parecer no tiene fin, a lo largo del último siglo esta nueva tecnología señaló la capacidad de su evolución con la que se cuenta en esta disciplina y con la que se presiente poner a la vanguardia máxima a la ciencia.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos planteados para este proyecto de investigación son los siguientes:

1.3.1 Objetivo General

Fortalecer el análisis y exploración de los sensores aplicados a la Mecatrónica para prácticas en el Laboratorio de Electrónica Control y Automatismo utilizando el módulo de entrenamiento NI-QNET-015 (Entrenador de Sensores de Mecatrónica).

1.3.2 Objetivos Específicos

- ✚ Instruirse en el manejo de la plataforma de entrenamiento NI-QNET-015.
- ✚ Aprender el manejo del módulo complementario NI ELVIS para que interactúe con la plataforma de entrenamiento NI-QNET-015.
- ✚ Utilizar las herramientas complementarias del software NI LABVIEW necesarias para desarrollar los temas propuestos.
- ✚ Determinar las prácticas que serán realizadas.
- ✚ Analizar los resultados de las prácticas desarrolladas.

1.4 HIPOTESIS

Motivar a las autoridades de la Facultad a crear una nueva carrera en la que se pueda brindar las competencias requeridas para realizar la concepción-diseño y desarrollo de la ingeniería en Mecatrónica, integrando mecánica de precisión, tarjetas electrónicas, motores eléctricos, dispositivos microcontrolados y PLC para sus aplicaciones.

CAPITULO 2

2. DESARROLLO HISTÓRICO DE LA MECATRÓNICA

La ingeniería ha avanzado con el ser humano, se dice que el primer gran paso que dio, fue cuando se usó herramientas labradas para la cacería o en el encender de la hoguera. El hombre empezó a desarrollar técnicas para su propio sustento, por ejemplo, técnicas para producir metales resistentes, arcos, vestimenta, arado.

El hombre no solo hizo uso de técnicas, sino que sustituyo la fuerza del hombre por la fuerza animal, a partir del surgimiento del arado. El paso importante para el surgimiento de las ingenierías fue la Revolución Industrial, el mayor cambio tecnológico, en el cuál se sustituye el trabajo manual por la industria y manufactura de maquinaria. La revolución comenzó con la mecanización de las industrias textiles.

Gracias a la Revolución Industrial, surge:

- La producción en serie.
- Aplicación de ciencia y tecnología que permita el desarrollo de máquinas que mejoran los procesos productivos.
- Nuevas fuentes energéticas, el carbón y vapor.
- Revolución en el transporte: ferrocarriles y barcos de vapor.

A medida que pasa el tiempo, se introduce la electrónica e informática en los procesos de producción. Esta implementación, mejora la producción, incrementando la velocidad de producción y la calidad.

La industria actual prevalece gracias a la calidad de sus productos, velocidad de producción, uniformidad. Como todo va en constante cambio, siempre se irá requiriendo de nuevas implementaciones tecnológicas y el desarrollo de las mismas. Gracias a estos factores, surge la hoy en día una nueva disciplina, Mecatrónica. Que hoy por hoy se ha consolidado dentro de la sociedad como una disciplina vanguardista e innovadora.

2.1 Definición de la Mecatrónica

¹La Ingeniería Mecatrónica surge de la combinación sinérgica de distintas ramas de la Ingeniería, entre las que destacan: la Mecánica de precisión, la Electrónica, la Informática y los Sistemas de Control. Su principal propósito es el análisis y diseño de productos y de procesos de manufactura automatizados.¹

La Mecatrónica está centrada en mecanismos, componentes electrónicos y módulos de computación los cuales hacen posible la generación de sistemas más flexibles, versátiles y económicos. El término de Mecatrónica fue definido por primera vez en 1969 por un japonés de nombre Tetsuro Moria en la compañía japonesa Yasakawa.

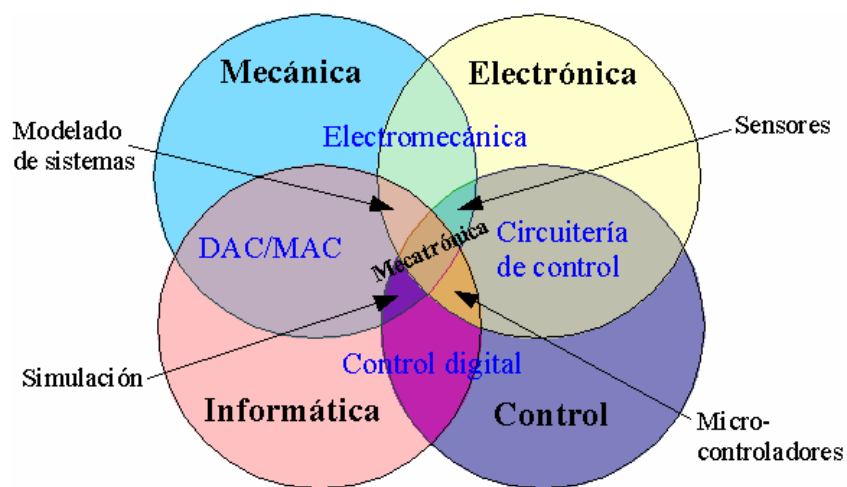


Figura # 1: Ramas que conforman la Ingeniería Mecatrónica

¹J.A. Rietdijk

2.2 Elementos claves de la Mecatrónica

Se dividen en las siguientes áreas de especialización:

1. Modelado de Sistemas Físicos
2. Sensores y Actuadores
3. Señales y Sistemas
 - a. Controladores PID, Difusos, Redes Neuronales.
4. Computadoras y Sistemas Lógicos
 - a. Protocolos de Comunicación,
 - b. interfaces, dispositivos de control
5. Software y Adquisición de Datos
 - a. D/A,A/D, acondicionadores, instrumentos virtuales

2.3 Integración Interdisciplinaria de la Mecatrónica

Disciplinas con las que se relaciona la Ingeniería Mecatrónica:

Física

Química

Matemática

Materiales

Mecánica

Automatización

Control de Procesos

Electricidad

Electrónica

Computación

Administración

Metodología

Proyectos

Máquinas

Tecnologías de la Información

Sistemas

Inteligencia Artificial

Áreas que se desempeña la Mecatrónica:

Automatización Industrial

Robótica

Diseño asistido por computadora

Manufactura asistida por computadora

Sistemas Flexibles de Manufactura

Redes de Comunicación Industrial

Control Numérico Computarizado

Microprocesadores y Microcontroladores

Control Inteligente

Biomecánica

Funciones que desempeña el Ingeniero en Mecatrónica

Supervisar la calidad de los procesos de producción de bienes y servicios.

Participar como agente en la innovación y transferencia de tecnología.

Promover la investigación tecnológica, como la mejora de los procesos de producción.

Formar equipos multidisciplinarios de trabajo.

Mejorar el uso de la tecnología en el diseño de sistemas.

Lograr un ahorro en costos de producción.

Aplicar sus conocimientos en Mecánica, Control de Sistemas, Computación,

Electricidad y Electrónica en la selección y programación de sistemas de producción.

2.4 Mecatronica: Filosofía de Diseño

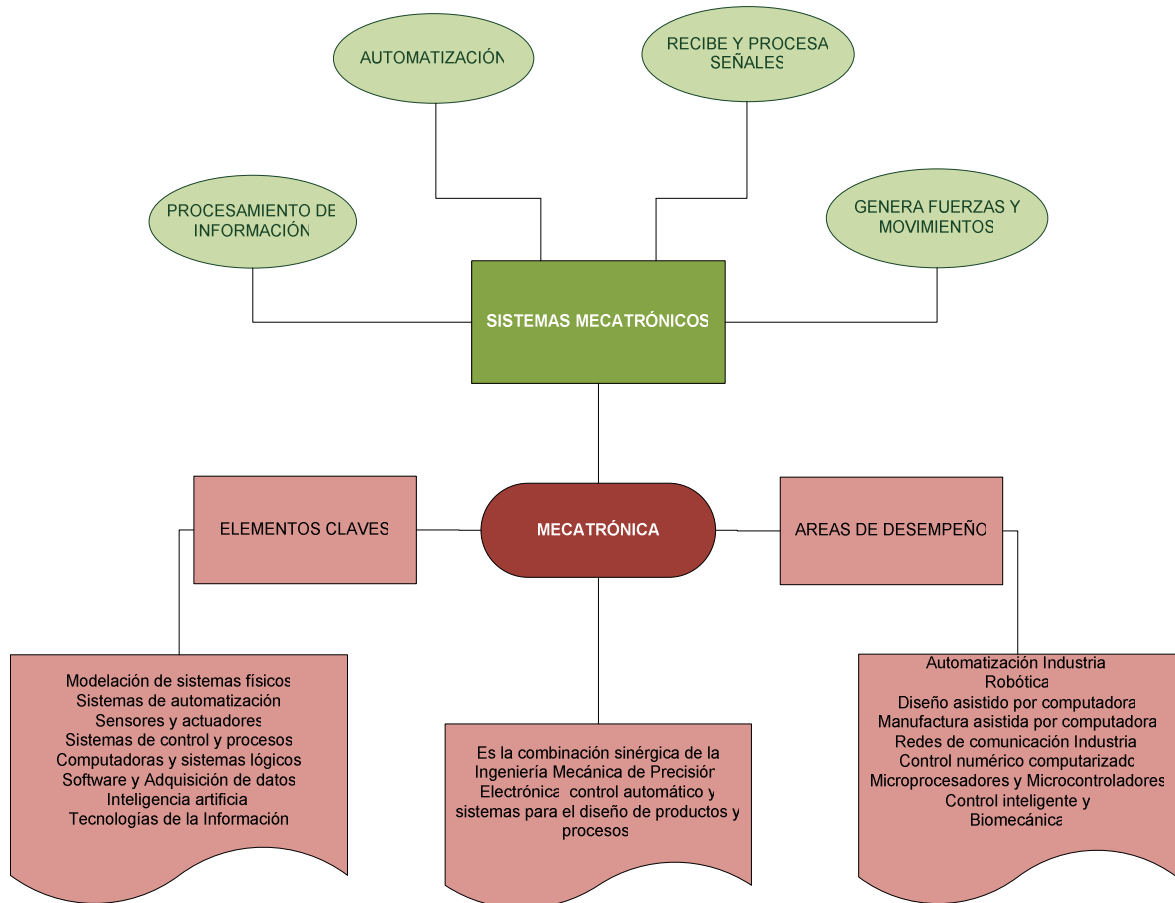


Figura # 2: Filosofía del Diseño de la Mecatrónica

Fuente: FRANCISCO, J. M. (06 de Octubre de 2006). Trabajo-Introduccion-a-Mecatronica.

2.5 Desarrollo de Sistemas Mecatrónicos

Los Sistemas Mecatrónicos son todos aquellos sistemas que tienen puertos de entrada y de salida de tal manera que procesan información, con ellos se generan fuerzas y movimientos específicos adecuados a ciertas situaciones. Mecatrónica se ha definido como la Suma Sinérgica de la Mecánica de Precisión, la Electrónica, Sistemas y Control. Cuando integramos los 3 tipos de sistemas, hablamos de sistemas mecatrónicos. Los sistemas mecánicos generan fuerzas, en combinación de los Sistemas Eléctricos, tendremos sistemas mecánicos con procesamiento de señales. Mediante los Sistemas y el Control, obtenemos sistemas electromecánicos, capaces de hacer actividades automatizadas, sistemas que reconocen ciertas condiciones mediante Sensores, procesando la información, y generando actividades mecánicas flexibles. Un

sistema mecatrónico, a diferencia de un sistema mecánico, está integrado con Sensores, Microprocesadores y Controladores. Para llevar esto a cabo, los sistemas mecatrónicos se apoyan con PLC's. El PLC's (Sistema Lógico Programable), estos controlan los procesos de maquinaria automática dentro de la industria, también pueden correr todo un sistema completo. Los PLC, tienen cuatro unidades principalmente:

1. La Memoria Programable. Las instrucciones para la secuencia de control lógico se acomodan ahí.
2. La Memoria de Datos. Las condiciones de los cambios, inter bloqueo, valores pasados de datos y otros datos de trabajo.
3. Los dispositivos de salida. Estos son los controladores de hardware / software para los procesos industriales como motores y válvulas.
4. Los dispositivos de entrada. Estos son los controladores de hardware /software para los sensores de los procesos industriales como sensores de cambio de estado, detectores de proximidad, ajuste de interbloqueo y más

2.6 Clasificación de Sistemas mecatrónicos.

MEMS (Sistemas Micro electromecánicos)

²Los MEMS, también conocidos como microsistemas, son definidos típicamente como dispositivos microscópicos diseñados, fabricados, y utilizados para interactuar o producir cambios dentro de un ambiente controlado² . Estos pequeños y más sofisticados dispositivos que piensan, actúan, miden y se comunican, están remplazando a los dispositivos actuales tradicionales en muchas aplicaciones. ¿Cuál es la motivación para usar microsistemas? El uso de microsistemas ofrece un menor consumo de potencia, alto desempeño, peso reducido y un costo más bajo que los dispositivos utilizados actualmente.

³La técnica de fabricación reduce los costos de ensamble y manufactura, reduce el tamaño y su peso lo que resulta en menos consumo de potencia e incrementa la flexibilidad del diseño de sistemas. Reduciendo el tamaño y peso de un dispositivo permite que puedan usarse múltiples componentes en serie o paralelo para aumentar la

² Fujita, 1996

³ Malshe et al, 1999

funcionalidad, capacidad y fiabilidad del dispositivo³. Los microsistemas se pueden categorizar en seis distintos tipos:

Sensores son dispositivos MEMS diseñados para medir cambios e interactuar con el ambiente. Estos microsistemas incluyen sensores químicos, de movimiento, inerciales, térmicos y ópticos.

Actuadores son un grupo de dispositivos diseñados para proporcionar un estímulo a otros componentes o dispositivos MEMS. En los microsistemas los actuadores son operados electrostáticamente o térmicamente.

MEMS RF son una clase de dispositivos usados para transmitir alta frecuencia, es decir señales de radio frecuencia. Los dispositivos típicos incluyen: interruptores (switches), capacitores, antenas, etc.

MEMS ópticos son dispositivos diseñados para dirigir, reflejar, filtrar, y/o amplificar la luz. Estos componentes incluyen interruptores ópticos y reflectores.

MEMS para microfluidos son dispositivos diseñados para interactuar con fluidos. Dispositivos como bombas y válvulas se han diseñado para trabajar con pequeños volúmenes de fluido.

Bio MEMS son dispositivos que, como muchos de los MEMS para microfluidos, son diseñados para interactuar específicamente con muestras biológicas. Dispositivos como éstos son diseñados para interactuar con proteínas, células biológicas, reactivos médicos, etc. y pueden usarse para suministrar medicamentos u otro análisis médico en sitio. Estas seis áreas representan aplicaciones totalmente diferentes de dispositivos MEMS que actualmente se encuentran en uso o en desarrollo para aplicaciones comerciales o gubernamentales.

NEMS (Sistemas Nano electromecánicos)

⁴Los sistemas nanoelectromecánicos (NEMS) son dispositivos que pueden contener elementos mecánicos, electromagnéticos, ópticos, térmicos y de fluidos con al menos una dimensión del orden de nanómetros⁴. Los NEMS presentan características fascinantes que difieren de su antecesor, los sistemas microelectromecánicos (MEMS).

⁵Entre algunas de éstas características destacan su reducido tamaño, que permitirá la construcción de nanorobots para cirugía a nivel molecular⁵ y ⁶tratamientos de cáncer⁶,

⁴ Rivas *et al.*, 2007

⁵ Freitas, 2005

⁶ Piña-García *et al.*, 2008

⁷medir fuerzas con una resolución de ato- newtons ($1 \times 10^{-18} \text{N}$)⁷; ⁸detectar partículas con masas en la escala de zeptogramos ($1 \times 10^{-21} \text{g}$)⁸, ⁹consumir potencias muy pequeñas del orden de atowatts⁹, operar a frecuencias muy altas hasta de gigahertz ($1 \times 10^9 \text{Hz}$); y ¹⁰disponer de arreglos de nanocanales para obtener agua potable a partir de agua salada, así como su potencial ¹⁰, ¹¹capacidad para crear memorias no volátiles más rápidas y con mayor capacidad de almacenamiento de datos¹¹. Por ende, los NEMS abren un abanico de oportunidades para la fabricación de futuros dispositivos con un amplio rango de aplicaciones en áreas tales como la medicina, electrónica, mecánica, óptica, química, materiales y biotecnología.

2.7 Elementos de un sistema Mecatrónico

2.7.1 ¹²A. Sensores y Actuadores

Sensores

Los sensores son transductores (convierte un tipo de energía a otra) que miden cierto tipo de energía, un indicador o detector en pocas palabras, la energía detectada se convierte en impulsos eléctricos que son captadas por las máquinas de control. Esta información la utilizan los operadores lógicos o bien puede ser analizada por un ser humano.

⁷ Arlett *et al.*, 2006

⁸ Yang *et al.*, 2006; Feng *et al.*, 2007

⁹ Roukes, 2000

¹⁰ Wang *et al.*, 2007

¹¹ Wang *et al.*, 2005; Kang y Jiang, 2007

¹² The Mechatronics Handbook

Tipos de sensores

En la siguiente tabla se indican algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos.

MAGNITUD	TRANSDUCTOR	CARACTERISTICA
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógica
	Encoder	Digital
	Sensor Hall	Digital
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación	Analógica
	Galga extensiométrica	Analógica
	Magnetostrictivos	A/D
	Magnetorresistivos	Analógica
Velocidad Angular y Lineal	LVDT	Analógica
	Dinamo tacométrica	Analógica
	Encoder	Digital
	Detector inductivo	Digital
	Servo-inclinómetros	A/D
	RVDT	Analógica
	Giroscopo	
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Servo-acelerómetro	
Fuerza y par (deformación)	Galga extensiométrica	Analógico
	Triaxiales	A/D
Presión	Membranas	Analógico
	Piezoeléctricos	Analógico
	Manómetro digitales	Digital
Caudal	Turbina	Analógica
	Magnético	Analógica
	Termopar	Analógica
Temperatura	RTD	Analógica
	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	Bimetal Termostato	I/O
Sensores de presencia	Inductivos	I/O
	Capacitivos	I/O
	Ópticos	I/O y Analógico
Sensores táctiles	Matriz de contactos	I/O
	Piel artificial	Analógica
Visión Artificial	Cámaras de video	Procesamiento digital
	Cámaras CCD o CMOS	Procesamiento digital
Sensor de Proximidad	Sensor final de carrera	
	Sensor capacitivo	
	Sensor inductivo	
	Sensor fotoeléctrico	
Sensor acústico	Micrófono	
Sensor de acidez	IsFET	
Sensor de Luz	Fotodiodo	
	Fotorresistencia	
	Fototransistor	
Sensores captura de movimientos	Célula fotoeléctrica	
	Sensores inerciales	

Tabla # 1: Tipos de Sensores Electrónicos

Fuente: Areny, R. P. (1993). *Adquisición y distribución de señales*. Barcelona, España: Marcombo

2.7.1.1 Sensores reflectivos y por intercepción (de ranura)

Los sensores de objetos por reflexión están basados en el empleo de una fuente de señal luminosa (lámparas, diodos LED, diodos láser, etc.) y una célula receptora del reflejo de esta señal, que puede ser un fotodiodo, un fototransistor, LDR, incluso chips especializados, como los receptores de control remoto. Con elementos ópticos similares, es decir emisor-receptor, existen los sensores "de ranura" , donde se establece un haz directo entre el emisor y el receptor, con un espacio entre ellos que puede ser ocupado por un objeto.



Figura # 3: Sensor Reflectivo.

2.7.1.2 LDR (*Light-Dependent Resistor*, resistor dependiente de la luz).

Un LDR es un resistor que varía su valor de resistencia eléctrica dependiendo de la cantidad de luz que incide sobre él. Se le llama, también, fotorresistor o fotorresistencia. El valor de resistencia eléctrica de un LDR es bajo cuando hay luz incidiendo en él (en algunos casos puede descender a tan bajo como 50 ohms) y muy alto cuando está a oscuras (puede ser de varios megaohms).



Figura # 4: L.D.R

2.7.1.3 CCD y cámaras de vídeo

La abreviatura CCD viene del inglés Charge-Coupled Device, Dispositivo Acoplado por Carga. El CCD es un circuito integrado. La característica principal de este circuito es que posee una matriz de celdas con sensibilidad a la luz alineadas en una disposición físico-eléctrica que permite "empaquetar" en una superficie pequeña un enorme número de elementos sensibles y manejar esa gran cantidad de información de imagen (para llevarla al exterior del microcircuito) de una manera relativamente sencilla, sin necesidad de grandes recursos de conexiones y de circuitos de control.

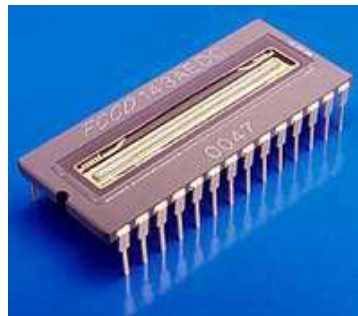


Figura # 5: Circuito Integrado con sensibilidad a la Luz

2.7.1.4 Microinterruptores

No es necesario extenderse mucho sobre estos componentes (llamados "microswitch" en inglés), muy comunes en la industria y muy utilizados en equipos electrónicos y en automatización.



Figura # 6: Microinterruptores

2.7.1.5 Sensores de presión

En la industria hay un amplísimo rango de sensores de presión, la mayoría orientados a medir la presión de un fluido sobre una membrana. En robótica puede ser necesario realizar mediciones sobre fluidos hidráulicos (por dar un ejemplo), aunque es más probable que los medidores de presión disponibles resulten útiles como sensores de fuerza (el esfuerzo que realiza una parte mecánica, como por ejemplo un brazo robótico), con la debida adaptación. Se puede mencionar un sensor integrado de silicio como el MPX2100 de Motorola, de pequeño tamaño y precio accesible.



Figura # 7: Sensor de Presión

2.7.1.6 Sensores de contacto (choque)

Para detectar contacto físico del robot con un obstáculo se suelen utilizar interruptores que se accionan por medio de actuadores físicos. Un ejemplo muy clásico serían unos alambres elásticos que cumplen una función similar a la de las antenas de los insectos. En inglés les llaman "*whiskers*" (bigotes), relacionándolos con los bigotes sensibles de los animales como —por ejemplo— los perros y gatos.



Figura # 8: Sensor de contacto

2.7.1.7 Piel robótica

El mercado ha producido, en los últimos tiempos, sensores planos, flexibles y extendidos a los que han bautizado como "*robotic skin*", o piel robótica. Uno de estos productos es el creado por investigadores de la universidad de Tokio. Se trata de un conjunto de sensores de presión montados sobre una superficie flexible, diseñados con la intención de aportar a los robots una de las capacidades de nuestra piel: la sensibilidad a la presión.

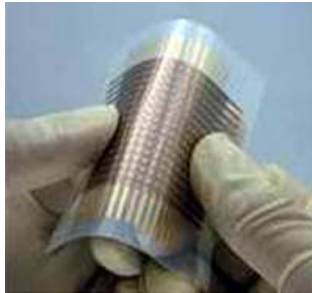


Figura # 9: Sensor Plano

2.7.1.8 Sensor piezoeléctrico.

Cuando una fuerza se aplica a un material piezoeléctrico, se induce una carga sobre la superficie que es proporcional a esa fuerza aplicada. La fuerza se puede estimar mediante la medición del potencial eléctrico que aparece en el cristal. Los cristales piezoeléctricos usados para la fabricación de microdispositivos incluyen ZnO y PbZrTiO₃, los que pueden ser depositados sobre microestructuras y construir adecuados patrones.



Figura # 10: Sensor Piezoeléctrico.

2.7.1.9 Sensor Infrarrojo

El sensor infrarrojo es un dispositivo electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible.



Figura # 11: Sensor Infrarrojo

2.7.1.10 Micrófonos y sensores de sonido

El uso de micrófonos en un robot se puede hallar en dos aplicaciones: primero, dentro de un sistema de medición de distancia, en el que el micrófono recibe sonidos emitidos desde el mismo robot luego de que éstos rebotan en los obstáculos que tiene enfrente, es decir, un sistema de sonar; y segundo, un micrófono para captar el sonido ambiente y utilizarlo en algún sentido, como recibir órdenes a través de palabras o tonos, y, un poco más avanzado, determinar la dirección de estos sonidos. Como es obvio, ahora que se habla tanto de robots para espionaje, también se incluyen micrófonos para tomar el sonido ambiente y transmitirlo a un sitio remoto.



Figura # 12: Sensor de sonido

2.7.1.11 RTD (Termoresistencias)

Los sensores RTD (*Resistance Temperature Detector*), basados en un conductor de platino y otros metales, se utilizan para medir temperaturas por contacto o inmersión, y en especial para un rango de temperaturas elevadas, donde no se pueden utilizar semiconductores u otros materiales sensibles. Su funcionamiento está basado en el hecho de que en un metal, cuando sube la temperatura, aumenta la resistencia eléctrica.



Figura # 13: Sensor de Temperatura

2.7.1.12 Encoder Óptico

Convierte posiciones mecánicas en señales eléctricas.

Se usa para controlar el movimiento, y conocer también velocidad y aceleración.

Automatización de máquinas herramientas, robótica, autos, aviones, etc.



Figura # 14: Encoder

2.7.1.13 Sensores de Campo Magnético

Los sensores de campo magnético miden un campo magnético externo de manera absolutamente eléctrica.

Los sensores magnéticos llamados también inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo.

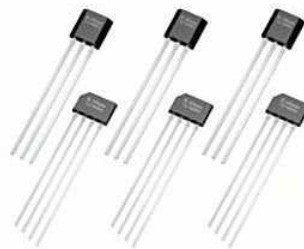


Figura # 15: Sensores de Campo Magnético

¹³Actuadores

Son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen tres tipos de actuadores:

- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

Los actuadores hidráulicos, neumáticos eléctricos son usados para manejar aparatos mecánicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren demasiado equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

¹³ Creus Solé, A. (2008). *Neumática e Hidráulica*. España: Marcombo

Los actuadores eléctricos también son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots.

2.7.1.14 Actuadores Hidráulicos.

En los actuadores Hidráulicos, la fuente de energía es un fluido, normalmente algún tipo de aceite mineral. Entre los actuadores hidráulicos destacan los cilindros hidráulicos de simple o doble efecto, motores hidráulicos de paletas rotativas o de pistones axiales y las válvulas hidráulicas y electrohidráulicas. Los actuadores hidráulicos presentan las ventajas de que son rápidos, tienen una alta relación potencia/peso, son autolubricantes, tienen alta capacidad de carga y presentan estabilidad frente a cargas estáticas. Requieren instalaciones especiales, son de difícil mantenimiento y resultan poco económicos.

Los actuadores hidráulicos, que son los más usuales y de mayor antigüedad en las instalaciones hidráulicas, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, y aprovechan la energía de un circuito o instalación hidráulica de forma mecánica, generando movimientos lineales. Los cilindros hidráulicos pueden ser de simple efecto, de doble efecto y telescópicos. En el primer tipo, el fluido hidráulico empuja en un sentido el pistón del cilindro y una fuerza externa (resorte o gravedad) lo retrae en sentido contrario.

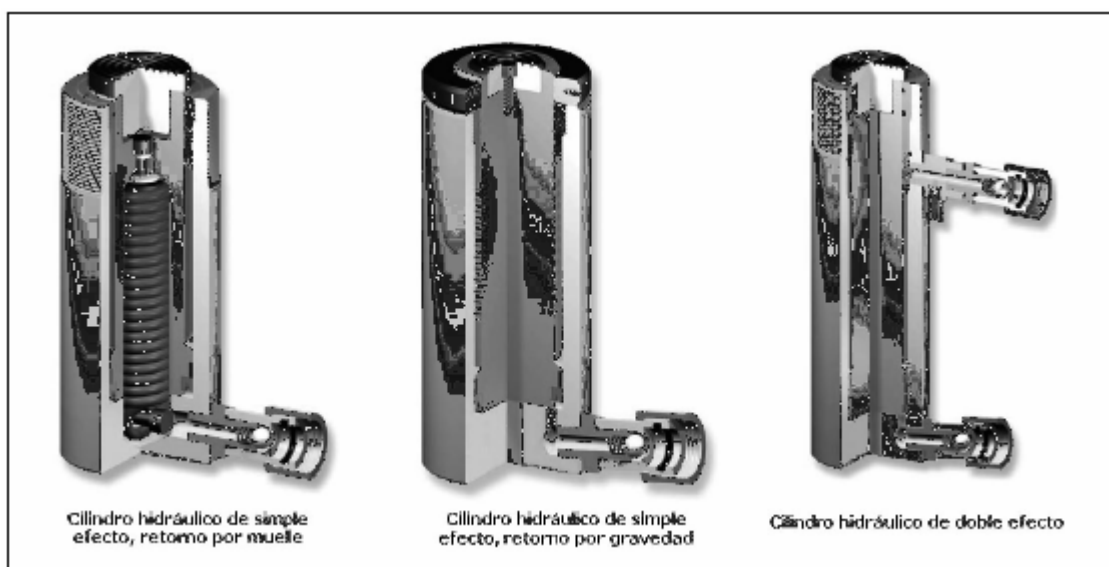


Figura # 16: Tipos de cilindros hidráulicos
Fuente: Mega (Melchor Gabilondo S.A.)

El cilindro de acción doble utiliza la fuerza generada por el fluido hidráulico para mover el pistón en los dos sentidos, mediante una válvula de solenoide. El cilindro telescópico contiene otros de menor diámetro en su interior y se expanden por etapas, muy utilizados en grúas, etc.

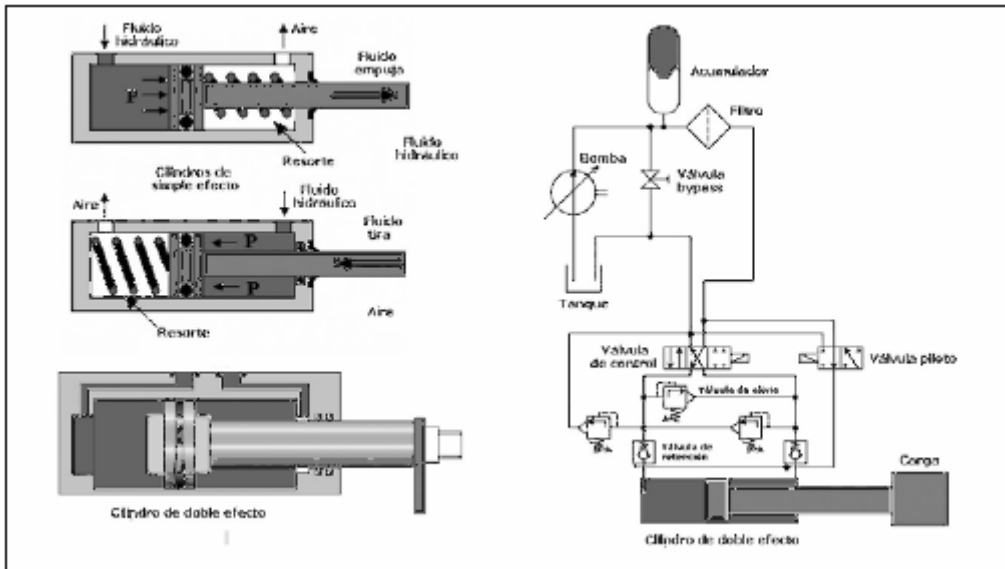


Figura # 17: Cilindro hidráulico de simple efecto y de doble efecto

Los actuadores hidráulicos proporcionan pares y fuerzas elevados y un buen control del movimiento y ésta es su principal ventaja frente a los sistemas neumáticos y eléctricos. Los fluidos hidráulicos son virtualmente incompresibles y gracias a las altas presiones con que trabajan (35 a 350 bar) permiten un control del caudal lo suficientemente preciso para el actuador. Sus desventajas son el coste elevado y la necesidad de acondicionar, contener y filtrar el fluido hidráulico a temperaturas seguras y en centrales hidráulicas o unidades de potencia (power pack). Las aplicaciones típicas residen en vehículos, elevadores, grúas hidráulicas, máquinas herramientas, simuladores de vuelo, accionamiento de timones en los aviones, etc.

2.7.2.5.3 Cilindro Hidráulico Generalidades

Los cilindros hidráulicos de movimiento lineal son utilizados comúnmente en aplicaciones donde la fuerza de empuje del pistón y su desplazamiento son elevados (figura # 18). Los cilindros hidráulicos de movimiento giratorio (figura # 19) pueden ser de pistón-cremallera- piñón y de dos pistones con dos cremalleras en los que el

movimiento lineal del pistón es transformado en un movimiento giratorio mediante un conjunto de piñón y cremallera y el cilindro de aletas giratorias de doble efecto para ángulos entre 0° y 270°.

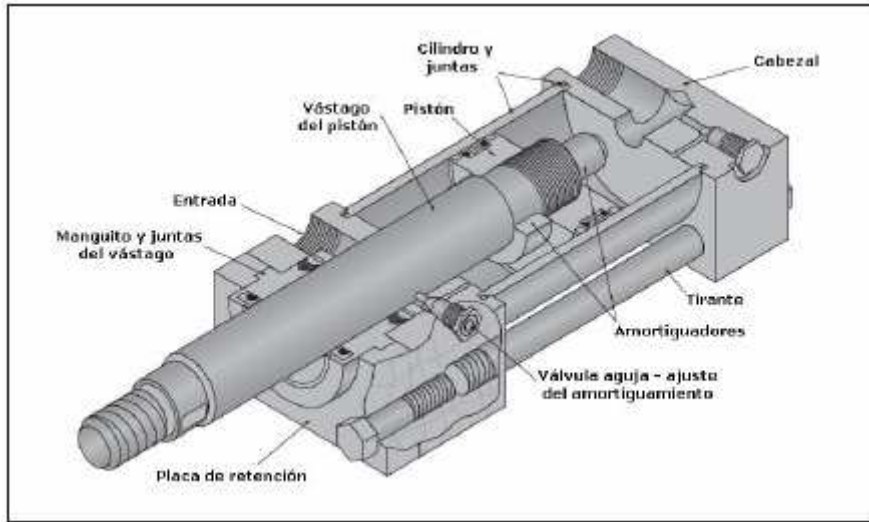


Figura # 18: Cilindro Hidráulico Simple

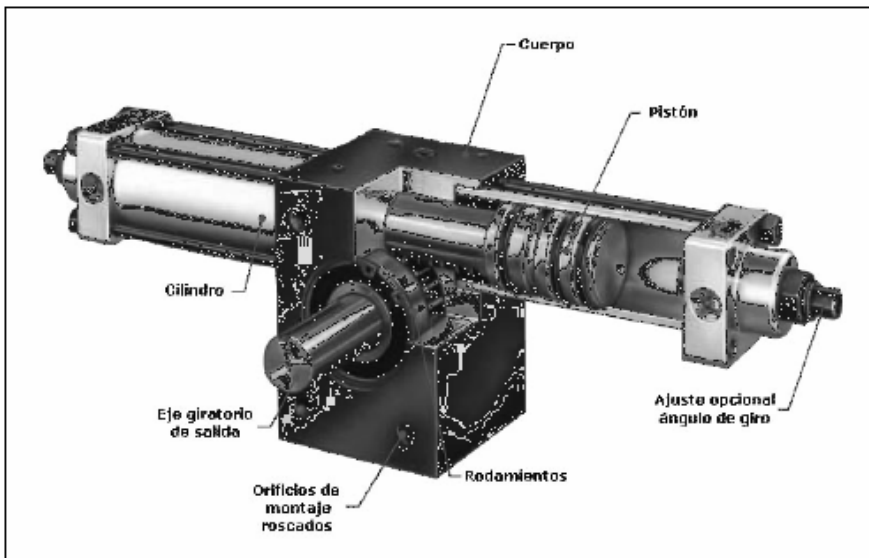


Figura # 19: Cilindro Hidráulico Giratorio

2.7.1.15 Actuadores Neumáticos.

En los actuadores neumáticos la fuente de energía es el aire. Entre este tipo de actuadores destacan los cilindros neumáticos, que pueden ser de simple o doble efecto, los motores neumáticos, formados por paletas rotativas o pistones axiales y las válvulas neumáticas y electroneumática. Los actuadores neumáticos presentan las ventajas de

que son baratos, rápidos sencillos y muy robustos; pero requieren de instalaciones especiales, son muy ruidosos y difícil de controlar.

Los actuadores neumáticos convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico generando un movimiento lineal mediante servomotores de diafragma o cilindros, o bien un movimiento giratorio con motores neumáticos.

La aplicación principal de los servomotores de diafragma reside en las válvulas de control neumáticas en las que el servomotor está accionado por la señal neumática de 0,2 - 1 bar (3 – 15 psi) y actúa directamente sobre un vástago que posiciona el obturador con relación al asiento (figura # 20). La posición relativa entre el obturador y el asiento permite pasar el fluido desde un caudal nulo hasta el caudal máximo.

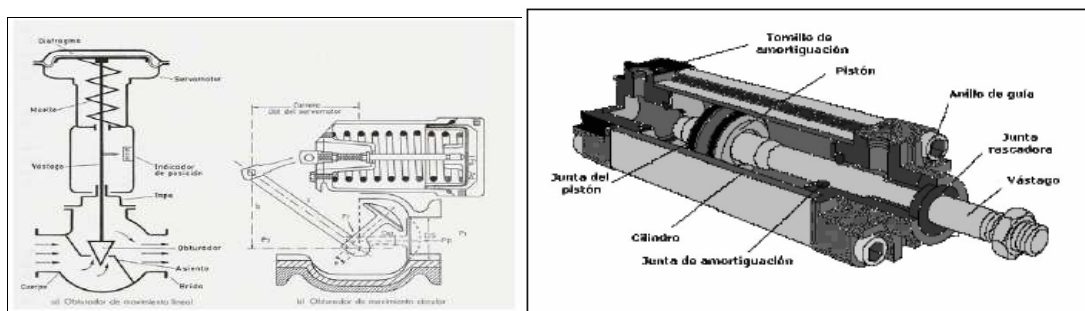


Figura # 20: Servomotor y cilindro neumático lineal

Los cilindros neumáticos de movimiento lineal son utilizados comúnmente en aplicaciones donde la fuerza de empuje del pistón y su desplazamiento son elevados (ver figura #20). Entre los mismos se encuentran los cilindros de simple y doble efecto, el cilindro tándem, el de multiposición, el cilindro neumático guiado, el cilindro sin vástago y el cilindro neumático de impacto. Los actuadores neumáticos de movimiento giratorio pueden ser: Cilindro giratorio de pistón-cremallera- piñón y de dos pistones con dos cremalleras en los que el movimiento lineal del pistón es transformado en un movimiento giratorio mediante un conjunto de piñón y cremallera y Cilindro de aletas giratorias de doble efecto para ángulos entre 0° y 270°. Los músculos neumáticos son dispositivos que emulan el músculo humano. Consisten en un una manguera de material especial que al ser alimentado con aire ejerce una gran fuerza con muy poco recorrido. Es de aplicación en ordenadores, robots y máquinas de todo tipo. Es más sencillo que

cualquier otro tipo de accionamiento. Se trata de una tecnología nueva, aun en estudio, siendo los más difundidos los músculos neumáticos.

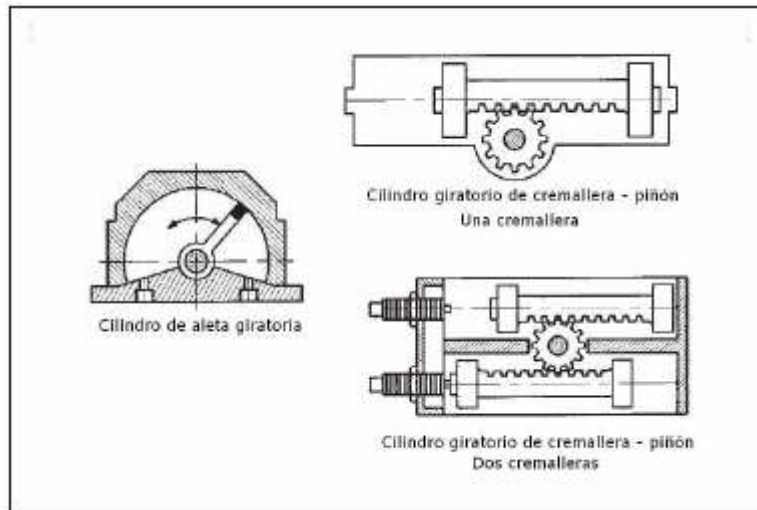


Figura # 21: Servomotor neumático giratorio

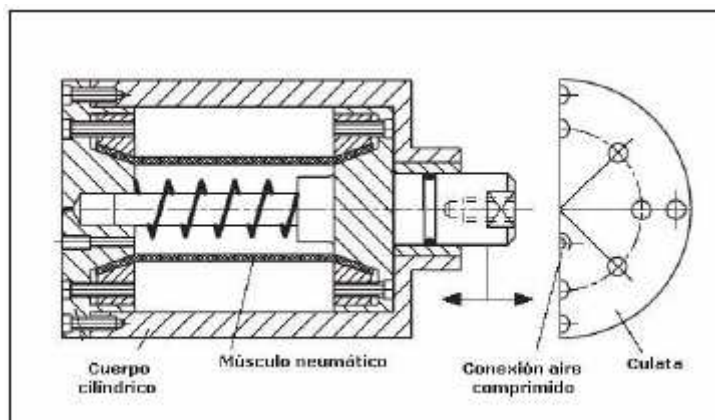


Figura # 22: Músculo neumático

El motor neumático típico es el de paletas donde un eje excéntrico dotado de paletas gira a gran velocidad por el aire que llena y vacía las cámaras formadas entre las paletas y el cuerpo del motor.

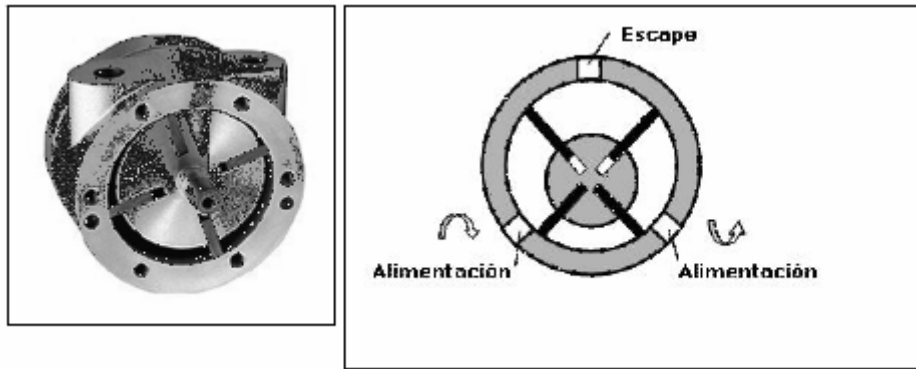


Figura # 23: Motor Neumático

2.7.1.16 Actuadores Eléctricos.

En los actuadores eléctricos la fuente de energía es la electricidad. Hay tres grandes grupos de actuadores eléctricos: los motores de corriente continua, controlados por inducidos o controlados por excitación, los motores de corriente alterna (síncronos y asíncronos) y los motores paso a paso, entre los que destacan los motores de imanes permanentes de inductancia variable o híbridos. Los actuadores eléctricos son muy precisos y fiables, son silenciosos, su control es sencillo y son de una fácil instalación. Su mayor inconveniente es que son de potencia limitada.

Los dispositivos actuados con energía eléctrica, es decir, los cilindros eléctricos y los motores de accionamiento lineal, que convierten el movimiento rotativo del motor a lineal, presentan diversas ventajas con relación a los dispositivos neumáticos. Tales como la facilidad de detectar la posición del elemento en movimiento, y la determinación de su velocidad, aceleración y deceleración.

A señalar que a diferencia de un motor de accionamiento lineal, el verdadero motor lineal dispone de la bobina del estator en un plano (desenrollada) en lugar de un círculo, de modo que su rotor experimenta un movimiento longitudinal en lugar de uno circular como en el motor tradicional. La aplicación típica de los motores lineales de baja aceleración es en los trenes de levitación que vuelan sobre la tierra y en los de alta aceleración que se usan en colisiones de alta velocidad y en armas.

Los actuadores lineales convierten el movimiento rotativo de un motor en lineal y están formados por un motor eléctrico, la caja de engranajes y una correa dentada o un

tornillo sin fin para transmitir el movimiento. En el movimiento de tornillo, a medida que éste gira por la acción del motor o la caja de engranajes, la tuerca accionada se mueve a lo largo del tornillo sin fin, arrastrando la carga hacia delante o hacia atrás, según sea el sentido de giro del motor (figura # 24).

El actuador puede pararse en cualquier punto del recorrido y puede disponer de interruptores de limitación de carrera que pueden frenar el mecanismo en el punto deseado. Si el actuador no dispone de interruptores, existen controladores de c.a. y de c.c. que desconectan la alimentación del motor. Los fabricantes facilitan gráficos que indican la velocidad del movimiento en mm/s y la carga que el actuador puede arrastrar.

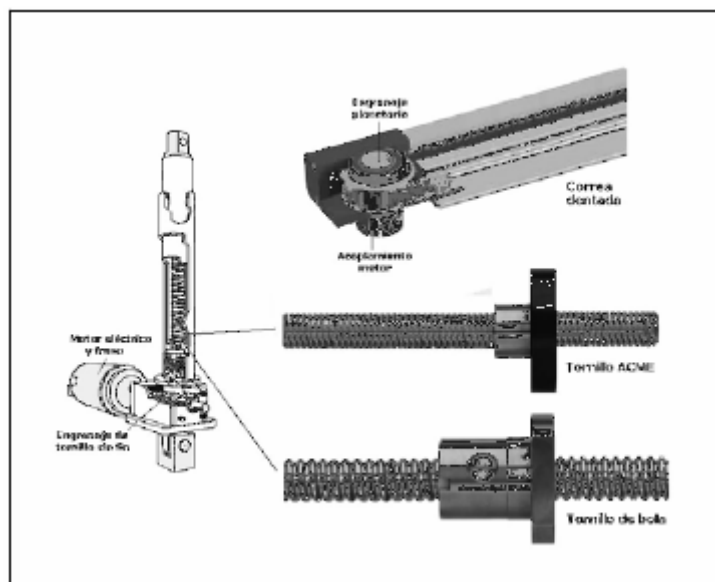


Figura # 24: Transmisión de movimiento rotativo a lineal
Fuente: Nook

Desde el punto de vista de actuadores lineales más utilizados, los motores se clasifican en tres tipos: Motor de Corriente Continua (c.c.), Servomotor y Motor Paso a Paso. Los actuadores lineales tienen una gran variedad de aplicaciones: - Automatización de equipos. - Mesas de dibujo. - Control de puertas y ventanas. - Tráfico de vehículos. - Camas automatizadas en hospitales. - Silla de ruedas automatizada. - Equipos médicos. - Posicionamiento de antenas. - Semiconductores. - Etc.

En la figura # 25 pueden verse diversas aplicaciones de este tipo de actuadores.

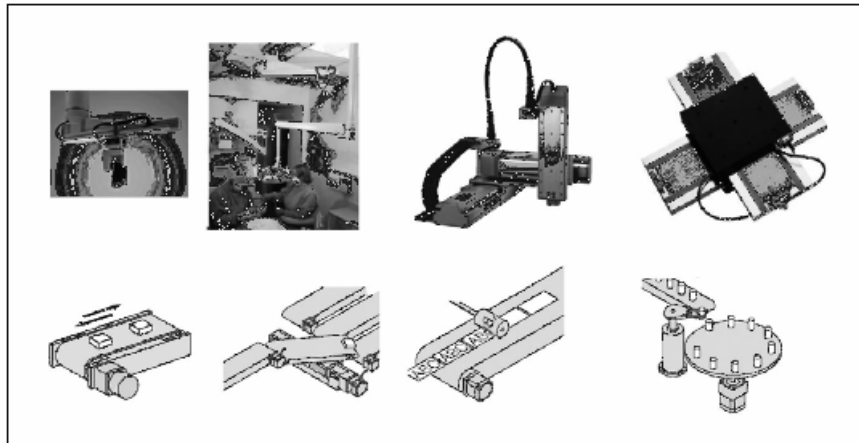


Figura # 25: Aplicaciones de los actuadores eléctricos

En la tabla # 2 puede verse una comparación de los tres tipos de motores, vistos desde la tecnología de sus componentes (motor, actuador y cilindro), lo que permite efectuar su selección inicial.

Motor de c.c.	Servomotor y motor paso a paso
El mismo punto de paro en cada ciclo	Cambio del punto de paro bajo el programa de control
Control analógico de posición (0 – 10 V o 4 – 20 mA cc)	Interfase del usuario (teclado, pantalla,...)
Pulsador simple de operación y control	Flexibilidad e integridad de aislamiento óptico entre entradas y salidas (I/O)
Una o dos velocidades por sentido de la marcha	Funciones matemáticas
Sustitución de cilindros neumáticos	Control de la fuerza (giro de tuercas, sujeción,...)
Sustitución de cilindros neumáticos de bajo par	Interfase o control por ordenador
Ciclo automático entre dos posiciones	Perfiles de movimiento complejos y a medida
Temporización final "dwell"	Exactitud, resolución y repetibilidad altas
Cambio de velocidad cuando un sensor se excita	Control multieje
Control de guía web o edge	Selección múltiple de programas o lógica condicional "if – then"
Sistema más barato	Rendimiento paso a paso o sin escobillas

Tabla # 2: Comparación entre motores de c.c y servomotores y motor paso a paso

Fuente: *Industrial Devices Corporation*

En la industria también se utilizan los servomotores de válvulas digitales y los posicionadores digitales de válvulas de control que en esencia son controladores digitales que disponen de compuertas neumáticas accionadas por electroválvulas que, a su vez, son excitadas por la señal digital.

2.7.1.16.1 Servomotor de corriente alterna

Los motores de corriente alterna proporcionan un par constante dentro de una amplia gama de velocidades y de cargas. Eso en determinadas aplicaciones presenta ventajas frente a los motores paso a paso cuyas características son de baja velocidad y tracción alta con el inconveniente de que si la carga aumenta, su velocidad disminuirá de acuerdo con la curva de par motor pudiendo incluso fallar el controlador si se excede la carga admisible. En aplicaciones comerciales y residenciales son monofásicos y en aplicaciones industriales el motor trifásico proporciona más potencia y suavidad de funcionamiento. Las variables a tener en cuenta en un motor de c.a. incluyen la velocidad del eje, el par y la potencia de salida en servicio continuo. Las señales de realimentación para los servomotores de c.a. son proporcionadas por los codificadores y *resolvers* para indicar las señales de posición angular y los tacómetros para las velocidades angulares de giro del motor. Entre las aplicaciones especiales de este tipo de motores se encuentran entornos limpios, vacíos, lugares a prueba de explosión y radiación gamma de alta energía.

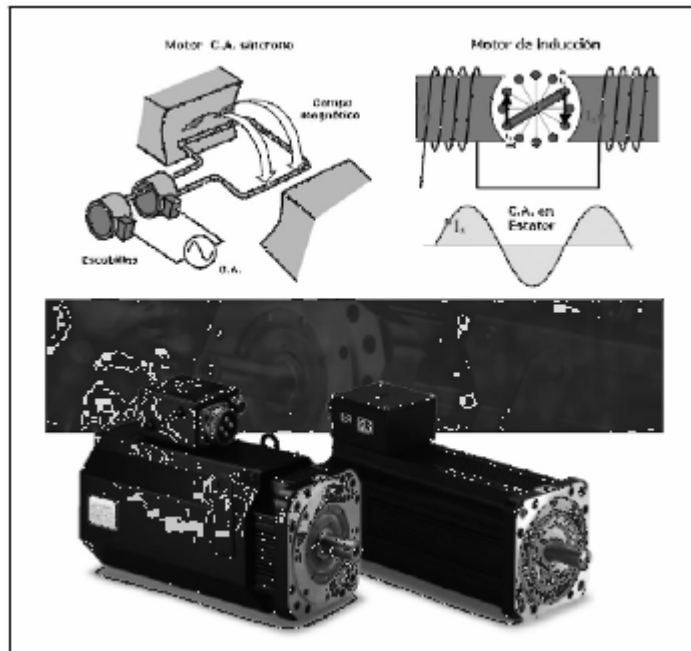


Figura # 26: Servomotor C.A.
Fuente: Moog

2.7.1.16.2 Motor de corriente continua

El motor de corriente continua destinado a aplicaciones de control consiste usualmente en un rotor de imán permanente con un estator bobinado. La relación entre el par y la velocidad es una línea recta de pendiente negativa, es decir, a más velocidad menos par puede proporcionar el motor. El par que suministra viene limitado por la corriente que el bobinado del estator puede soportar sin daños. En la figura 4.4 puede verse un esquema del circuito de un motor de c.c. con la velocidad controlada por un servomecanismo. En el control industrial de pequeños procesos y en el de aire acondicionado, las válvulas motorizadas eléctricas disponen de los mismos elementos que la válvula neumática pero con el servomotor eléctrico en lugar del neumático. Su ventaja es que no necesita aire para su accionamiento, pero se caracteriza fundamentalmente por su bajo par. Lo cual obliga a una operación lenta con un tiempo requerido (usualmente 1 minuto en las válvulas estándar) para efectuar una carrera completa. De este modo, ante presiones diferenciales elevadas del fluido, el servomotor eléctrico debe tener un tamaño considerable y con el tiempo normal de accionamiento de un minuto, la actuación de la válvula resulta ser más lenta que la de una neumática. Estas características hacen que sólo se empleen en equipos autónomos que carezcan de compresor de aire, o en instalaciones que dispongan de poco par, tal como en aplicaciones de aire acondicionado. Normalmente no se utilizan en procesos industriales, donde la rapidez y precisión de actuación es importante.

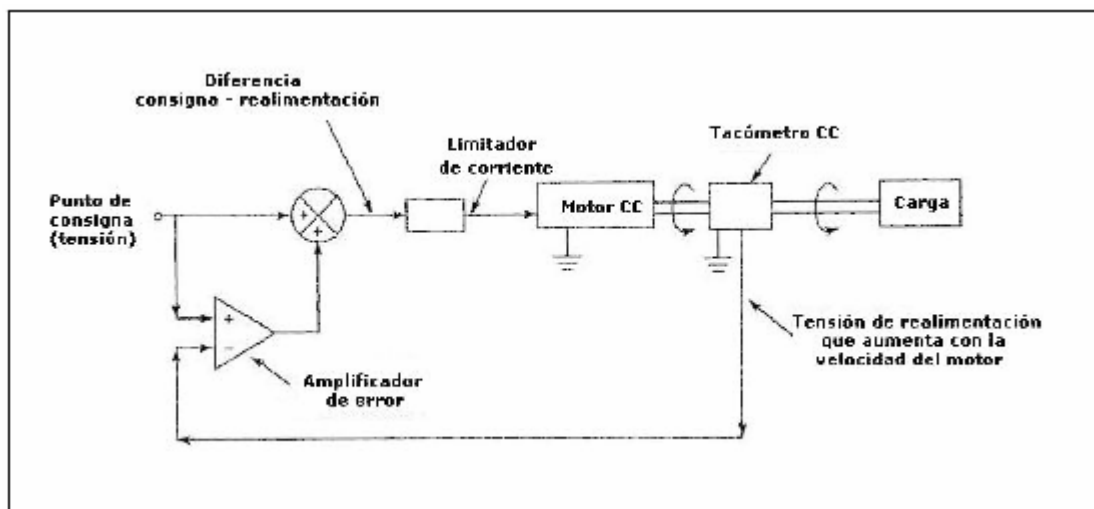


Figura # 27: Circuito de Motor de C.C de velocidad controlada

El servomotor eléctrico es un motor eléctrico que está acoplado al vástago de la válvula a través de un tren de engranajes. Existen básicamente tres tipos de circuitos eléctricos de control capaces de actuar sobre el motor: todo-nada, flotante y proporcional. En la figura 27 pueden verse los circuitos todo-nada y proporcional. El primero consiste en un motor eléctrico unidireccional acoplado al vástago de la válvula con una leva que fija el principio y el final de la rotación del motor gracias a dos interruptores de final de carrera S1 y S2.

Según la posición del elemento de control (cierre entre los contactos 1-2 o entre 1-3) se excita el devanado de la derecha o el de la izquierda de la figura y el motor gira en uno u otro sentido hasta el final de su carrera. El circuito proporcional está formado por un motor bidireccional, un relé de equilibrio y un potenciómetro de equilibrio. El controlador es un potenciómetro cuyo brazo móvil se mueve de acuerdo con el valor de la variable del proceso. El relé de equilibrio es una armadura ligera en forma de U que pivota en su centro entre dos bobinados de control. Posee una lámina con un contacto móvil que flota entre dos contactos fijos conectados a las bobinas del motor a través de dos interruptores de final de carrera. Si las posiciones de los brazos móviles en los dos potenciómetros, el del controlador y el del motor se corresponden, la corriente que fluye en los dos bobinados de control es la misma y la armadura del relé de equilibrio permanece neutra. Por el contrario, si varía la señal de salida del controlador, el brazo móvil de su potenciómetro cambia de posición, variando la corriente de paso entre los dos bobinados de control. La armadura bascula y el contacto móvil cierra el circuito de excitación de uno de los dos bobinados del motor con lo cual éste gira en el sentido correspondiente hasta que la posición del brazo móvil de su potenciómetro se corresponde con la del controlador. En este instante, la armadura queda equilibrada y el motor se para. El tiempo de recorrido del vástago varía de 15 s hasta 4 minutos y el par normal suele ser de 49 a 50.000 N*m según el tipo de motor. Cuanto más alto sea el par disponible, tanta más fuerza podrá hacerse en el vástago de la válvula para vencer las resistencias que actúan sobre la misma. En particular, la presión diferencial provocada por el fluido que es máxima cuando la válvula está en posición de cierre. Análogamente al caso del servomotor neumático, los fabricantes tienen tabuladas las presiones diferenciales máximas admisibles con la válvula en posición de cierre. Los servomotores de estado sólido pueden ser accionados por reostatos de circuitos en puente y por la señal de 4 – 20 mA cc. Uno de los modelos (figura 28) funciona a base de tiristores que abren y cierran el circuito dotado de control del ángulo de conducción.

El tiristor adecuado dispara cuando existe una señal de error entre la tensión de realimentación generada por el potenciómetro de posicionamiento de la válvula y la tensión derivada de la señal de control de entrada. Por lo tanto, el motor se moverá en el sentido adecuado para reducir y eliminar el error. Si la señal de error es pequeña, un circuito repetidor enciende el disparador adecuado para excitarle más rápidamente durante un instante y ayudar así a vencer el rozamiento inicial que presenta la válvula en estado de reposo. Por otro lado, el grado de encendido es proporcional al error, por lo cual el motor decelera automáticamente cuando llega a la posición correcta y de este modo disminuye el rebasamiento que de otro modo se produciría al tender el sistema a buscar la posición de equilibrio.

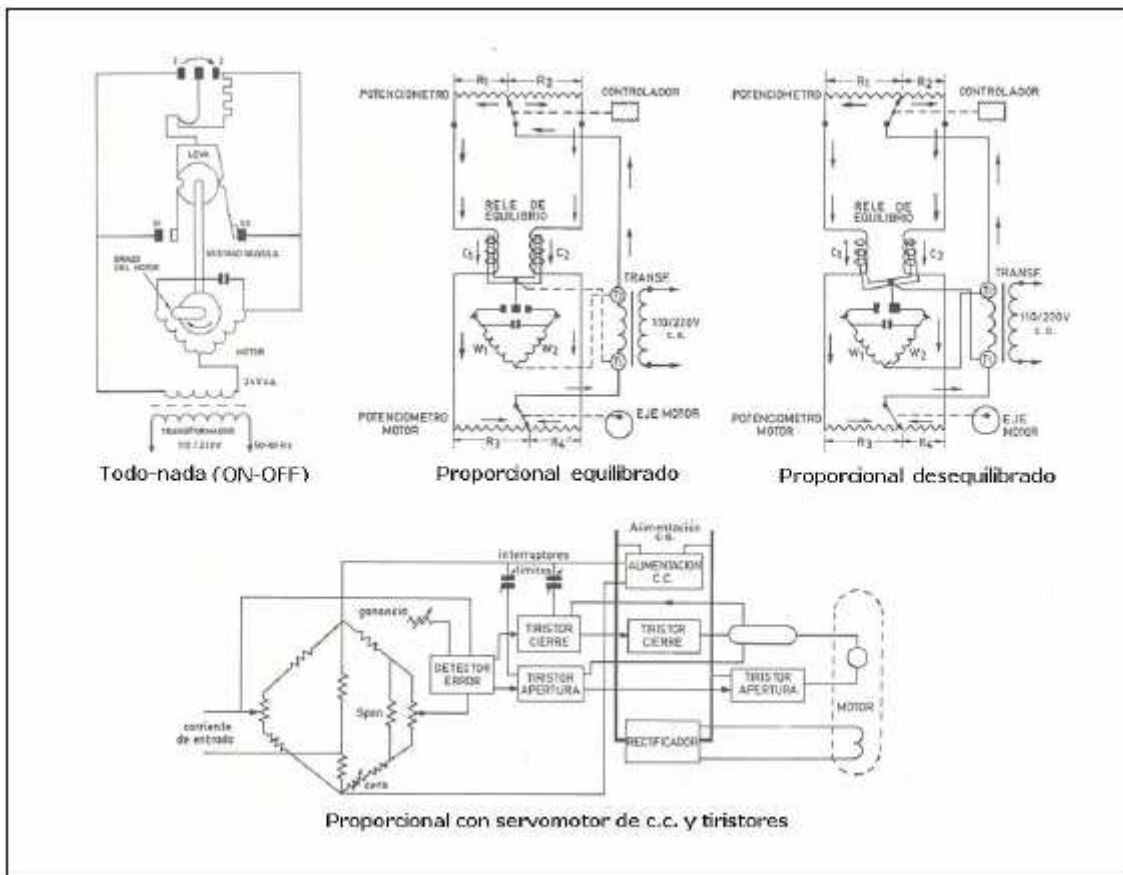


Figura # 28: Servomotor todo-nada y proporcional
Fuente: HoneyWell

Un perfeccionamiento del circuito anterior es la reducción del peso móvil del inducido del motor conseguido al disponer los conductores del rotor en un circuito impreso que gira entre imanes permanentes. Estos sistemas pueden alcanzar una precisión en el posicionamiento del motor de 0,5 % de la carrera, con velocidades del vástago de hasta 10 mm/segundo, si bien, los motores estándar emplean de 30 a 60 segundos para

efectuar toda la carrera. Algunos motores permiten el ajuste del par (30 % al 100 % del máximo), el ajuste de la velocidad (25 % al 100 % de la máxima) y el ajuste de la carrera, mediante un módulo electrónico de control CMOS. En este caso, este módulo se encarga también del giro del motor en la dirección correcta, y de la protección frente a objetos que puedan introducirse dentro de las partes internas de la válvula y que impidan el cierre, es decir, el asentamiento del obturador contra el asiento.

2.7.1.16.3 Motor Paso a Paso sin escobilla

Es un actuador rotativo de múltiples vueltas que es adecuado para un control de lazo cerrado de multiposición. La señal de control puede ser analógica en corriente y tensión (4 – 20 mA cc, 0 – 10 V cc). El motor paso a paso proporciona un posicionamiento suave de alta precisión que se caracteriza por el bloqueo de la posición cuando no está alimentado ni en movimiento. Sus aplicaciones se encuentran en reguladores, válvulas piloto, válvulas de pequeño tamaño de ¼ de vuelta, válvulas de bola, válvulas mariposa, compuertas, compuertas de tiro, controles de combustión y actuadores de velocidad variable. Los motores paso a paso (figura # 29) pueden adoptar tres disposiciones diferentes:

- Rotor de imán permanente con estator bobinado que genera un flujo magnético rotativo que hace girar el rotor. Su principal ventaja es su tendencia a permanecer bloqueado magnéticamente cuando el motor está desconectado de la alimentación.
- Rotor dentado de reluctancia variable en el que los dientes tienden a seguir el campo magnético giratorio.
- Híbrido que dispone a la vez de imanes permanentes y rotor bobinado.

Los polos electromagnéticos pueden alimentarse individualmente de la corriente continua (c.c.). De este modo, el rotor avanza “paso a paso” de un polo activado al siguiente a medida que los polos se van conectando y desconectando secuencialmente. Un controlador del motor paso a paso independiente regula el orden en el que los bobinados reciben la corriente continua (c.c.), así como la velocidad de los pasos (programadores de rampas) y el deslizamiento, es decir, el giro del rotor sin que éste pare después de cada paso. Los motores paso a paso básicos tienen un ángulo de paso

inherente o ángulo entre posiciones posibles del paso. Lo cual permite aplicar diferentes técnicas que pueden controlar los polos o el nivel de c.c. suministrado a los polos individuales, de tal modo que pueden obtenerse micropasos o fracciones de grado angular.

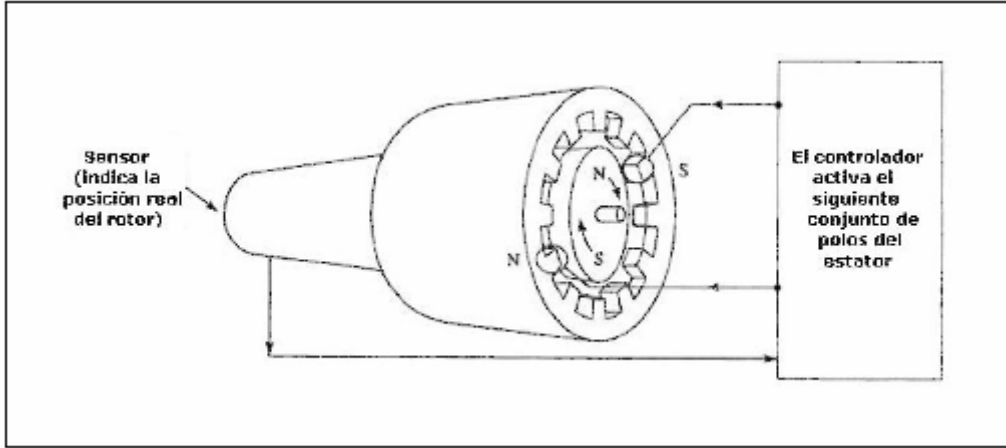


Figura # 29: Motor paso a paso

El uso más común del motor paso a paso es en lazo abierto, de modo que no es necesario utilizar ningún tipo de sensor de posición, siempre que el rotor no pierda pasos. Lo cual no ocurre si el par disponible en el motor es el adecuado en la aplicación específica. En el motor puede ajustarse la velocidad, la zona muerta, el cero y el *span*, el tipo de señal de mando, la acción directa o inversa, la operación manual y la posición prefijada del eje de salida en caso de pérdida de la señal de control. El par varía de 5 Nm a 35.250 Nm. En la figura # 30 pueden verse modelos comerciales y el lazo de control proporcional y en la figura # 31 circuitos típicos.

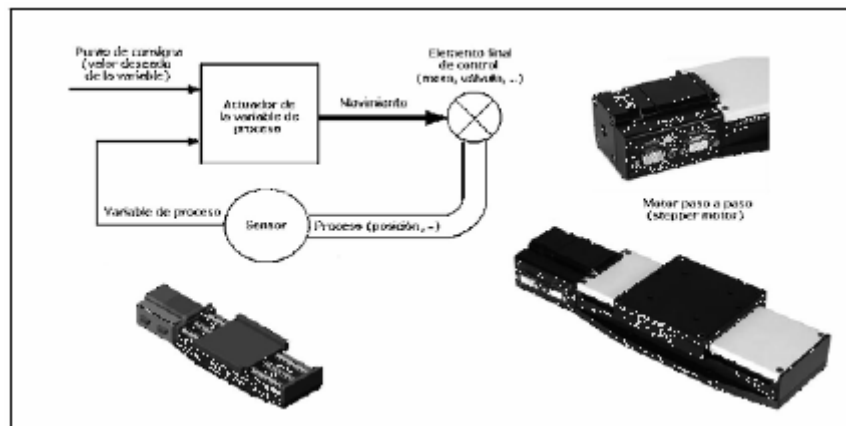


Figura # 30: Lazo de control proporcional

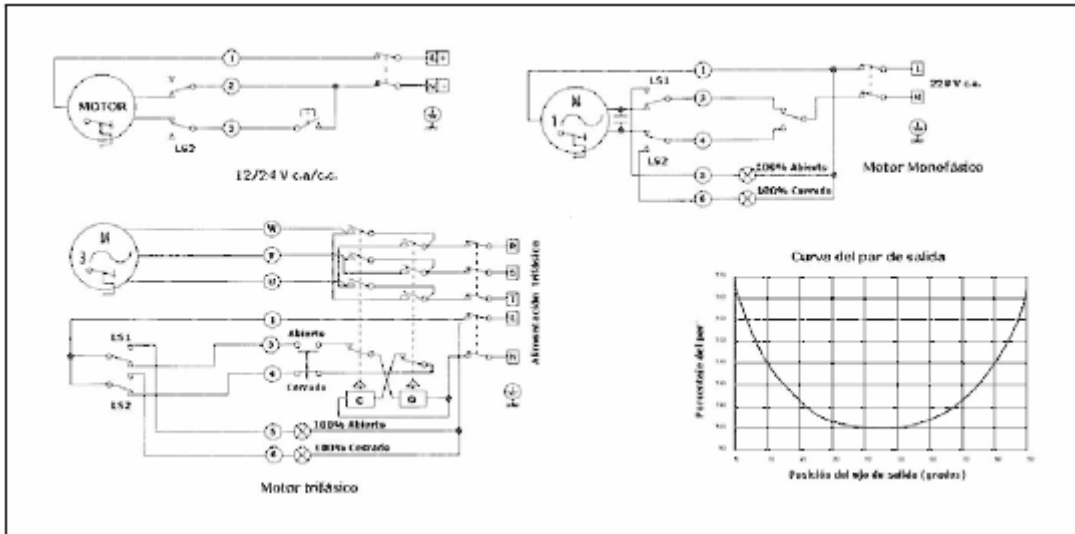


Figura # 31: Circuitos típicos de motor paso a paso
Fuente: *Jordan Controls*

Este tipo de actuadores puede ser mandado a distancia mediante un teclado portátil de infrarrojos. En la figura # 31 pueden verse este tipo de mando a distancia y modelos de varios actuadores.

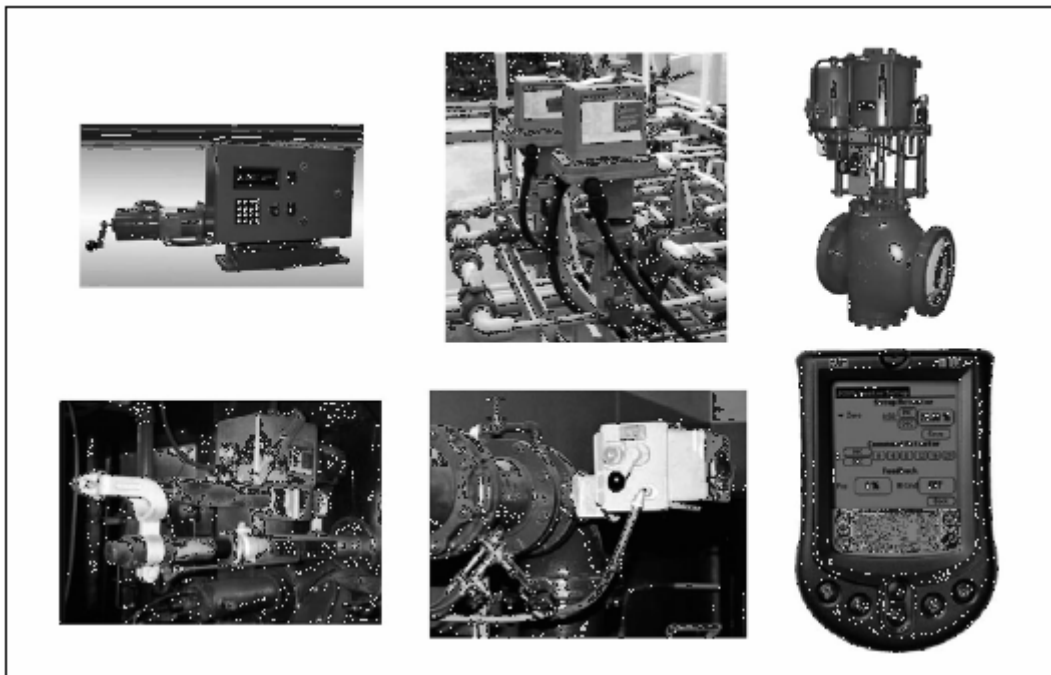


Figura # 32: Modelos de actuadores con motor paso a paso y mando a distancia
Fuente: *Jordan Controls*

2.7.2 ¹⁴B. Sistemas de Control

Un sistema de control ayuda a mantener regulado un conjunto de componentes, regula la conducta de un sistema dependiendo de las situaciones que se presentan en el entorno, todo esto con el fin de obtener un sistema autosuficiente. Las características que posee un sistema de control son los siguientes:

Señal de corriente de entrada: Es el estímulo que recibe el sistema.

Señal de corriente de salida: Es la respuesta otorgada por el sistema.

Variable Manipulada: Es el elemento al cual se le modifica su magnitud, para lograr la respuesta deseada.

Variable Controlada: Es el elemento que se desea controlar.

Conversión: Mediante receptores se generan las variaciones o cambios que se producen en la variable.

Variaciones externas: Son los factores que influyen en la acción de producir un cambio de orden correctivo.

Fuente de energía: Es la que entrega la energía necesaria para generar cualquier tipo de actividad dentro del sistema.

Retroalimentación: La retroalimentación es una característica importante de los sistemas de control de lazo cerrado. Es una relación secuencial de causas y efectos entre las variables del sistema. Dependiendo de la acción correctiva que tome el sistema, éste puede apoyar o no una decisión, cuando en el sistema se produce un retorno se dice que hay una retroalimentación negativa; si el sistema apoya la decisión inicial se dice que hay una retroalimentación positiva.

2.7.2.1 Objetivos del control automático de procesos

Tradicionalmente, el control de procesos se ha centrado en los niveles inferiores de la jerarquía de control: instrumentación, PID's, estructuras de control, detección y diagnóstico de fallos, etcétera, ligados a unos pocos lazos de control. El objetivo del

¹⁴ Gómez Sarduy, J. R. (2008). *Temas especiales de instrumentación y control*. Cuba: Editorial Félix Varela .

control es mantener las variables controladas próximas a unos valores de consigna fijados a criterio del personal de operación de la planta. Sin embargo, cada vez en mayor medida, el interés se centra en problemas de control de la planta completa, en los que intervienen muchas unidades de proceso que interaccionan. Asimismo, si la tendencia es mantener la planta en los puntos de operación deseados, lo lógico es que estos sean óptimos de acuerdo con algún criterio de optimización que considere los costos, respetando la calidad u otros factores de la producción, para lo cual se requiere la utilización de modelos coherentes y definir los criterios de optimización.

2.7.2.2 Reguladores y servomecanismos

El control automático resuelve dos tipos diferentes de problemas. El primero requiere que la variable controlada tenga un valor constante o varíe lentamente con el tiempo y tiene como tarea principal mantener la variable controlada en el valor deseado a pesar de las perturbaciones externas sobre el sistema al que pertenece. Este tipo de sistema de regulación automático constituye el caso de la mayoría de los controladores industriales. El control de la temperatura de un local, en el que el termostato es el control, constituye un ejemplo de sistema de regulación automático. En este sistema se compara el valor deseado (ajuste del termostato) con la temperatura de la habitación. La variación de la temperatura exterior constituye una perturbación en este sistema y a pesar de sus variaciones, el objetivo de este control es mantener la temperatura deseada dentro de la habitación. El segundo tipo de problemas se refiere a aquellos en los que la variable controlada debe mantener un valor deseado que cambia con el tiempo, de acuerdo con las órdenes dadas. Esta clase de control constituye el caso general de los servomecanismos. Un servomecanismo es un sistema de control en el cual la salida es alguna posición, velocidad o aceleración mecánica. Este tipo de sistema de control es ampliamente usado en la industria moderna en el funcionamiento totalmente automatizado de máquinas herramientas y como parte integral de muchos sistemas de control de procesos.

2.7.2.3 Sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado

Los sistemas de control son aquellos sistemas que tienden a mantener una relación pre establecida entre la variable de salida (variable controlada) y la referencia. En función

del efecto de la retroalimentación pueden clasificarse en sistemas en lazo abierto y sistemas en lazo cerrado.

2.7.2.3.1 Sistema de control en lazo abierto

La salida del sistema no tiene efecto sobre la acción de control (no se mide ni se retroalimenta), por lo tanto, no son sistemas de control realimentado (ver Figura # 33).



Figura # 33: Diagrama de bloques de un sistema de lazo abierto

En estos sistemas para cada entrada de referencia le corresponde una operación determinada, por lo tanto, la exactitud de este depende de su calibración y para que sean útiles deben mantener esa calibración. Cuando ocurre una perturbación, un sistema de control en lazo abierto no cumple su función, ya que no puede corregir su efecto. En la práctica, solo se puede utilizar un sistema de control en lazo abierto cuando se conoce la relación entre la entrada y la salida, de manera que este pueda ser calibrado y si no existen perturbaciones de ningún tipo. Ejemplos de sistemas de control en lazo abierto son todos aquellos controlados por tiempo. Una lavadora de ropa doméstica es un ejemplo práctico de este tipo de sistemas. Todas las operaciones (remojado, lavado y enjuagado) se cumplen por tiempos. La máquina no mide la limpieza de la ropa que constituye, en definitiva, la variable de salida que interesa. Otros ejemplos de sistemas de control en lazo abierto son: las hornillas eléctricas, el horno de una cocina de gas, los semáforos accionados en función del tiempo, los ventiladores, las embotelladoras de refresco, etcétera.

2.7.2.3.2 Sistema de control en lazo cerrado

En estos sistemas, la salida se mide y se retroalimenta, de manera que la salida tiene efecto sobre la acción de control. La diferencia entre la referencia y la variable de salida o realimentación se conoce como señal de error actuante y se utiliza en el controlador para llevar la variable controlada al valor deseado. Estos sistemas son sistemas de control realimentados en los que la acción de realimentación se utiliza para reducir el error del sistema (ver Figura # 34).

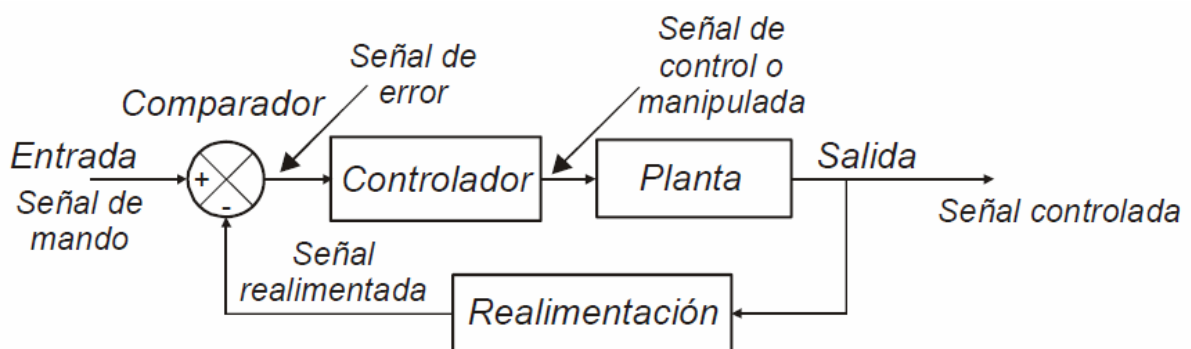


Figura # 34: Diagrama de Bloques de un sistema de control de lazos cerrado

Los sistemas de control en lazo cerrado pueden ser manuales o automáticos. En los sistemas de control manual, la acción del hombre es la que cierra el lazo, el hombre actúa como controlador. En cambio, los sistemas de control automático poseen un controlador que recibe la señal de los instrumentos de medición y la compara con el valor deseado para generar una señal de error que actúe corrigiendo.

2.7.2.4 Clasificación general de los sistemas de control

Los sistemas de control se pueden clasificar de las siguientes maneras atendiendo a:

Método de análisis y diseño

- a) Sistemas lineales (sistemas en los cuales puede aplicarse el principio de superposición que establece que la respuesta producida por la aplicación simultánea de dos entradas excitadoras distintas es la suma de las respuestas individuales).
- b) Sistemas no lineales.

Tipo de señal

- a) Sistemas de control continuo (aquellos en los que las señales son funciones de la variable continua en tiempo).
- b) Sistemas de control discretos (las señales se presentan en forma de pulsos, son muestras de la señal continua en intervalos de tiempo específicos, ejemplo: el control mediante computadora o control digital directo).

Variación de la variable en el tiempo

- a) Sistemas variantes en el tiempo, en los que se considera la variación de la variable en el tiempo y la variación de parámetros dinámicos. Ejemplo de ellos es cuando se analiza el comportamiento de un cohete, donde debe tenerse en cuenta que su masa varía en el tiempo con el consumo de combustible.
- b) Sistemas invariantes en el tiempo.

Número de entradas y salidas

- a) Sistemas SISO (una sola entrada y una sola salida).
- b) Sistemas MIMO (múltiples entradas y múltiples salidas).

Variación del comportamiento con la distancia

- a) Sistemas de parámetros distribuidos (aquellos en los que su comportamiento varía con la distancia, ejemplo: una red hidráulica donde el flujo varía con la distancia).
- b) Sistema de parámetros concentrados.

2.7.2.5 Acciones básicas de control

La forma en que el control automático produce la señal de control se denomina acción de control. En los controles automáticos industriales son muy comunes los siguientes tipos de acciones de control:

- Acción de dos posiciones (ON-OFF).
- Acción proporcional (P).
- Acción integral (I).
- Acción proporcional-integral (PI).
- Acción proporcional-derivativa (PD).

- Acción proporcional-integral-derivativo (PID).

2.7.2.5.1 Acción de dos posiciones

Este tipo de acción también se conoce con el nombre de ON-OFF o de todo o nada. Es un control relativamente simple y por eso muy empleado tanto en aplicaciones industriales como domésticas. En los sistemas de control con acción de dos posiciones, el elemento actuante solo tiene dos posiciones fijas, que casi siempre son: conectado y desconectado. La señal de control $u(t)$ en este tipo de control permanece en un valor máximo o mínimo en dependencia del error actuante $e(t)$, o sea:

$$u(t) = \begin{cases} M_1 & \text{para } e(t) > 0 \\ M_2 & \text{para } e(t) < 0 \end{cases}$$

Los controles de dos posiciones son normalmente dispositivos eléctricos, por lo general una válvula con un solenoide como actuador. En la Figura # 35 se muestra el diagrama de bloques de un control de dos posiciones.

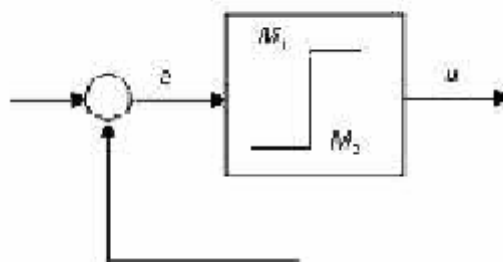


Figura # 35: Diagrama de bloques de un control de dos posiciones

2.7.2.5.2 Acción proporcional (P)

Como el propio nombre lo indica, la relación que une la variable manipulada m con el error e , es una relación lineal, expresada por la siguiente ley matemática: $u(t) = K_p \cdot e(t) + U_0$ Donde:

K_p : ganancia proporcional.

U_0 : valor de salida del controlador cuando $e(t) = 0$ y se suele seleccionar en el medio de la gama de salida del controlador . En los controladores comerciales se recomienda situar la condición inicial de la salida de la manera siguiente:

Señales eléctricas

4-20 mA $U_0 = 12\text{mA}$

1-5 V $U_0 = 3\text{ V}$

Señales neumáticas

3-15 psi $U_0 = 9\text{psi}$

0,2-1 kgf /cm² $U_0 = 0,6\text{ kgf/cm}$

20-100 kPa $U_0 = 60\text{ kPa}$

La ganancia proporcional es igual a la variación de la señal de control u cuando existe una variación unitaria del error e :

$$KP \frac{\Delta u(t)}{\Delta e(t)}$$

En magnitudes transformadas de Laplace:

$$KP \frac{U(s)}{E(s)}$$

El diagrama de bloques de la acción proporcional se muestra en la Figura # 36. El control proporcional es esencialmente un amplificador de ganancia ajustable. Es muy común que en los controladores comerciales este parámetro no se dé como ganancia, sino como el inverso de la ganancia, conocido como banda proporcional.

$$\% \text{ Banda proporcional} = \frac{100}{KP}$$

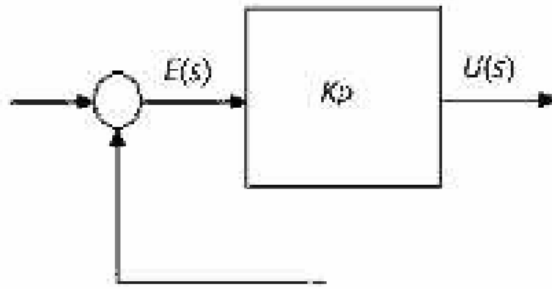


Figura # 36: Diagrama en bloque de un control proporcional

2.7.2.5.3 Acción proporcional Integral

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. El *error* es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado; Luego es multiplicado por una constante **I**. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control P + I con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

El modo integral presenta un desfase en la respuesta de 90° que sumados a los 180° de la retroalimentación (negativa) acercan al proceso a tener un retraso de 270° , luego entonces solo será necesario que el tiempo muerto contribuya con 90° de retardo para provocar la oscilación del proceso. La ganancia total del lazo de control debe ser menor a 1, y así inducir una atenuación en la salida del controlador para conducir el proceso a estabilidad del mismo. Se caracteriza por el tiempo de acción integral en minutos por repetición. Es el tiempo en que delante una señal en escalón, el elemento final de control repite el mismo movimiento correspondiente a la acción proporcional.

El control integral se utiliza para obviar el inconveniente del offset (desviación permanente de la variable con respecto al punto de consigna) de la banda proporcional.

La fórmula del integral está dada por:

$$I_{sal} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

2.7.2.5.4 Acción Proporcional Derivativa

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral).

El *error* es la desviación existente entre el punto de medida y el valor consigna, o "*Set Point*".

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante **D** y luego se suma a las señales anteriores (P+I). Es importante adaptar la respuesta de control a los cambios en el sistema ya que una mayor derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordeamente.

La fórmula del derivativo está dada por:

$$D_{sal} = K_d \frac{de}{dt}$$

El control derivativo se caracteriza por el tiempo de acción derivada en minutos de anticipo. La acción derivada es adecuada cuando hay retraso entre el movimiento de la válvula de control y su repercusión a la variable controlada.

Cuando el tiempo de acción derivada es grande, hay inestabilidad en el proceso. Cuando el tiempo de acción derivada es pequeño la variable oscila demasiado con relación al punto de consigna. Suele ser poco utilizada debido a la sensibilidad al ruido que manifiesta y a las complicaciones que ello conlleva.

El tiempo óptimo de acción derivativa es el que retorna la variable al punto de consigna con las mínimas oscilaciones

Ejemplo: Corrige la posición de la válvula (elemento final de control) proporcionalmente a la velocidad de cambio de la variable controlada.

La acción derivada puede ayudar a disminuir el rebasamiento de la variable durante el arranque del proceso. Puede emplearse en sistemas con tiempo de retardo considerables, porque permite una repercusión rápida de la variable después de presentarse una perturbación en el proceso.

2.7.2.5.5 *Acción proporcional-integral-derivativo (PID)*

Un PID (Proporcional Integral Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo.

El valor Proporcional determina la reacción del error actual.

El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto nos asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero.

El Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce.

La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a un calentador, por ejemplo. Ajustando estas tres variables en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar. La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "set point", y el grado de oscilación del sistema.

El uso del PID para control no garantiza control óptimo del sistema o la estabilidad del mismo. Algunas aplicaciones pueden solo requerir de uno o dos modos de los que provee este sistema de control. Un controlador PID puede ser llamado también PI, PD, P o I en la ausencia de las acciones de control respectivas. Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la

ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control.

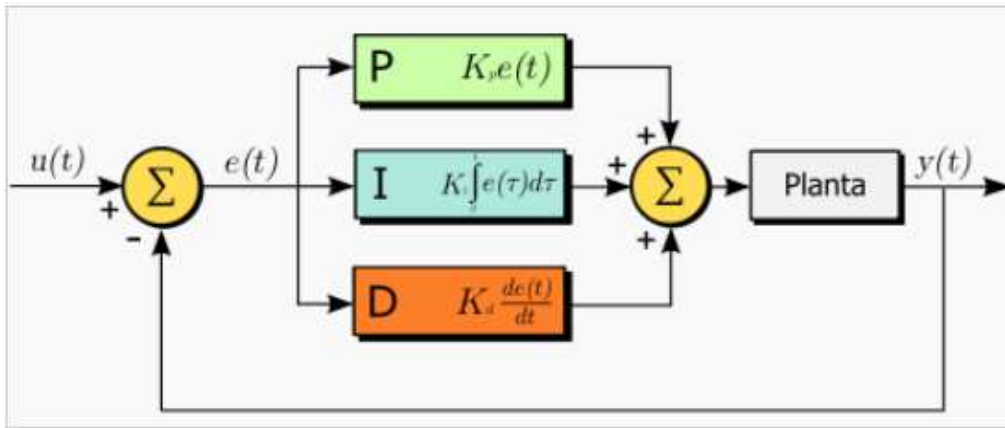


Figura # 37: Diagrama en bloque de un control PID

2.7.3 ¹⁵C. Modelación de Sistemas Físicos

Los sistemas físicos son los sistemas “tangibles”, los que se presentan en la vida real, son todos aquellos sistemas compuestos por maquinaria y equipos. En la modelación de sistemas físicos, estamos hablando del diseño de los sistemas mecánicos-eléctricos.

Los modelos proporcionan predicciones útiles.

La gran importancia de estos modelos es el resultado final, la predicción, es o no satisfactorio para el propósito particular considerado. Los modelos son sinónimos de representaciones. Y nos ayuda de la siguiente manera para:

- La predicción.
- Control.
- Adiestramiento.

2.7.3.1 Modelo.

Esquema teórico de un sistema o realidad compleja que se elabora para facilitar su comprensión y estudio. Cada una de las modalidades, tipos o categorías que existen de algo.

¹⁵ *Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2ª Edición.* Autor; BOLTON, W. Editorial: Alfaomega

Para efectuar el análisis de un sistema, es necesario obtener un modelo matemático que lo represente. El modelo matemático equivale a una ecuación matemática o un conjunto de ellas en base a las cuales podemos conocer el comportamiento del sistema.

Es necesario comentar que el modelo matemático que se desarrolla a partir de un sistema no es único, debido a lo cual se pueden lograr representaciones diferentes del mismo proceso.

Estas diferentes representaciones no contradicen una a la otra. Ambas contienen información complementaria por lo que se debe encontrar aquella que proporcione la información de interés para cada problema en particular.

Dentro de este contexto, por lo general se emplea la representación en "variables de estado" aunque no por ello el método de "relación entrada-salida" deja de ser interesante a pesar de proporcionar menor información de la planta.

Para uniformizar criterios respecto a las denominaciones que reciben los elementos que conforman un sistema de control es necesario tener en mente las siguientes definiciones:

Planta Cualquier objeto físico que ha de ser controlado.

- Proceso Operación o secuencia de operaciones.
- caracterizada por un conjunto de cambios graduales que llevan a un resultado o estado final a partir de un estado inicial.
- Sistema Combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen un objetivo determinado.
- Perturbación, Es una señal que tiende a afectar adversamente el valor de la salida de un sistema.

2.7.4 ¹⁶D. Computadoras y Sistemas Lógicos

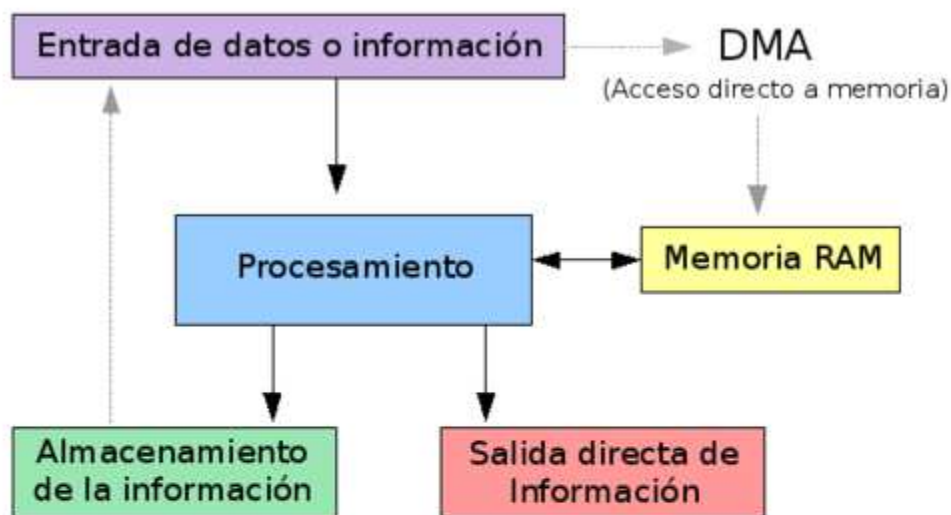
Al contrario de los sistemas físicos, las computadoras contienen el orden lógico de un sistema, su composición abstracta. El orden lógico le da a un sistema mecánico una serie de instrucciones, es el cerebro de un sistema mecánico-eléctrico. El conjunto de

¹⁶ David G. Alciatore, M. B. (2007). *Introduction to Mechatronics and Measurement Systems*. EEUU, Michigan: McGraw-Hill.

sistemas mecánicos-eléctricos y de orden lógico, se le denominan sistemas Mecatrónicos.

Una computadora (del latín computare -calcular-), también denominada como ordenador o computador es un sistema digital con tecnología microelectrónica, capaz de recibir y procesar datos a partir de un grupo de instrucciones denominadas programas, y finalmente transferir la información procesada o guardarla en algún tipo de dispositivo o unidad de almacenamiento.

La característica principal que la distingue de otros dispositivos similares, como una calculadora no programable, es que puede realizar tareas muy diversas cargando distintos programas en la memoria para que el procesador los ejecute.



Ejemplos:

- Teclado, Ratón (mouse), Micrófono, Pantalla táctil...
- Disco Rígido, DVD/CD – R/RW, USB Drive...
- Monitor, Altavoces, Impresora...

Figura # 38: Representación esquemática de un ordenador o computador

2.7.5 ¹⁷E. Software y adquisición de datos

El software es el conjunto de programas y procedimientos para realizar una tarea específica. Los sistemas de software, comúnmente llamados sistemas operativos, facilita la interacción de software con hardware. La adquisición de datos es el elemento principal de un sistema de control, con la adquisición de datos, el sistema de control conocerá qué es lo que sucede en el proceso que se lleva a cabo en los sistemas mecánicos-electrónicos, con la adquisición de datos, una persona puede observar la producción y efectividad de los sistemas.

Se denomina software (palabra de origen anglosajón, pronunciada "sóft-uer"), programa, equipamiento lógico o soporte lógico a todos los componentes intangibles de una computadora, es decir, al conjunto de programas y procedimientos necesarios para hacer posible la realización de una tarea específica, en contraposición a los componentes físicos del sistema (hardware). Esto incluye aplicaciones informáticas tales como un procesador de textos, que permite al usuario realizar una tarea, y software de sistema como un sistema operativo, que permite al resto de programas funcionar adecuadamente, facilitando la interacción con los componentes físicos y el resto de aplicaciones.

El término «software» fue usado por primera vez en este sentido por John W. Tukey en 1957. En las ciencias de la computación y la ingeniería de software, el software es toda la información procesada por los sistemas informáticos: programas y datos. El concepto de leer diferentes secuencias de instrucciones de la memoria de un dispositivo para controlar cálculos fue inventado por Charles Babbage como parte de su máquina diferencial. La teoría que forma la base de la mayor parte del software moderno fue propuesta por vez primera por Alan Turing en su ensayo de 1936, Los números computables, con una aplicación al problema de decisión.

¹⁷ Sebastía, J. P. (2007). *LabView: entorno gráfico de programación*. Barcelona: Marcombo.

Enrique Rivero Cornelio, C. G. (2004). *Bases de datos relacionales: diseño físico (Orientado al DB2 para z/OS de IBM)*. Madrid, España: Univ Pontifica de Comillas.

Un Sistema de Adquisición de Datos no es más que un equipo electrónico cuya función es el control o simplemente el registro de una o varias variables de un proceso cualquiera, de forma general puede estar compuesto por los siguientes elementos.

- Sensores.
- Amplificadores operacionales.
- Amplificadores de instrumentación.
- Aisladores.
- Multiplexores analógicos.
- Multiplexores digitales.
- Circuitos Sample and Hold.
- Conversores A-D.
- Conversores D-A.
- Microprocesadores.
- Contadores.
- Filtros.
- Comparadores.
- Fuentes de potencia.

CAPITULO 3

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS Y PROGRAMAS PROPUESTOS.

Para realizar las prácticas de laboratorio se contó con equipos y software de National Instruments, como el NI Elvis I, tarjeta PCI de adquisición de datos, Módulo Qnet entrenador de sensores aplicados a la mecatrónica, un computador y el software aplicativo NI Labview, el cual antes de ser utilizados hubo la necesidad de capacitarse en el manejo de cada uno de ellos, incluido la plataforma de software NI LABVIEW y de adquisición de datos, para así una vez instruidos realizar los análisis correspondientes de cada practica a ejecutar en el laboratorio.

3.1 NI ELVIS: Plataforma Educativa para Diseño y Generación de Prototipos

NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS) es un equipo diseñado para los laboratorios universitarios de ingeniería y de formación profesional, basado en ¹⁸LabVIEW. NI ELVIS consiste en una serie de instrumentos virtuales creados con LabVIEW, un mecanismo multifuncional de adquisición de datos (DAQ), una estación de trabajo y una placa removible que posee un generador de funciones y fuente de potencia, protección de alta tensión y de cortocircuito, así como entradas BNC para multímetro y osciloscopio. NI ELVIS está listo para comenzar a trabajar o puede ser personalizado según las necesidades del laboratorio. El software de cada uno de los instrumentos provisto con NI ELVIS (osciloscopio, multímetro digital, analizador de señales dinámico, analizador Bode, analizadores corriente-voltaje de dos hilos y tres hilos y generador de funciones, generador de onda arbitraria y fuente de potencia, todos ellos ampliables mediante LabVIEW) está basado en LabVIEW y es completamente abierto, permitiendo al usuario configurarlo según sus necesidades.

¹⁸ Instruments, N. (18 de Julio de 2011). <http://www.ni.com/>. Obtenido de <http://www.ni.com/labview/applications/esa/>

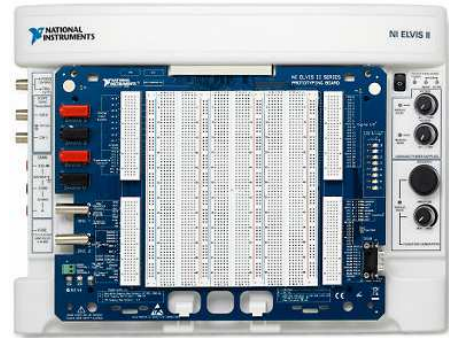
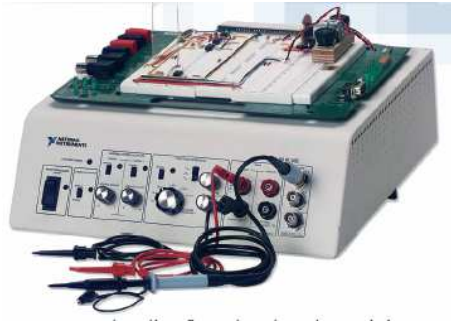


Figura # 39: NI ELVIS I y II
Fuente: Guía práctica de control Quanser

3.1.1 Razones Principales para usar NI ELVIS

Visión General

Según National Instruments (2009) Es la nueva plataforma de prototipos y diseño educacional de NI ELVIS , basada en el sistema gráfico de diseño de software de LabVIEW es utilizada para enseñar conceptos de diseño de circuitos, instrumentación, control, telecomunicaciones y teoría.

3.1.2 Componentes de la Plataforma de Educación para Electrónica.

La Plataforma de Educación para Electrónica ayuda a enseñar conceptos de diseño de circuitos al relacionar la teoría con el mundo real. Los estudiantes pueden estimular los conceptos teóricos en Multisim, generar prototipos del circuito actual con NI ELVIS y comparar la simulación con medidas del mundo real con LabVIEW y LabVIEW Signal Express. Con NI ELVIS y Multisim 10.1, aprender sobre circuitos se vuelve más interactivo con características como 3D NI ELVIS y la habilidad de tener acceso a los instrumentos de NI ELVIS II dentro de Multisim.

3.1.3 Instrumentos Integrados

NI ELVIS incluye 12 instrumentos de laboratorio más usados incluyendo osciloscopio, DMM, generador de funciones, fuente de alimentación variable, analizador de señal dinámica (DSA), analizador de bode, analizador de corriente-voltaje de 2 cables y 3 cables, generador de forma de onda arbitraria, lector/escritor digital y analizador de impedancia. Este conjunto de instrumentos tanto compacto como potente traduce los ahorros para el laboratorio en términos de espacio así como menores costos de mantenimiento. Además, los instrumentos NI

ELVIS como todos los diseñados usando el lenguaje para diseño gráfico de sistemas LabVIEW, los educadores pueden rápidamente personalizarlos para cumplir con sus necesidades específicas.

3.1.4 Plataforma de aprendizaje multidisciplinario

NI ELVIS es una arquitectura abierta, que permite a los líderes en otras áreas como diseño de control, telecomunicaciones construir módulos adicionales que los profesores pueden usar para enseñar conceptos. Estas extensiones de NI ELVIS y la facilidad de uso del software LabVIEW hacen de NI ELVIS una plataforma de ingeniería multidisciplinaria e ideal. Se utiliza NI ELVIS para enseñar conceptos de ingeniería en diseño de circuitos, medidas e instrumentación, diseño de control, telecomunicaciones y diseño para diferentes departamentos, incluyendo eléctrica, de cómputo, biomédica, ingeniería mecánica y aeroespacial y física.

3.2 ¹⁹Entrenador de Sensores de Mecatrónica Qnet

El entrenador de sensores Qnet, es una tarjeta que se adhiere con facilidad a través de su ranuras al módulo Ni Elvis I o II, El Entrenador de Sensores de Mecatrónica QNET es un experimento que guía al estudiante a través de propiedades físicas de la mayoría de los sensores usados hoy en día y de las técnicas y las limitaciones de sus aplicaciones. Tiene cuatro sensores digitales: micro conmutador push-button de un solo polo, de doble tiro (SPDT); conmutador óptico transitivo; conmutador óptico reflexivo y conmutador magnético de efecto Hall. También tiene seis sensores analógicos: potenciómetro, distancia analógica óptica, campo analógico magnético, presión, temperatura y piezopelícula.

Aquí una lista de los componentes del QNET-MECKIT:

- Galgas de esfuerzo para medir la desviación.
- Piezo sensor de película para medir la vibración.
- Potenciómetro giratorio para medir la posición.
- La presión y sensores de termistor.
- Sensores de largo alcance: sonar e infrarrojos.

¹⁹ *Quanser Engineering Trainer for NI-ELVIS QNET Practical Control Guide*

- Sensores de corto alcance: el campo magnético y óptico.
- Interruptor miniatura, botón e interruptor óptico.
- Cinco diodos emisores de luz (LED).
- Encoder.

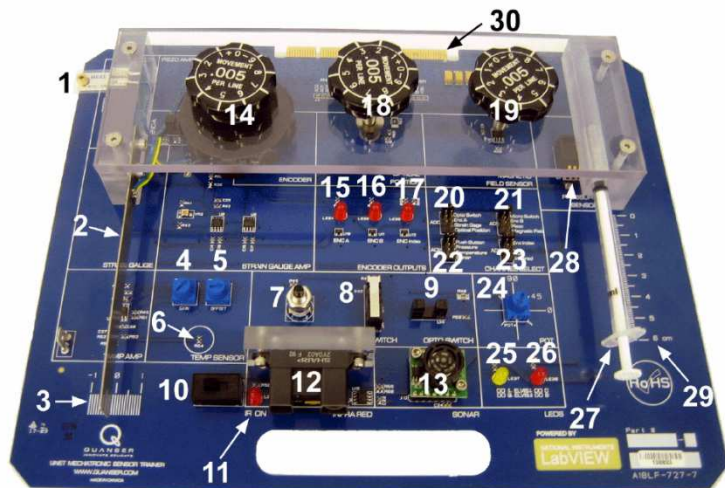


Figura # 40: Módulo QNET entrenador de sensores aplicados a la mecatrónica.
Fuente: Guía práctica de control Quanser

3.2.1 Nomenclatura de los componentes del entrenador de sensores aplicados a la mecatrónica

<i>ID #</i>	<i>Description</i>	<i>ID #</i>	<i>Description</i>
1	Piezo Sensor	16	Enc B LED
2	Flexible link (connected to strain gage)	17	Enc Index LED
3	Flexible link ruler	18	Optical position sensor knob
4	Temperature sensor gain potentiometer	19	Magnetic field sensor knob
5	Temperature sensor offset potentiometer	20	AD0 Jumper
6	Thermistor	21	AD1 Jumper
7	Push button	22	AD2 Jumper
8	Micro switch	23	AD5 Jumper
9	Optical switch	24	Potentiometer
10	Infrared sensor on/off switch	25	DO 1 LED
11	Infrared sensor on/off LED	26	DO 0 LED
12	Infrared sensor	27	Plunger (connected to pressure sensor)
13	Sonar sensor	28	Pressure sensor
14	Encoder knob	29	Plunger ruler
15	Enc A LED	30	PCI connector to NI ELVIS: for interfacing QNET module with DAC.

Tabla # 3 Nomenclatura de componentes del módulo Qnet entrenador de sensores aplicados a la Mecatrónica.

Fuente: Guía práctica de control Quanser

3.2.2 Características y propiedades de los sensores del modulo Qnet entrenador de sensores aplicados a la mecatrónica

Esta sección trata sobre las características y propiedades de los sensores que se encuentran a menudo en el mercado.

3.2.2.1 Resolución y precisión.

La resolución de un sensor es el menor cambio en la magnitud de entrada que se aprecia en la magnitud de salida. Sin embargo, la precisión es el máximo error esperado en la medida.

La resolución puede ser de menor valor que la precisión. Por ejemplo, si al medir una distancia la resolución es de 0,01 mm, pero la precisión es de 1 mm, entonces pueden apreciarse variaciones en la distancia medida de 0,01 mm, pero no puede asegurarse que haya un error de medición menor a 1 mm. En la mayoría de los casos este exceso de resolución

conlleva a un exceso innecesario en el coste del sistema. No obstante, en estos sistemas, si el error en la medida sigue una distribución normal o similar, lo cual es frecuente en errores accidentales, es decir, no sistemáticos, la repetitividad podría ser de un valor inferior a la precisión.

Sin embargo, la precisión no puede ser de un valor inferior a la resolución, pues no puede asegurarse que el error en la medida sea menor a la mínima variación en la magnitud de entrada que puede observarse en la magnitud de salida.

3.2.2.2 Rango

Los sensores sólo pueden tomar medidas de un objetivo en un radio de acción determinado. El rango de operación especifica un máximo, y a veces también un mínimo, la distancia donde el objetivo puede ser tomado desde el sensor, con el fin de obtener una medida precisa. Los sensores con una pequeña gama son los de campos magnéticos y sensores ópticos de posición. Los sensores con un relativamente rango mayor son los infrarrojos y sonar.

3.2.2.3 Absolutos e incrementales

Los sensores absolutos detectan una posición única. Los sensores de medida incrementales detectan una posición relativa que depende de una posición anterior o el estado último de encendido / apagado.

3.2.2.4 Medición del sensor analógico

La señal de salida de los sensores analógicos se correlaciona con la cantidad que se está midiendo, la relación entre la señal de salida del sensor y la medición, varía dependiendo del tipo de sensor. Por ejemplo, la tensión medida por un potenciómetro es directamente proporcional al ángulo que está midiendo. Sin embargo, la resistencia de un termistor disminuye exponencialmente a medida que aumenta la temperatura.

Algunas de las diferentes formas de caracterizar los sensores analógicos se ilustran en la siguiente figura.

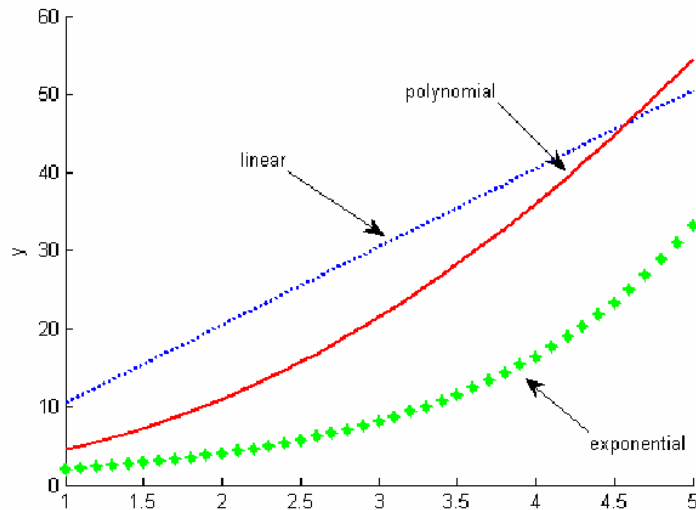


Figura # 41: Diferentes respuestas del sensor analógico
Fuente: Guía práctica de control Quanser

Los sensores lineales pueden ser modelados con la siguiente ecuación:

$$y = ax + b$$

Donde “a” es la tasa de cambio y “b” es el desplazamiento. La variable “x” es la señal de salida del sensor y “y” es la medición, por ejemplo, para el potenciómetro, “x” sería la tensión medida por el sensor “y” sería la medición de un ángulo (en grados o radianes). Otros tipos de sensores deben ser caracterizados por una relación más compleja, como polinomio.

$$y = ax^2 + bx + c$$

O exponencial

$$y = a e^{(bx)}$$

3.2.3 Descripción de los componentes del módulo Qnet entrenador de sensores aplicados a la mecatrónica.

A continuación detallaremos una descripción breve de los componentes con que está compuesto el modulo Qnet entrenador de sensores aplicados a la mecatrónica

3.2.3.1 Sensores de desviación y vibración

3.2.3.1.1 Piezo Eléctrico

El piezo sensor mide vibración, observe la figura # 42 del entrenador QNET-MECHKIT que tiene conectada una banda plástica que tiene un peso del disco de bronce en el final.

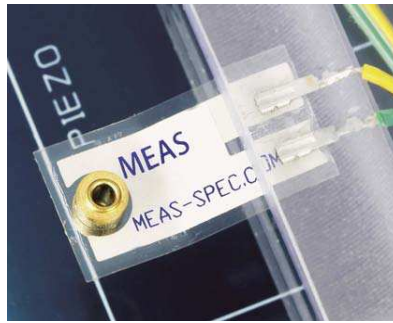


Figura # 42: Sensor Piezo Electrico del módulo Qnet
Fuente: Guía práctica de control Quanser

3.2.3.1.1 Galgas extensiométricos (Strain Gages)

Un sensor de galgas extensiométrico mide la deformación de la galga (lámina) que producirá una variación en su resistencia eléctrica.

Como se muestra en la Figura # 43, del QNET entrenador de sensores aplicado a la mecatrónica, la galga extensiométrica es una lámina flexible el cual varía su resistencia al cambiar su posición angular en cualquier sentido.



Figura # 43: Sensor Galgas extensiométricos (Strain Gages) del módulo Qnet
Fuente: Guía práctica de control Quanser

3.2.3.2 Sensores de Medición Angular

3.2.3.2.1 Potenciómetro Giratorio

Potenciómetros giratorios son sensores analógicos utilizados para medir la posición angular, como un eje de carga de un motor.

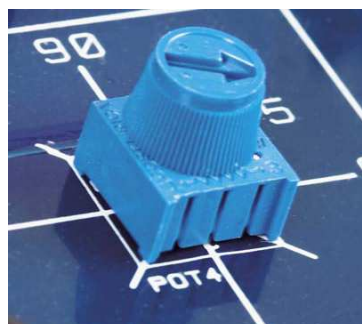


Figura # 44: Potenciómetro giratorio del módulo Qnet
Fuente: Guía práctica de control Quanser

3.2.3.2.2 Incremental encoder óptico

Al igual que los potenciómetros rotativos, los encoder también se pueden utilizar para medir la posición angular, hay muchos tipos de encoder, pero uno de los más comunes es el rotativo incremental encoder óptico, estos pueden ser utilizados para medir movimientos lineales, velocidad y posición.

El encoder tiene un disco codificado que está marcado con un patrón radial. A medida que el disco gira (con el eje), la luz de un LED brilla a través del patrón y es recogido por una foto sensor. Esto efectivamente genera las señales A y B que se muestra en la Figura 45, Un pulso se dispara una vez por cada rotación completa del disco, que puede ser utilizado para la calibración de un sistema.

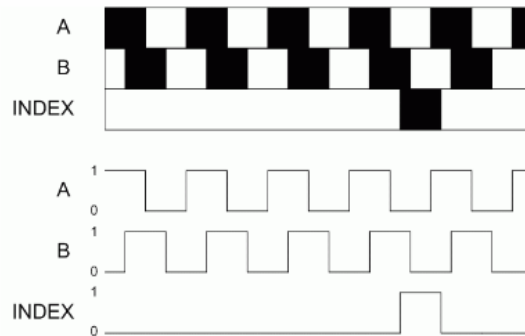


Figura # 45: Señales del incremental encoder óptico
Fuente: Guía práctica de control Quanser

Las señales A y B que se generan como el eje de rotación se utilizan en un algoritmo decodificado para generar un recuento. La resolución del encoder depende de la codificación del disco y la decodificación. Por ejemplo, un codificador con 1024 líneas en el disco puede generar un total de 1024 conteos por cada rotación del eje del encoder. Sin embargo, en un decodificador de cuadratura de número cuádruples de cuenta, por lo tanto, el codificador generaría 4.098 conteos por revolución.



Figura # 46: Encoder giratorios y Encoder Led del módulo Qnet
Fuente: Guía práctica de control Quanser

3.2.3.3 Sensor de Presión

Un sensor de presión está conectado al émbolo en el tablero QNET como se muestra en la Figura # 47. Este es un sensor de presión manométrica y sus medidas son relativas a la presión atmosférica. La señal de voltaje generado es proporcional a la cantidad de presión en el recipiente del émbolo. Así como el émbolo se empuja el aire se vuelve más comprimido y aumenta la lectura.



Figura # 47: Sensor de Presión del módulo Qnet
Fuente: Guía práctica de control Quanser

3.2.3.4 Sensor de Temperatura

Existen varios tipos de transductores para medir temperatura, como la termocupla, resistencia detectora de temperatura RTD, el termistor y los circuitos integrados, cada uno tiene sus ventajas y desventajas, la termocupla tiene un amplio rango de temperaturas y es fácil de usar pero es el menos estabilidad y sensible, El RTD, por otro lado, es más estable y preciso de los sensores, pero es lento y relativamente más caro, El IC es el transductor sólo lineal, tiene la mayor producción, pero es lento. El termistor responde muy rápidamente, pero tiene un rango limitado de temperatura, el termistor que tiene el módulo Qnet de mecatrónica se muestra en la siguiente figura # 48

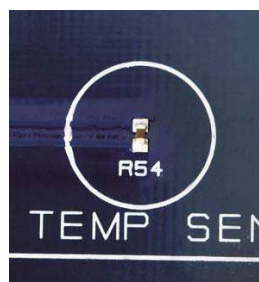


Figura # 48: Sensor de temperatura del módulo Qnet

Fuente: Guía práctica de control Quanser

El termistor es una resistencia que cambia de valor de acuerdo con la temperatura, la relación está dada entre la resistencia del termistor y la temperatura, T , se puede describir mediante la siguiente ecuación:

$$R = R_0 e^{\left(B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right)}$$

La resistencia es R_0 , cuando la temperatura es T_0 . Para el termistor del módulo entrenador Qnet, la resistencia del sensor es

$$R_0 = 47000. [\Omega]$$

Cuando la temperatura está a 25 grados Celsius

$$T_0 = 298.15 [K]$$

Los termistores son normalmente parte de un circuito. En el entrenador QNET de mecatrónica, el termistor se encuentra en el circuito de la figura # 49 y es el que está etiquetado con la letra R .

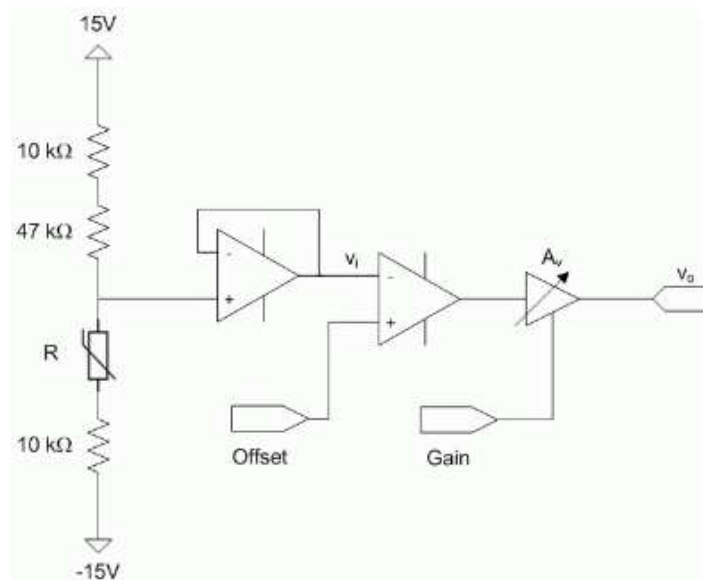


Figura # 49: Circuito donde se encuentra ubicado el termistor en el módulo Qnet

Fuente: Guía práctica de control Quanser

Usando la regla de divisor de tensión, la tensión de entrada al terminal negativo del segundo amplificador operacional es decir el desplazamiento inicial (*Offset*) del amplificador está dado por la siguiente expresión matemática:

$$v_i = \frac{30 (R + 10000.)}{67000. + R} - 15$$

La salida de voltaje del circuito es:

$$v_o = A_v (v_{off} - v_i)$$

Donde VOFF es la tensión de ajustar con el potenciómetro de Offset y Av es la ganancia del amplificador que se pueden cambiar de forma externa mediante el potenciómetro de ganancia.



Figura # 50: Potenciómetros de ganancia y de Compensación (Offset) del módulo Qnet
Fuente: Guía práctica de control Quaser

3.2.3.5 Sensores de rango de larga distancia

Estos son sensores sin contacto que miden la distancia de un objeto utilizando el sonido (sonar) o la luz (infrarrojo).

3.2.3.5.1 Sensor Sonar

A menudo se utiliza este sensor en la robótica móvil, los sensores de sonar están equipados con un emisor que genera ondas ultrasónicas y un receptor que las capta después de golpear un objetivo. Un temporizador calcula el tiempo que tarda la señal de retorno y, dada la velocidad del sonido en el aire y la distancia del objetivo, este es medido.



Figura # 51: Sensor sonar del módulo Qnet
Fuente: Guía práctica de control Quaser

3.2.3.5.2 *Sensor Infrarrojo*

Los infrarrojos (IR) sensores, son ampliamente utilizados en robots, sistemas de automoción, y varias otras aplicaciones que requieren una información exacta, de mediano alcance y medición sin contacto de posición. Un Sensor de infrarrojos se compone típicamente de un diodo emisor de infrarrojos (IRED), un sensor de posición detector (PSD), y un circuito de procesamiento de señales.



Figura # 52: Sensor Infrarrojo del módulo Qnet
Fuente: Guía práctica de control Quaser

3.2.3.6 **Sensores de Rango de corta distancia**

Tanto el sensor sonar como el infrarrojo, el objetivo debe estar a una distancia mínima con el fin de tomar una medición correcta, estos no son recomendables en aplicaciones donde el alcance es corto.

La posición de los sensores ópticos se utiliza para medir la distancia de un objetivo en estrecha proximidad con el sensor.

3.2.3.6.1 *Sensores de Posición Óptica*

Los sensores ópticos de posición se utilizan en aplicaciones tales como líneas de montaje, máquina, automatización, e incluso en la detección de bordes en los robots.

Un diodo emisor de infrarrojos y un fototransistor NPN de silicio están montados de un lado al otro lado y se utilizan para medir la posición de un objetivo. Este sensor tiene un rango de 0,25 pulgadas.



Figura # 53: Sensor óptico de posición (abajo) y el objetivo mando de posición (arriba) en el módulo QNET.

Fuente: Guía práctica de control Quaser

3.2.3.6.2 *Sensor de campo magnético*

Un transductor de campo magnético genera un voltaje proporcional al campo magnético que es aplicada a la meta. El sensor de campo magnético es el chip en la parte inferior que se muestra en la figura # 54. Se aplica un campo magnético perpendicular a la cabeza plana. La posición de la cabeza del tornillo se cambia girando el mando. Este transductor tiene un campo magnético similar al rango del sensor de posición óptico.



Figura # 54: Sensor de campo Magnético en el módulo Qnet

Fuente: Guía práctica de control Quaser

3.2.3.7 Interruptores (switch)

Diferentes aplicaciones requieren diferentes tipos de interruptores. Por ejemplo, un micro-interruptor puede ser utilizado para detectar cuando un robot móvil se golpea en una pared mientras que un interruptor óptico podría ser utilizado para detectar un borde. El interruptor tipo botón es el más común de un mecanismo de cambio.

3.2.3.7.1 *Micro Interruptor o Micro Switch*

El micro switch es un dispositivo pasivo obsérvese la figura # 55



Figura # 55: Micro switch utilizado en el módulo Qnet
Fuente: Guía práctica de control Quaser

3.2.3.7.2 *Botón Pulsador.*

El botón pulsador del módulo QNET se representa en la figura # 56 y es de alta actividad.



Figura # 56: botón pulsador utilizado en el módulo Qnet
Fuente: Guía práctica de control Quaser

3.2.3.7.3 *Switch o Interruptor Óptico*

El interruptor óptico, que se muestra en la figura # 57 es una foto-microsensor que incluye componentes transmisivo y de reflexión. En comparación con el botón pulsador y el micro interruptor, esto es uno sin contacto provocando una misma solución. Se activa cuando el sensor reflectante no detecta ninguna la luz, es decir, cuando un objeto no se coloca entre los componentes, se pasa a nivel bajo cuando hay objetos detectados.

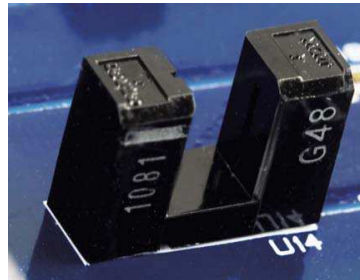


Figura # 57: Interruptor óptico utilizado en el módulo Qnet
Fuente: Guía práctica de control Quaser

3.2.3.8 Diodos Emisores de Luz

Un diodo emisor de luz, o LED, es un indicador de bajo consumo energético y robusto que se utiliza en muchos de las aplicaciones. Los LEDs en el entrenador de mecatrónica sensores, etiquetado como LED7 y LED8, se representado en la figura # 58. Están conectados a líneas de salida digital de la que pueden estar encendidos o apagados. Al igual que con los interruptores, los LEDs pueden ser conectados a baja y alta actividad.



Figura # 58: Diodos emisores de Luz utilizados en el módulo Qnet
Fuente: Guía práctica de control Quaser

3.3 Software y tarjeta de adquisición de datos Utilizados para las prácticas

3.3.1 Programa Labview

²⁰LabVIEW es un entorno de programación gráfica usado por miles de ingenieros e investigadores para desarrollar sistemas sofisticados de medida, pruebas y control usando íconos gráficos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo. Ofrece una integración incomparable con miles de dispositivos de hardware y brinda cientos de bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos, todo para crear instrumentación virtual. La plataforma LabVIEW es escalable a través de múltiples objetivos y sistemas operativos, desde su introducción en 1986 se ha vuelto un líder en la industria.

²⁰ Instruments, N. (18 de Julio de 2011). <http://www.ni.com/>. Obtenido de <http://www.ni.com/labview/applications/esa/>

3.3.2 Características principales de la plataforma del programa Labview

Entre las características más importantes que tiene este programa son las que detallamos a continuación:

3.3.2.1 Programación más rápida

Se Programa con bloques de función gráficos y de clic-y-arrastre en lugar de escribir líneas de texto.

3.3.2.2 Representación de flujos de datos

Se desarrolla, mantiene y comprende el código fácilmente con una representación intuitiva en diagramas de flujo y utilizando lenguajes gráficos de programación.



Figura # 59: Representación intuitiva en diagramas de flujo de Labview
Fuente: LabView: entorno gráfico de programación.

3.3.2.3 Integración de Hardware con LabVIEW

3.3.2.3.1 E/S y Comunicación

Se Conecta a cualquier instrumento o sensor con bibliotecas integradas y miles de controladores de instrumentos.

3.3.2.3.2 Hardware Plug-and-Play

Se Integra perfectamente a dispositivos plug-and-play para USB, PCI, PXI, Wi-Fi, Ethernet, GPIB y más.

3.3.2.4 Análisis y Procesamiento de Señales Avanzados e Integrados

3.3.2.4.1 Análisis Integrado

Se obtiene acceso a miles de funciones específicas para ingeniería como análisis de frecuencia, ajuste de curvas y más.

3.3.2.4.2 Procesamiento de Señales en Línea

Interactúa con las medidas y realiza análisis en línea en tiempo real en señales adquiridas.

3.3.2.5 Visualización de Datos e Interfaces de Usuario

3.3.2.5.1 Controles Integrados

Interactúa con datos usando cientos de controles de clic-y-arrastre, gráficas y herramientas de visualización en 3D.

3.3.2.5.2 Controles Personalizados

Personaliza fácilmente la posición, el tamaño y el color de los controles integrados o cree sus controles en segundos.

3.3.2.6 Varios Enfoques de Programación

3.3.2.6.1 Reutilización de Código

Integra código basado en texto y DLLs o incorpore fácilmente archivos .m originales y de otras empresas.

3.3.2.6.2 Varios Patrones de Diseño

Incorpora modelos adicionales de cómputo como diagramas de simulación dinámica y gráficos de estado.

3.3.2.7 Múltiples Objetivos y SOs

3.3.2.7.1 PC y SOs en Tiempo Real

Desarrolla y reutiliza código con Windows, Mac, Linux y SOs en tiempo real como VxWorks.

3.3.2.7.2 FPGAs y Microprocesadores

Conecte varias arquitecturas embebidas, incluyendo microcontroladores ARM y FPGAs, con el mismo enfoque gráfico.

3.3.2.8 Programación Multinúcleo

3.3.2.8.1 Multithreading Automática.

Se puede trabajar más rápido con grandes juegos de datos y algoritmos complejos porque LabVIEW se ejecuta en múltiples hilos.

3.3.2.8.2 Identificación de Ejecución.

Se Optimiza el código fácilmente para ejecución paralela usando herramientas integradas para depuración y visualización.

3.3.2.9 Almacenamiento de Datos y Reportes

3.3.2.9.1 E/S a Archivo Diseñada para Crear Datos

Concéntrese en sus datos y no en convertir formatos con soporte integrado para una amplia variedad de archivos.

3.3.2.9.2 Herramientas Flexibles para Reportes

Comparte sus resultados al generar reportes desde sus datos adquiridos.

3.3.2.10 Áreas de Aplicación de Labview

Desde realizar medidas simples de temperatura hasta controlar el acelerador de partículas más grande del mundo, los ingenieros y científicos utilizan la plataforma de diseño gráfico de sistemas NI LabVIEW para resolver una amplia variedad de retos en aplicaciones.

También se puede incorporar los nuevos proyectos de LabVIEW a sus sistemas porque LabVIEW conecta a prácticamente cualquier dispositivo de medida y herramienta de diseño.

3.3.2.10.1 Aplicaciones

En las siguientes áreas funciona LabVIEW

Adquirir Datos y Procesar Señales

- Mide cualquier sensor en cualquier bus
- Realiza análisis y procesamiento de señales avanzados
- Visualiza datos en interfaces de usuario personalizadas
- Registra datos y genere reportes

Automatizar Sistemas de Pruebas y Validación

- Automatiza las pruebas de validación y producción de un producto
- Controla múltiples instrumentos.
- Analiza y visualiza resultados de pruebas con interfaces de usuario personalizadas.

Diseñar Sistemas Embebidos

- Reutiliza código ANSI C y HDL
- Integra hardware comercial
- Genera prototipos con tecnología FPGA
- Obtiene acceso a herramientas personalizadas para medicina, robótica y más

Control de Instrumentos

- Automatiza la colección de datos
- Controla múltiples instrumentos
- Analiza y visualiza señales

Medidas Industriales y Control

- Adquiere medidas de alta velocidad
- Implementa fácilmente control PID y control avanzado
- Conecta a cualquier sistema o controlador lógico programable
- Implementa mecatrónica y diseño de máquinas con herramientas específicas

Enseñanza e Investigación Académica

- Utiliza un enfoque práctico e interactivo de aprendizaje
- Combina el diseño de algoritmos con medidas de datos reales
- Aumenta el rendimiento
- No hay ninguna fuente en el documento actual de aplicaciones con procesamiento multinúcleo.

3.3.3 Adquisición de datos

Adquisición de datos (DAQ) es el proceso de medición de un fenómeno eléctrico o físico, como tensión, corriente, temperatura, presión, o el sonido. El PC Basada en la adquisición de datos utiliza una combinación de hardware modular y software flexible para transformar su computadora portátil o computadora de escritorio estándar en una medida definida por el usuario o el sistema de control.



Figura # 60: Representación en bloques del proceso de adquisición de datos

Fuente: <http://www.ni.com>

Si bien cada sistema de adquisición de datos tiene una funcionalidad única para servir a los requisitos específicos de aplicación, todos los sistemas tienen componentes comunes, que incluyen señales, sensores, acondicionamiento de señales, hardware DAQ, y un ordenador con software.

Los sistemas de adquisición de datos nos ayudan a medir información presentada en forma digital o analógica.

Las señales digitales pueden venir de una variedad de fuentes tales como: interruptores, relevadores, interfaces compatibles con niveles TTL, etc. Con la interfase apropiada se pueden directamente por la computadora.

Las señales analógicas vienen de diferentes instrumentos, sensores o transductores que convierten energía en forma de presión, posición o temperatura en voltaje.

Las señales analógicas no pueden procesarse directamente en una computadora, deben convertirse primero a un número digital. A este proceso se le llama Conversión Analógica Digital (CAD).

El proceso complementario, Conversión de Digital a Analógico (CDA), cambia datos digitales en señales de voltaje o corriente ambos procesos permiten la medición y el control computarizado de procesos industriales y experimentos de laboratorio.

3.3.3.1 Tarjeta Utilizada para la adquisición de Datos.

Para realizar las prácticas con el módulo Qnet y el computador se utilizó la tarjeta NI PCI-6221 (37 Pines) para la adquisición de los datos, el cual se conecta internamente en el computador e interactúa con el módulo Elvis y el módulo Qnet a través de un cable NI SHC68-68-EPM de 68 pines.

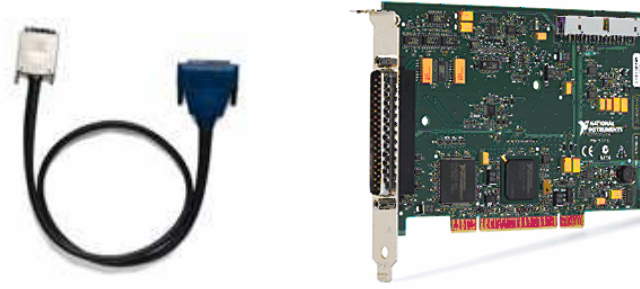


Figura # 61: Cable NI SHC68-68-EPM de 68 pines y tarjeta de adquisición de datos NI PCI-6221 (37 Pines)
Fuente : <http://www.ni.com>



Figura # 62: Conexión de la tarjeta de adquisición de datos con el computador
Fuente: <http://www.ni.com>

3.3.3.1.1 Características técnicas de la tarjeta de adquisición de datos

De acuerdo a lo consultado con el fabricante de la tarjeta de adquisición de datos los resultados de las características se presentan en el siguiente cuadro.

Entrada Analógica		Entrada Analógica		E/S Digital	
Producto	PCI-6221 (37-Pin)	Canales	2	¿ Soporta Estados de Encendido Programables?	Sí
Familia de Productos	DAQ Multifunción	Resolución	16 bits	Capacidad de Corriente Simple	24 mA
Formato Físico	PCI	Máx. Voltaje de Entrada Analógica	10 V	Capacidad de Corriente Total	176 mA
Número de Parte	779418-01	Rango de Voltaje Máximo	-10 V , 10 V	Temporizador Watchdog	No
Sistema Operativo/Objetivo	Real-Time , Linux , Mac OS , Windows	Precisión Máxima del Rango de Voltaje	3230 µV	¿ Soporta Protocolo de Sincronización para E/S?	No
Soporte para LabVIEW RT	Sí	Rango de Voltaje Mínimo	-10 V , 10 V	¿ Soporta E/S de Patrones?	Sí
Familia de Productos DAQ	Serie M	Mínima Precisión del Rango de Voltaje	3230 µV	Máximo Rango de Entrada	0 V , 5 V
Tipos de Medida	Codificadores de cuadratura , Digital , Voltaje , Frecuencia	Razón de Actualización	833 kS/s	Máximo Rango de Salida	0 V , 5 V
Compatibilidad con RoHS	Sí	Capacidad de Corriente Simple	5 mA	Contadores/Temporizadores	
Entrada Analógica		E/S Digital		Número de Contadores/Temporizadores	
Canales	16 , 8	Canales Bidireccionales	10	Número de Canales DMA	2
Canales de una sola terminal	16	Canales de Entrada Únicamente	0	Operaciones a Búfer	Sí
Canales Diferenciales	8	Canales de Salida Únicamente	0	Eliminación de Rebotes	Sí
Resolución	16 bits	Número de Canales	0 , 10	Sincronización GPIB	No
Velocidad de Muestreo	250 kS/s	Temporización	Hardware , Software	Rango Máximo	0 V , 5 V
Máx. Voltaje de Entrada Analógica	10 V	Máximo Rango de Tiempo	1 MHz	Frecuencia Máxima de la Fuente	80 MHz
Rango de Voltaje Máximo	-10 V , 10 V	Niveles Lógicos	TTL	Generación de Pulso	Sí
Precisión Máxima del Rango de Voltaje	3100 µV	Entrada de Flujo de Corriente	Sinking , Sourcing	Resolución	32 bits
Sensibilidad Máxima del Rango de Voltaje	97.6 µV	Salida de Flujo de Corriente	Sinking , Sourcing	Estabilidad de Tiempo	50 ppm
Rango de Voltaje Mínimo	-200 mV , 200 mV	Filtros de Entrada Programables	Sí	Niveles Lógicos	TTL
Mínima Precisión del Rango de Voltaje	112 µV	¿ Soporta Estados de Encendido Programables?	Sí	Especificaciones Físicas	
Mínima Sensibilidad del Rango de Voltaje	5.2 µV	Capacidad de Corriente Simple	24 mA	Longitud	15.5 cm
Número de Rangos	4			Ancho	9.7 cm
Muestreo Simultáneo	No			Conector de E/S	D-Sub de 37 pin
Memoria Interna	4095 muestras			Temporización/Disparo/Sincronización	
Salida Analógica				Disparo	Digital
Canales	2			Rus de Sincronización / RT S/s	Sí

Fuente: www.ni.com

3.4 Computadora

Para la elaboración de las prácticas de laboratorio se utilizó un computador u ordenador con el cual recibimos y procesamos los datos recogidos en cada uno de las prácticas realizadas a través de las instrucciones recibidas por el programa Labview, para luego transferirla, procesarla y guardarla en la unidad de almacenamiento.

3.4.1 Características técnicas del computador utilizado.

Las características técnicas del computador utilizado para la realización de las prácticas de laboratorio son las siguientes:

- Computador genérico con procesador Pentium Dual Core de 2.2ghz
- Memoria Ram DDR2 de 1ghz
- Disco duro Sata de 160gb
- Monitor Lcd de 17"
- Teclado y mouse óptico.

3.5 Entorno completo de la Instalación y conexión de los componentes.

A continuación se puede visualizar con claridad de acuerdo a la gráfica expuesta todo el entorno completo que se debe de montar o instalar de los componentes del banco de prácticas para las mediciones de los sensores aplicados a la mecatónica, también se describe a continuación a cada uno de ellos.

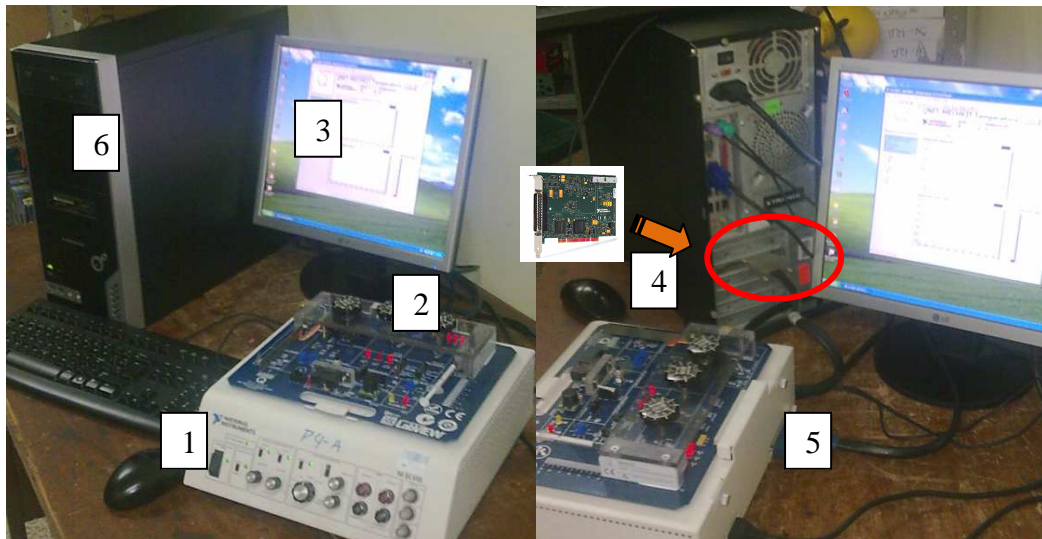


Figura # 63: entorno frontal y posterior de la conexión completa del banco de prácticas de los sensores aplicados a la mecatrónica.

Fuente: Autores

- 1) NI ELVIS I.
- 2) Módulo, tarjeta o entrenador de Sensores Mecatrónica Qnet.
- 3) Programa Labview.
- 4) Tarjeta PCI-6221 de Adquisición de datos instalada en la ranura PCI del computador.
- 5) Cable NI SHC68-68-EMP de Interconexión para datos.
- 6) Computadora.

CAPITULO 4

METODOLOGÍA USADA Y PRÁCTICAS DE LABORATORIO RECOMENDADAS.

Para alcanzar los objetivos propuestos se seleccionaron los siguientes métodos de investigación:

- ✚ Método de análisis
- ✚ Método de Organización
- ✚ Método de investigación acción y Exploratoria
- ✚ Métodos de comprobación y de observación (pre-Experimental)

4.1 Justificación de la Elección del Método

En primera instancia se escogió realizar este tema de tesis ya que hoy en día a nivel mundial se habla mucho sobre la tecnología de la Mecatrónica, tanto así que muchas universidades internacionales tienen como carrera la Ingeniería en Mecatrónica, especialmente los países desarrollados como EEUU, México, Brasil, España, Japón, China, entre otros.

Gracias al internet es muy evidente saber lo que está pasando con la tecnología alrededor del Mundo, incluso las políticas de estado que se aplican en los diferentes países con respeto al libre comercio y las exigencias que nos demanda la globalización podemos observar los nuevos equipos tecnológicos que llegan a los diferentes países como una solicitud eminente de las nuevas necesidades que los seres humanos cada día requerimos, tanto así que vemos en las tiendas de venta equipos celulares de última generación, televisores de pantalla ultra delgada como son los LED siglas que significan Diodos emisores de Luz, ahorran energía y no utilizan mercurio para iluminar la pantalla, como lo hacen los televisores de pantallas LCD, y qué hablar de los autos modernos, combinan los principios teóricos y técnicos de la mecatrónica, poseen una computadora con su propio procesador, tienen integrado por donde quiera sensores y actuadores y su sistema mecánico, robótico con servomecanismos tan modernos, que nos atrevemos a decir que la Ingeniería Mecatrónica está ahí, ya la tenemos entre nosotros y aún no nos damos cuenta.

Ecuador como país en miras al desarrollo siempre debe estar pendiente de la tendencia mundial, de acuerdo a este análisis investigamos que universidades en el país ofrecen la carrera de Ingeniería en Mecatrónica y encontramos que de las casi 70 universidades que constan inscritas en la Senescyt (Secretaría Nacional de Educación Superior Ciencia y Tecnología) sólo las siguientes ofrecen la carrera y que son:

Escuela Politécnica del Ejército, Quito,
Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito,
Universidad Internacional del Ecuador, Quito
Universidad Técnica del Norte, Ibarra.

Ninguna de estas Universidades pertenece a la ciudad de Guayaquil, ni siquiera consta la Escuela Politécnica del Litoral, esto nos lleva a reflexionar muy cuidadosamente y nos encamina a muchas inquietudes y preguntas, que está pasando con nuestros jóvenes, será acaso que no tienen una idea clara de lo que significa esta nueva tendencia tecnológica, será acaso que nuestras universidades no tienen la solvencia académica y económica para hacerse de esta carrera, será que recién estamos entrando en la onda de las nuevas mejoras y cambios educativos y aún no tenemos resultados, bueno y así podemos seguir cuestionando mas y mas sobre este tema tan apasionante e importante.

Como estudiantes de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil y egresados de la carrera de Ingeniería en Electrónica control y automatismo anhelamos aportar con un granito de arena para nuestros jóvenes estudiantes tanto de la propia universidad como los futuros que puedan llegar, y que mejor haciéndolo con este tema de tesis que es el abre sala de una carrera entera que en el futuro la universidad la puede implementar si así las autoridades lo demanden, la idea fundamental es por lo menos ahora iniciar analizando uno de los elementos más importantes de todo un sistema Mecatrónico que se puede encontrar hoy en día en la industria del país como son los sensores, claro está sin antes hacer una extensa explicación de los fundamentos teóricos de lo que significa esta tendencia tecnológica para tener una idea más pragmática de los objetivos y alcances de esta tesis.

4.2 Diagnostico de la situación actual en la facultad sobre el conocimiento de la Mecatrónica y sus sistemas.

Una vez conocido el planteamiento del problema, realizamos un diagnostico de la situación actual en la facultad a través de una encuesta para determinar o conocer si realmente los estudiantes de la Facultad de Educación Técnica para el desarrollo conocen sobre la tecnología mecatronica.

Para obtener la muestra de la población a determinar para la encuesta recogimos los siguientes datos:

Tamaño total de la Población número total de estudiantes en la Facultad N= 830

Nivel de confianza que queremos obtener, en este caso escogimos trabajar con el 95.5%, para este nivel de confianza la constante es equivalente a K=1.96.

Error muestral deseado (e) = 5%

La proporción (p) de individuos que poseen en la población la característica de estudio es de 614 estudiantes que están matriculados en las carreras de Ingeniería técnicas el resto pertenecen a carreras de agronomía, esto representa el 73.98%.

La proporción (q) de individuos que no poseen en la población la característica de estudio es el 26.02% que son los 216 estudiantes que pertenecen a las carreras de agronomía.

Con estos datos y con la siguiente ecuación se calculó el número de estudiantes de la muestra (n) para la encuesta.

$$n = \frac{k^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(e^2 \cdot (N-1)) + k^2 \cdot p \cdot q}$$

N=830

k= 95,5%= 1.96

e= 5%

p=614 estudiantes =73.98%

q=216 estudiantes =26.02%

n= 218 estudiantes

4.2.1 Preguntas realizadas en la encuesta.

1.- Has oído hablar de la Mecatrónica

Si_____ NO_____

2.- En qué lugar se enteró de la Mecatrónica

Colegio_____

Trabajo_____

Internet_____

Otro indique_____

3.- Cual de todos los sistemas que conforman la mecatrónica le llamó más la atención

A. Sensores y actuadores_____

B. Sistemas de control_____

C. Modelación de sistemas físicos_____

D. Computadoras y sistemas lógicos_____

E. Software y Adquisición de datos_____

4.- ¿Consideras que la mecatronica en Ecuador es productiva?

SI_____ NO_____

5.- A tu punto de vista,¿ Crees que hay empleo para el campo de la mecatronica?

SI_____ NO_____

6.- ¿Te gustaría aprender Mecatronica?

SI_____ NO_____

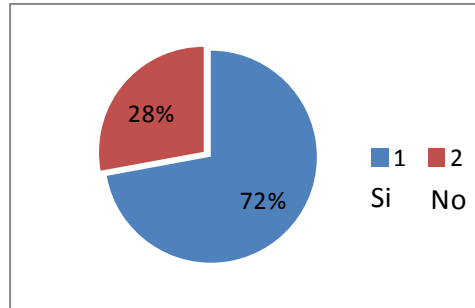
7.- ¿La mecatronica origina avances tecnológicos?

SI_____ NO_____

4.2.2 Resultados de la Encuesta

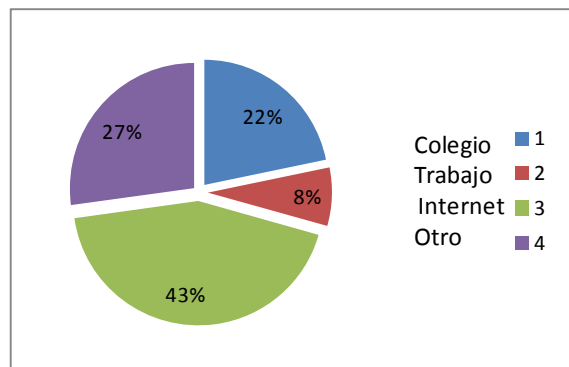
Diagnostico de la situación actual en la facultad de Educación Técnica para el desarrollo de la Universidad católica Santiago de Guayaquil, con respecto al conocimiento que tienen los estudiantes acerca de la Mecatrónica y sus sistemas.

1.- Has oído hablar de la Mecatrónica



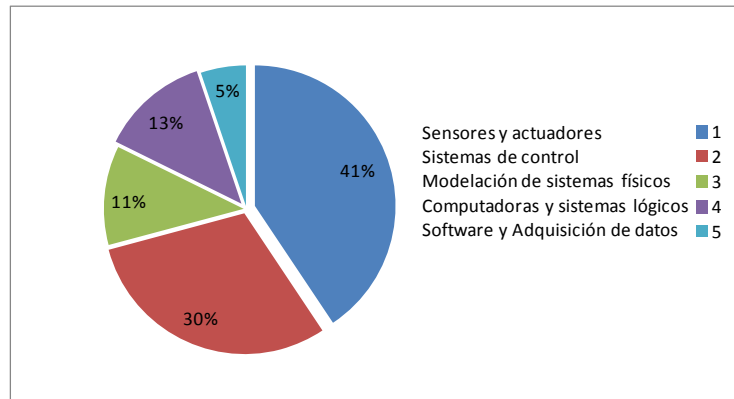
En esta gráfica se observa que el 72% de los encuestados ha escuchado hablar acerca de la Mecatrónica, esto refleja que hay un grado de interés elevado sobre el tema, el 28% desconoce o no ha oído hablar sobre la mecatrónica.

2.- En qué lugar se enteró de la Mecatrónica



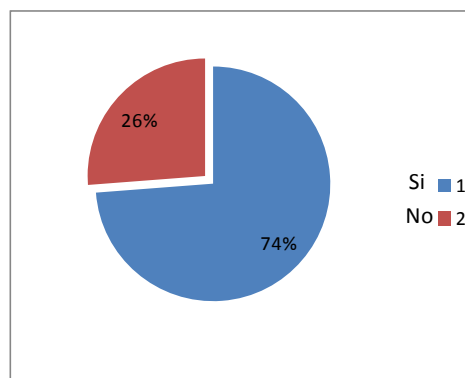
En esta gráfica observamos claramente que el 43% de los estudiantes se enteró de la Mecatrónica y sus sistemas a través del internet, seguido de un 27% otros donde incluye (72% Universidad, 12% personas que estudian, 8% por medios de información como revistas, periódicos, etc , el 4% por amistades y otro 4% se enteraron por bibliotecas), luego el 22% de los encuestados se enteró de la Mecatrónica a través de sus colegios y finalmente el 8% en su trabajo, esto demuestra que en la educación de segundo nivel y tercer nivel poco se hace para difundir esta tendencia tecnológica.

3.- Cual de todos los sistemas que conforman la mecatrónica le llamó más la atención.



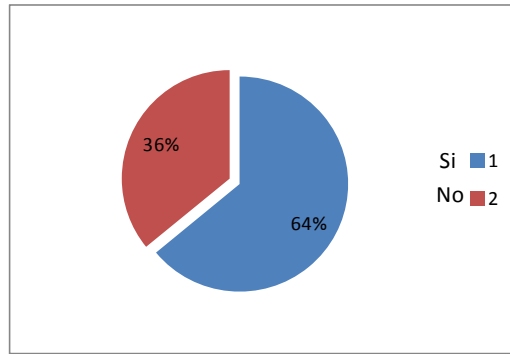
Los datos de la encuesta en esta pregunta revela que el 41% de los estudiantes le llama la atención los sistemas de sensores y actuadores, esto nos llama la atención ya que nuestra tesis está enfocada a este sistema como parte inicial y fundamental para abrir las puertas y el interés en los demás sistemas que conforman la mecatronica, el 30% opino que les llama la atención los sistemas de control, el 13% de todos los encuestados señaló que les llama la atención el sistema de computación y lógicos, el 11% dijo que les llama la atención la modelación de sistemas físicos, y sólo el 5% que les llama la atención software y adquisición de datos.

4.- ¿Consideras que la mecatrónica en Ecuador es productiva?



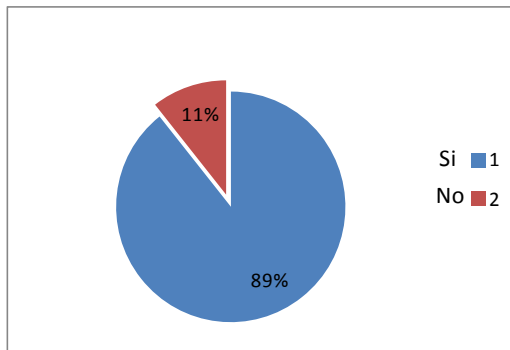
El 74% de los encuestas opina en esta pregunta que la mecatrónica en Ecuador es productiva, esto demuestra que hay concientización de los estudiantes y que están plenamente enterados que en el País las empresas productivas invierten en traer nueva tecnología para ser más competitivos en los mercados internacionales.

5.- A tu punto de vista, ¿Crees que hay empleo para el campo de la mecatrónica?



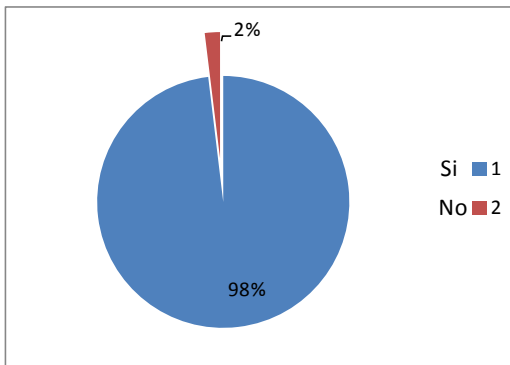
Aquí los encuestados reconocen en un 64% que si hay empleo en el campo de la mecatrónica, sin embargo el 36% dice que no lo hay, esto puede suceder por el desconocimiento que tienen acerca de esta tendencia tecnológica.

6.- ¿Te gustaría aprender Mecatronica?



Aquí se nota claramente el entusiasmo de aprender una nueva tendencia tecnológica así respondieron con un 89% los estudiantes, sobre el gusto de aprender mecatrónica, solo el 11% dijo no querer aprender este tema.

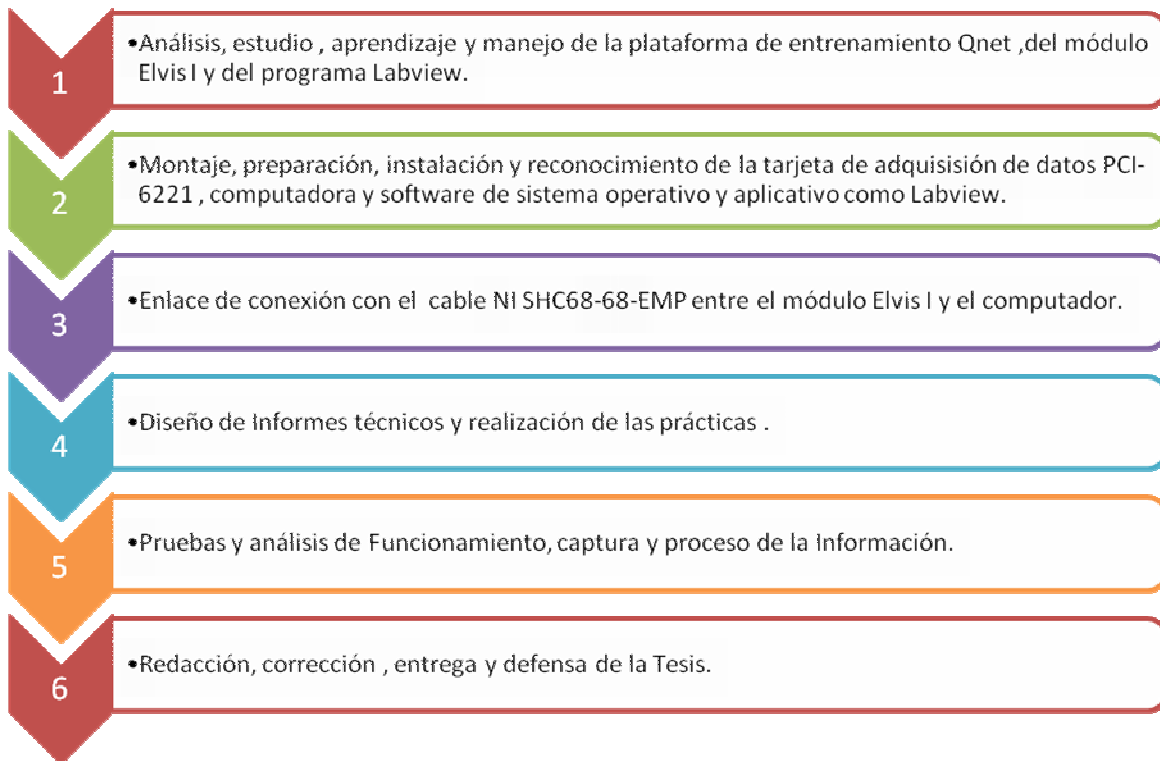
7.- ¿La mecatrónica origina avances tecnológicos?



En esta pregunta el 98% opinó casi sin dudar que la mecatrónica si origina avances tecnológicos, mientras que una minoría el 2% opinó que no.

4.3 Procedimientos a seguir para la realización de las prácticas.

Continuando con la organización que demanda la realización de esta tesis se aprovechó que la facultad adquirió el módulo o tarjeta Qnet de Mecatrónica, para inmediatamente iniciar con la planificación y procedimientos a seguir para las prácticas:



Adicionalmente para el estudio de los diferentes temas de la tesis se investigó en distintos textos de bibliotecas virtuales como E-libro y ProQuest también en páginas web como libros Google y documentos de Universidades sobre información acerca de los principios y fundamentos teóricos y técnicos de los sensores aplicados a la Mecatrónica y también en los manuales y pagina web de la empresa National Instruments, fabricante y experto en tecnología de la instrumentación virtual.

4.3.1 Practicas básicas Realizadas

En esta tesis también utilizamos el método de comprobación y de observación (pre-Experimental), del paradigma empírico analítico con un enfoque cuantitativo, para la realización de las prácticas, con procedimientos propios de ciencias naturales con conocimientos científicos de la realidad, observando y comprobando los diferentes sucesos de cada uno de los sensores en sus comportamiento cuando variábamos los valores en la tabla de mediciones de cada uno de ellos.

PRACTICAS DE LABORATORIO

Practica # 1

TEMA: Utilización del sensor de bandas extensiométrica.

1. Introducción

La figura # 64: muestra el diagrama de bloques del circuito que el equipo de prácticas utiliza como principio básico, para el estudio de las galgas extensiométricas. La alimentación del puente consiste en una fuente de corriente de tres valores de intensidad seleccionables. La posibilidad de esta selección tiene por objeto el estudiar el efecto de la temperatura sobre la resistencia de las galgas, así como el estudio de la sensibilidad para distintas corrientes de excitación.

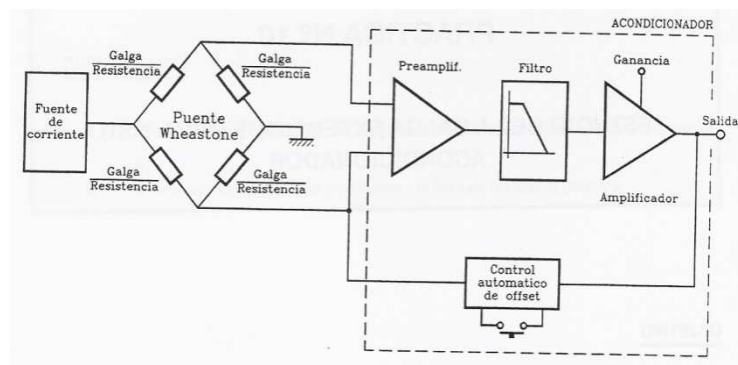


Figura #64: diagrama de bloques del circuito que el equipo de prácticas utiliza como principio básico, para el estudio de las galgas extensiométricas

2. Objetivos

- El alumno comprobara los valores asignados al sensor y vera la curva característica.
- El alumno comprobara la diferencia asignada a cada sensor y vera la curva característica.
- El alumno determinara la respuesta en tiempo, espacio y voltaje

3. Equipos utilizados

- Computadora con sistema operativo window XP y programa Labview.
- Tarjeta PCI-6221 de adquisición de datos
- Cable NI SHC68-68-EMP de Interconexión para datos.
- Plataforma NI Elvis I .
- Módulo, tarjeta o entrenador de Sensores Mecatrónica Qnet-015

4. Desarrollo de la practica

- a) Dirigirse al selector de canales AD0 y mueva el jumper 7 a la descripción del sensor *Estrain Gage* que corresponde a esta práctica.
- b) Encender el computador y el módulo NI Elvis tanto en la parte posterior como en la parte frontal.
- c) Abrir el archivo ejecutable de Labview correspondiente a esta práctica *Qnet-Mechkit Strain Gage QNET_MECHKIT_Flexgage.vi*.
- d) Se observarán el panel frontal del primer ejercicio.

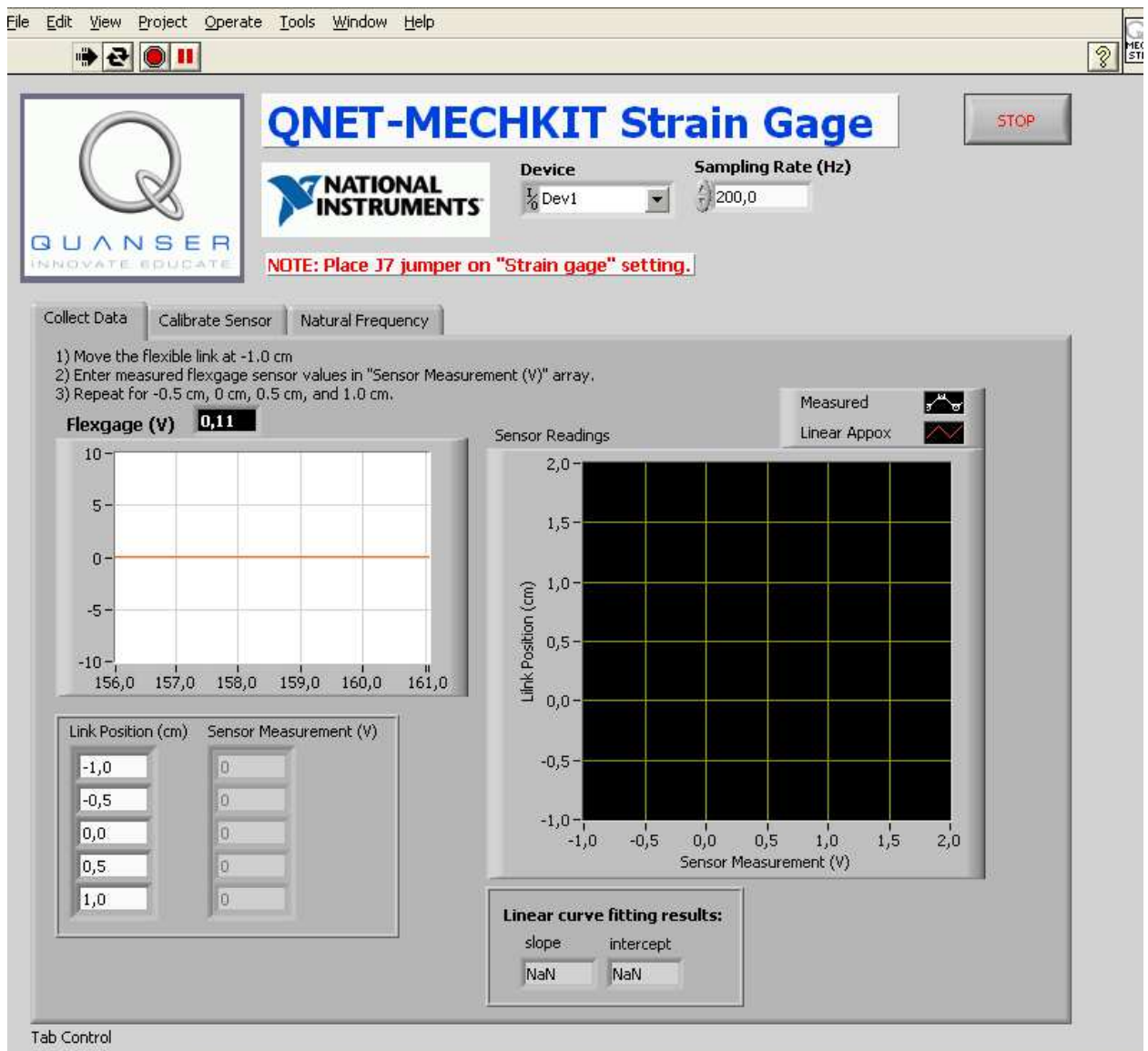



Figura #65: Panel frontal de la práctica bandas extensiométrica

e) Utilizar el sensor Estrain Gage (Medidor de tensión)

Observar figura # 43

f) Dar valores en la tabla de mediciones del sensor.

- Mueva la galga flexible hacia la posición de -0.1cm , diríjase a la parte superior y dar un clic en correr el programa  , luego capture el valor medido (Flexgage V) dándole un clic en parar programa.
- Ingrese el valor medido a la tabla (sensor measurement v).
- Realice el mismo paso para cada uno de las posiciones dadas en cm.

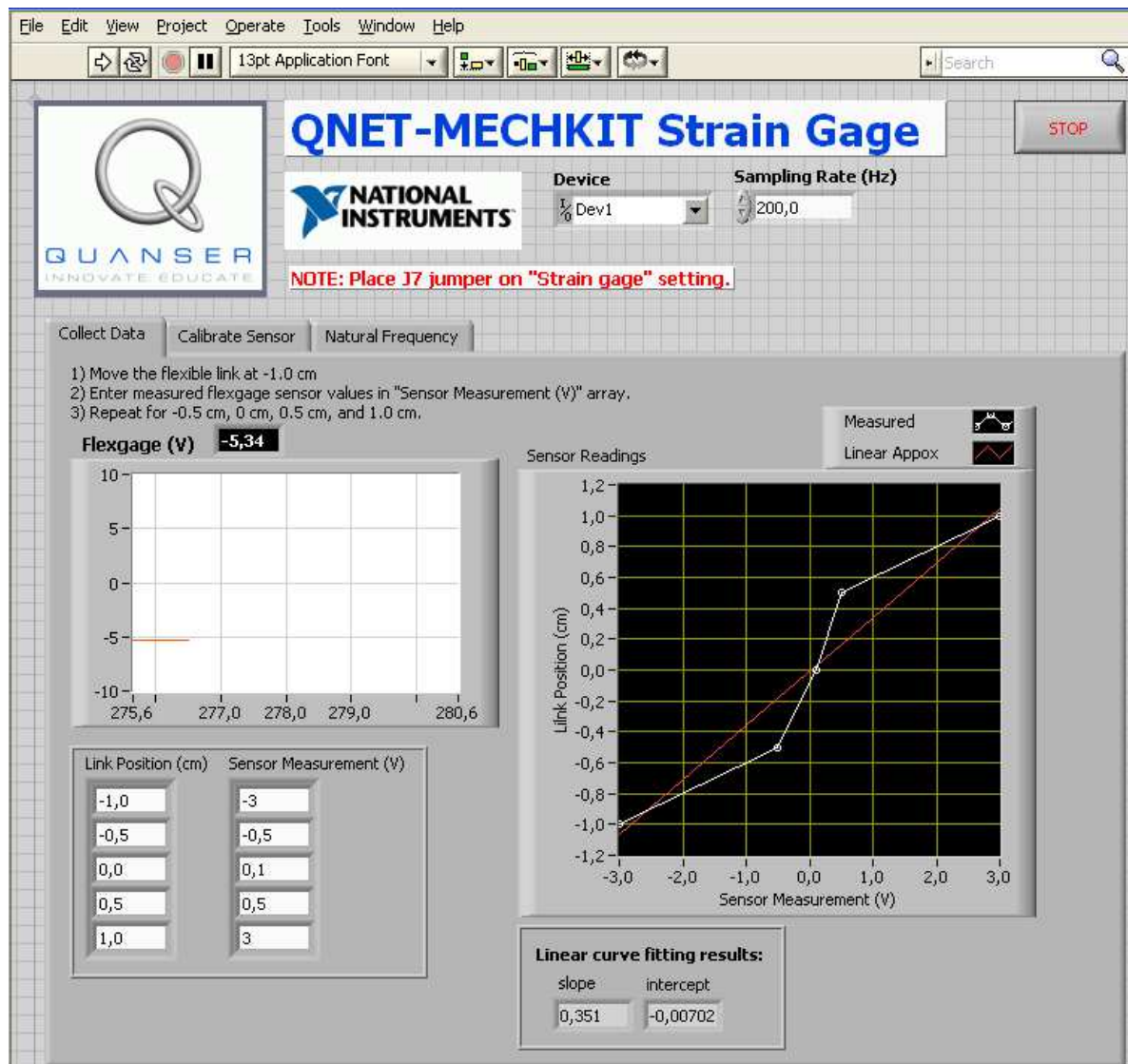


Figura # 66: Valores ingresados a la tabla de mediciones del sensor de bandas extensiométrica
Fuente: Autores

En este cuadro ya se le ha dado valores y la curva resultante de la diferencia de los valores iniciales (posición del link) curva de color roja y las mediciones dadas al sensor como resultado se observa la curva de color blanco.

5. Cálculos y soporte

Como resultado de los valores ingresados en la tabla anterior tenemos la siguiente resultante lineal, observe el cuadro en la parte inferior de la pantalla.

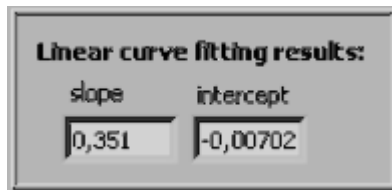


Figura # 67: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones del sensor de bandas Extensiométricas
Fuente: Autores

La ecuación utilizada es $y = \text{Ganancia de } X + \text{offset}$

$y = \text{Gain} * x + \text{Offset}$
where
x is the sensor voltage
y is the output in centimeters.

6. Resultados y conclusiones

Con los resultados adquiridos de la ecuación anterior, nos movemos hacia la pestaña calibración del sensor e ingresamos los valores del *slope* en ganancia y el de *intercept* en el offset, nos da como resultado la siguiente curva ver grafico siguiente # 68, con esto estamos calculando la correcta posición del *flex*.

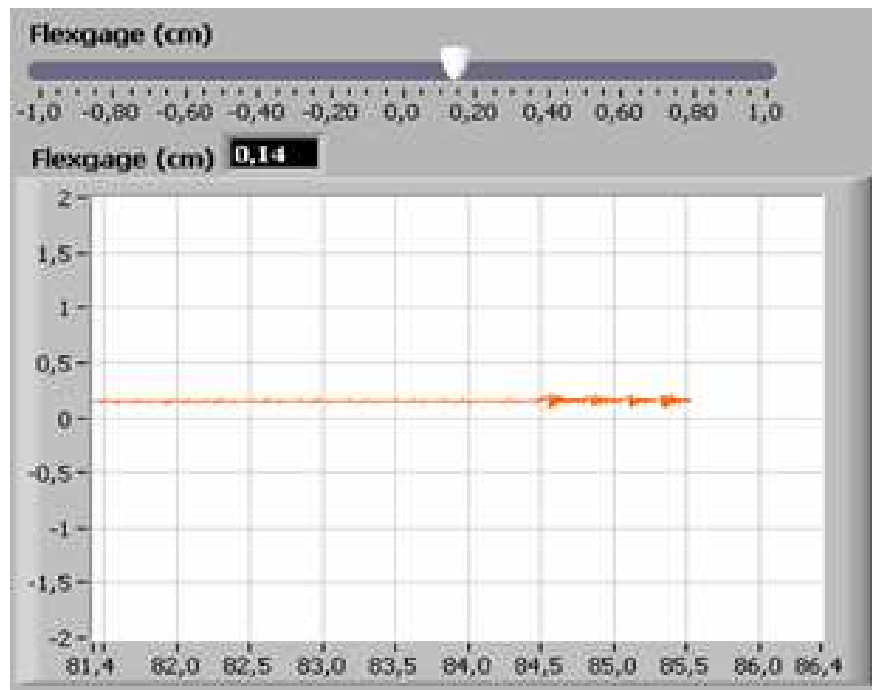


Figura # 68 curva de calibración del sensor de bandas Extensiométrica
Fuente: autores

Ahora podemos mover manualmente el *flex* y veremos en el cuadro de frecuencia natural de la curva del espectro generado por el movimiento.

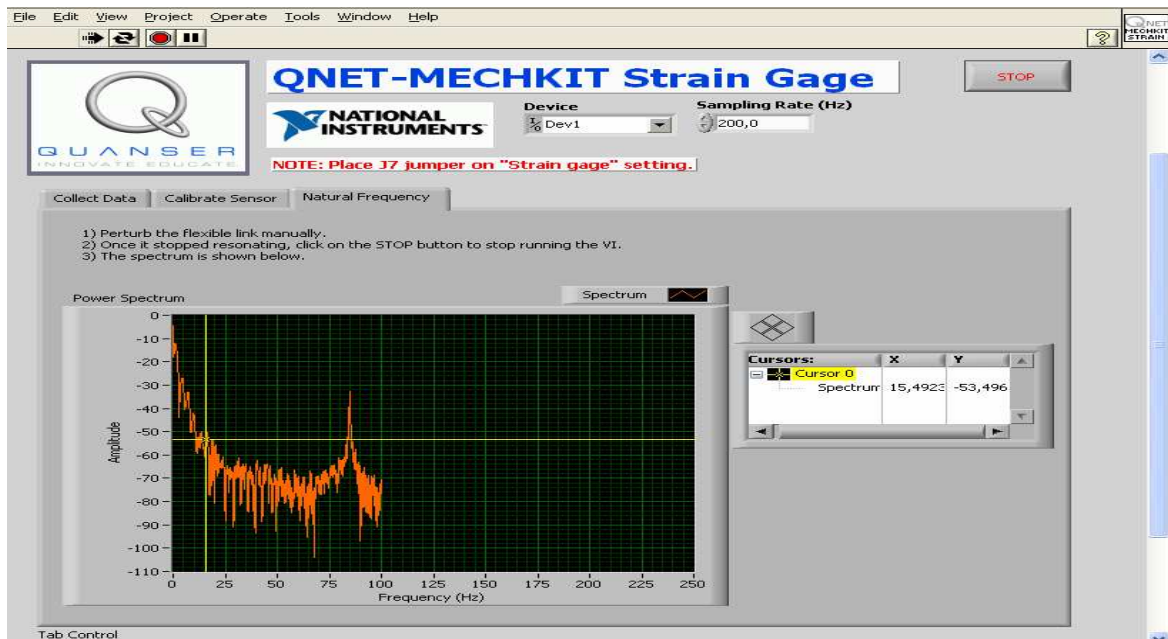


Figura # 69: Curva del espectro generado por el movimiento del flex
Fuente: autores

Verificamos que este sensor cumple su función de medir la flexibilidad positiva como negativa de la resistencia del material o lámina, que puede ser registrada en el momento que movemos manualmente el flex y lo que hace realmente el sensor es convertir la deformación de la lámina movida en un espectro de potencia que viene dada en el eje de la "X" en frecuencia Hz y en el eje de las "Y" como amplitud.

7. Recomendaciones

Los alumnos deben realizar las prácticas en el laboratorio y deben cambiar los valores en la tabla para observar los diferentes resultados que se registran.

Asegurarse que el jumper 7 este en la posición correcta indicada anteriormente.

Practica # 2

TEMA: Utilización del sensor de presión

1. Introducción.

En esta práctica se realizara el uso del sensor de presión, mediante el cual se aplicara presión en un simulador que tiene la forma de una jeringuilla misma que almacenara presión en su interior y esta presión será medida por el sensor de presión y llevada a un amplificador de señal para ser utilizada como medio de información del ejercicio en práctica. Ver Figura # 45.

Suelen estar basados en la deformación de un elemento elástico cuyo movimiento es detectado por un transductor que convierte pequeños desplazamientos en señales eléctricas analógicas, mas tarde se pueden obtener salidas digitales acondicionando la señal. Pueden efectuar medidas de presión absoluta (respecto a una referencia) y de presión relativa o diferencial (midiendo diferencia de presión entre dos puntos) Generalmente vienen con visualizadores e indicadores de funcionamiento.

2. Objetivos

- El alumno comprobara los valores asignados al sensor y vera la curva característica.
- El alumno comprobara la diferencia asignada a cada sensor y vera la curva característica.
- El alumno determinara la respuesta en tiempo, espacio y voltaje

3. Equipos utilizados

- Computadora con sistema operativo window XP y programa Labview.
- Tarjeta PCI-6221 de adquisición de datos
- Cable NI SHC68-68-EMP de Interconexión para datos.
- Plataforma NI Elvis I
- Módulo, tarjeta o entrenador de Sensores Mecatrónica Qnet-015

4. Desarrollo de la practica

- a) Dirigirse al selector de canales AD2 y mover el jumper 9 a la descripción del sensor *de presión* que corresponde a esta práctica.
- b) Encender el computador y el módulo NI Elvis tanto en la parte posterior como en la parte frontal.
- c) Abrir el archivo ejecutable de Labview correspondiente a esta práctica *Qnet-Mechkit presión. (QNET_MECHKIT_Pressure_Sensor.vi.)*
- d) Se observarán el panel frontal del ejercicio.

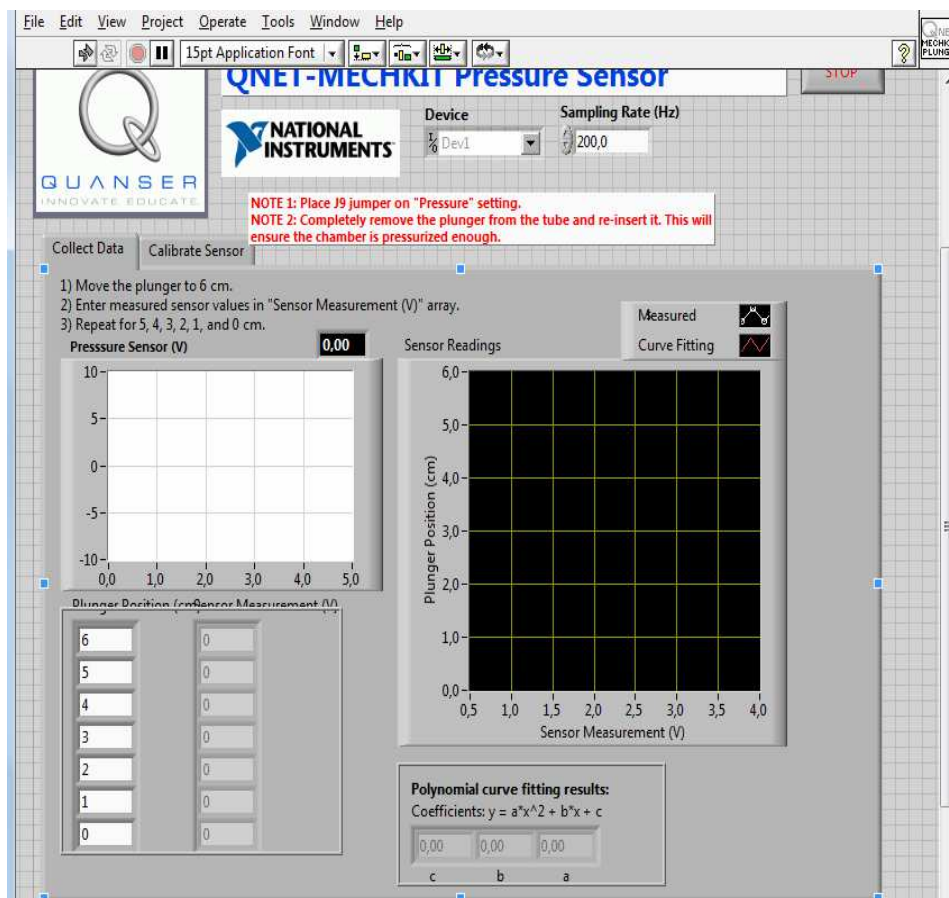



Figura # 70: Panel frontal del sensor de presión
Fuente: Autores

- e) Utilizar el sensor de presión ver figura # 47
- f) Dar valores en la tabla de mediciones del sensor, posición en centímetros y en voltaje
 - Empuje el émbolo (Jeringuilla) hasta los 6 cm marcados en el tablero MECHKIT y medir la resultante, dirijase a la parte superior y dar un clic en

correr el programa  , luego capture el valor medido (pressure sensor V) dándole un clic en parar programa.

- Ingrese el valor medido a la tabla (sensor measurement v).
- Realice el mismo paso para cada uno de las posiciones dadas en cm.

Plunger Position (cm)	Sensor Measurement (V)
6	0
5	1
4	2
3	3
2	4
1	5
0	6

Figura # 71: Valores ingresados en la tabla de mediciones del sensor de presión.
Fuente: Autores

En este ejercicio se trata de que la tensión del sensor tenga una distancia en cm. Y una presión almacenada en el simulador que es la jeringuilla De tal forma que la tensión que aumenta, aumenta el voltaje en amplitud, para esto tenemos una tabla de datos que llenar dado por el resultado de la tabla anterior.

5. Cálculos y soportes.

Como resultado de los valores ingresados en la tabla anterior tenemos la siguiente resultante polinómica, observe el cuadro de la parte inferior de la pantalla.

Polynomial curve fitting results:		
Coefficients: $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$		
6,00	-1,00	0,00
c	b	a

Figura # 72: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones del sensor de Presión.
Fuente: Autores

La ecuación Básica es coeficiente: $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$

Método que se aplica con la curva resultante del polinomio

6. Resultados y conclusiones

Con los resultados adquiridos de la ecuación anterior, nos movemos hacia la pestaña opción calibración del sensor e ingresamos los valores del resultado del ajuste de la curva polinómica.

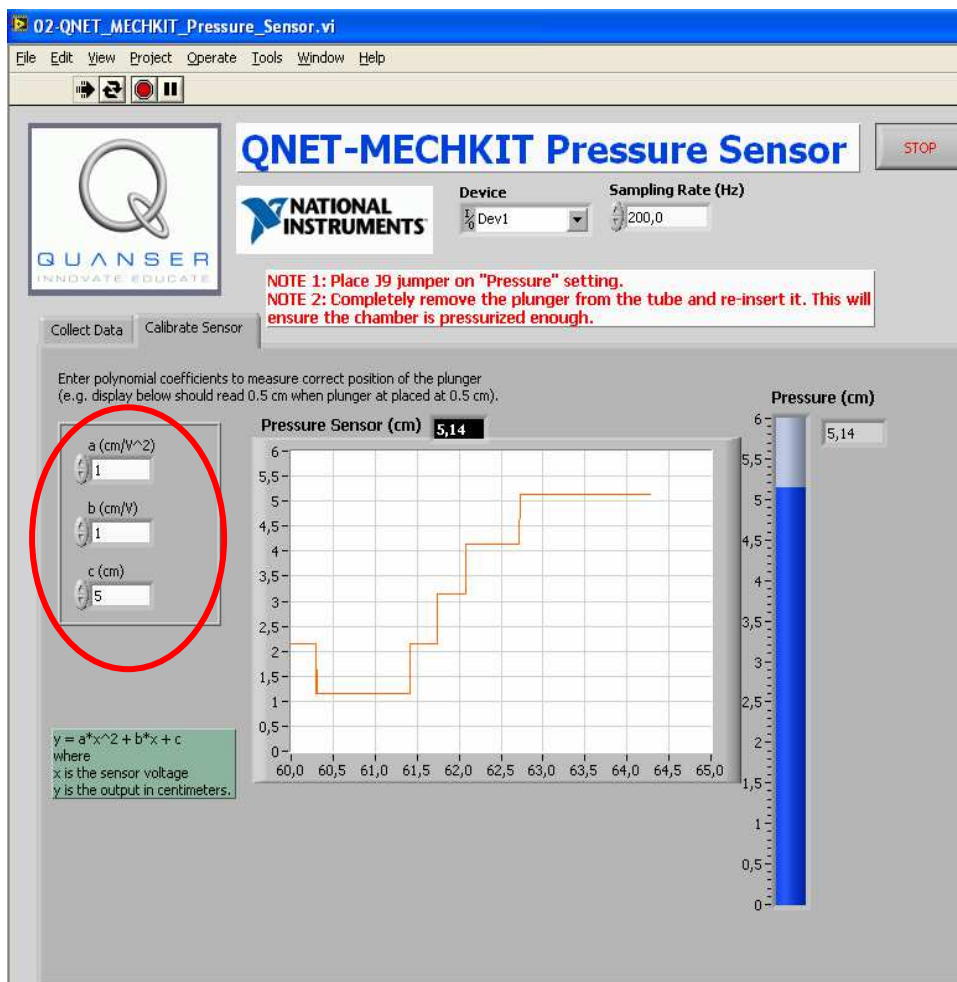


Figura #73: Valores ingresados a la tabla de mediciones del sensor de presión.

Fuente: Autores

La curva resultante la observaremos en la opción calibración del sensor donde vemos dos formas una en cuadro cartesiano que viene dado en centímetro y el otro con un indicador numérico en este caso graficado como un barómetro con graduación vertical.

A continuación simulamos una presión en la jeringuilla (medido en cm) el cual nos dará una variación en la presión reflejada en los indicadores.

7. Recomendaciones

Los alumnos deben realizar las prácticas en el laboratorio y deben cambiar los valores en la tabla para observar los diferentes resultados que se registran.

Asegurarse que el jumper 9 este en la posición correcta indicada anteriormente.

Asegurarse que el embolo de la jeringuilla este en posición inicial de “seis”

Practica # 3

TEMA: Sensor de piezoeléctrico

1. Introducción.

Un sensor piezoeléctrico es un dispositivo que utiliza el efecto piezoeléctrico para medir presión, aceleración, tensión o fuerza; transformando las lecturas en señales eléctricas.

Los sensores piezoeléctricos son catalogados como herramientas versátiles para la medición de varios procesos. Son utilizados para garantías de calidad, procesos de control, investigación y desarrollo en diferentes campos industriales. Tiene aplicaciones en campos como la medicina, la industria aeroespacial y la instrumentación nuclear, así como pantallas táctiles de teléfonos celulares. En la industria automovilística, los elementos piezoeléctricos son utilizados para monitorear la combustión durante el desarrollo de motores de combustión interna.

2. Objetivo

- El alumno comprobara los valores asignados al sensor y vera la curva característica.
- El alumno comprobara la diferencia asignada a cada sensor y vera la curva característica.
- El alumno determinara la respuesta en tiempo, espacio y voltaje

3. Equipos utilizados

- Computadora con sistema operativo window XP y programa Labview.
- Tarjeta PCI-6221 de adquisición de datos
- Cable NI SHC68-68-EMP de Interconexión para datos.
- Plataforma NI Elvis I
- Módulo, tarjeta o entrenador de Sensores Mecatrónica Qnet-015

4. Desarrollo de la práctica

- a) Dirigirse al selector de canales AD1 y mover el jumper 8 a la descripción del sensor de *piezo* que corresponde a esta práctica.
- c) Encender el computador y el módulo NI Elvis tanto en la parte posterior como en la parte frontal.
- d) Abrir el archivo ejecutable de Labview correspondiente a esta práctica *Qnet-Mechkit PIEZO QNET_MECHKIT_Piezo.vi*

e) Se observarán el panel frontal del ejercicio.

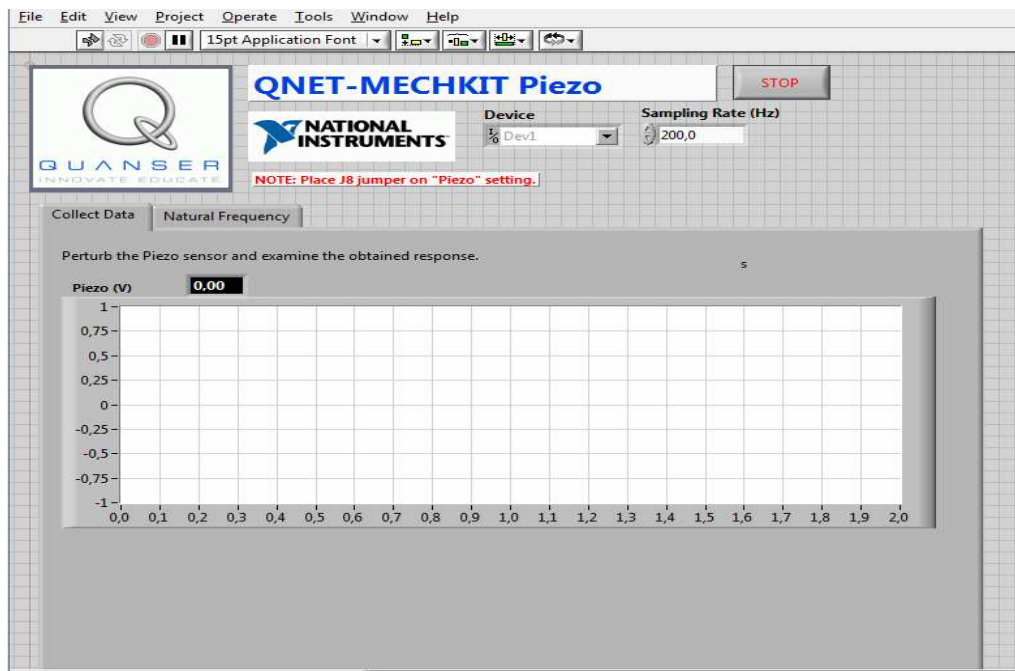


Figura # 74: Panel frontal de la practica con el sensor piezo

f) Utilizar el sensor de piezo ver figura # 42

5. Resultados y conclusiones

Inicialmente se observará una curva lineal de mínima vibración captada por el sensor.

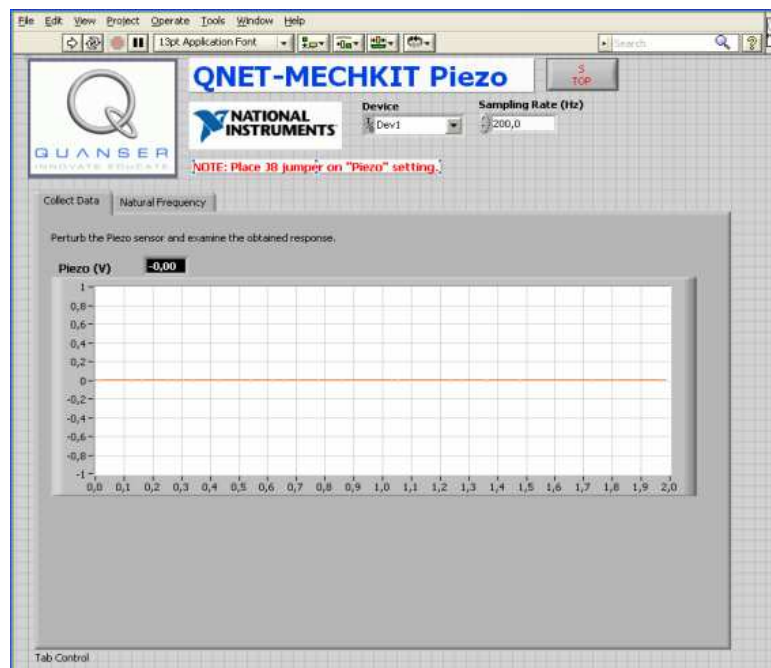


Figura # 75: Curva lineal de mínima vibración

Fuente: Autores

Mover el sensor piezo y observe la curva obtenida medida en voltios.

Si nos movemos a la opción frecuencia natural observaremos el espectro de potencia obtenida o captada por el sensor piezo en el instante de la vibración.

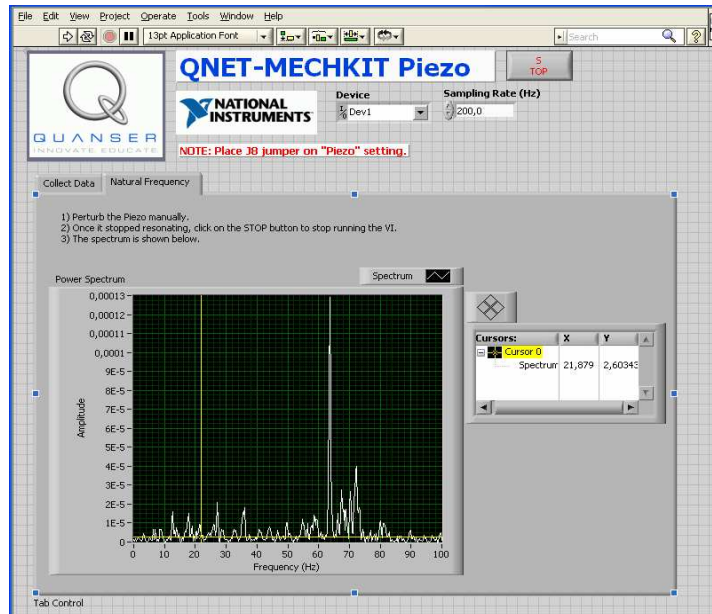


Figura # 76 Curva resultante de la vibración
Fuente: Autores

6. Recomendaciones

Los alumnos deben realizar las prácticas en el laboratorio y constantemente deben mover el sensor piezo para observar las diferentes curvas obtenidas.

Asegurarse que el jumper 8 este en la posición correcta indicada anteriormente.

Practica # 4

TEMA: Potenciómetro

1. Introducción.

Comúnmente usamos el clásico Potenciómetro. Estos son muy útiles para medir movimientos y determinar la posición de un mecanismo determinado como por ejemplo el eje de una articulación de un brazo mecánico.

Además hay Potenciómetros giratorios que son sensores analógicos utilizados para medir la posición angular, como un eje de carga de un motor.

Todos los potenciómetros poseen un ángulo de giro de aproximadamente 270° , no es posible usarlos en mecanismos que deben realizar un giro completo o bien mas de una vuelta sobre su eje, la forma de conexión es similar al caso del LDR.

Existen dos tipos de potenciómetros en el mercado: Lineares y Logarítmicos (estos últimos usados normalmente en audio). Los del tipo linear varían su valor en forma constante (linealmente), los de los tipos logarítmicos poseen una curva de variación del tipo logarítmica.

2. Objetivo

- El alumno comprobara los valores asignados al sensor y vera la curva característica.
- El alumno comprobara la diferencia asignada a cada sensor y vera la curva característica.
- El alumno determinara la respuesta en tiempo, espacio y voltaje

3. Equipos utilizados

- Computadora con sistema operativo window XP y programa Labview.
- Tarjeta PCI-6221 de adquisición de datos
- Cable NI SHC68-68-EMP de Interconexión para datos.
- Plataforma NI Elvis I
- Módulo, tarjeta o entrenador de Sensores Mecatrónica Qnet-015

4. Desarrollo de la práctica

- a) Dirigirse al selector de canales AD5 y mover el jumper 10 a la descripción del sensor de *POT* que corresponde a esta práctica.
- b) Encender el computador y el módulo NI Elvis tanto en la parte posterior como en la parte frontal.
- c) Abrir el archivo ejecutable de Labview correspondiente a esta práctica *Qnet-Mechkit Potenciometro. QNET_MECHKIT_Potentiometer VI.*
- d) Se observarán el panel frontal del ejercicio.

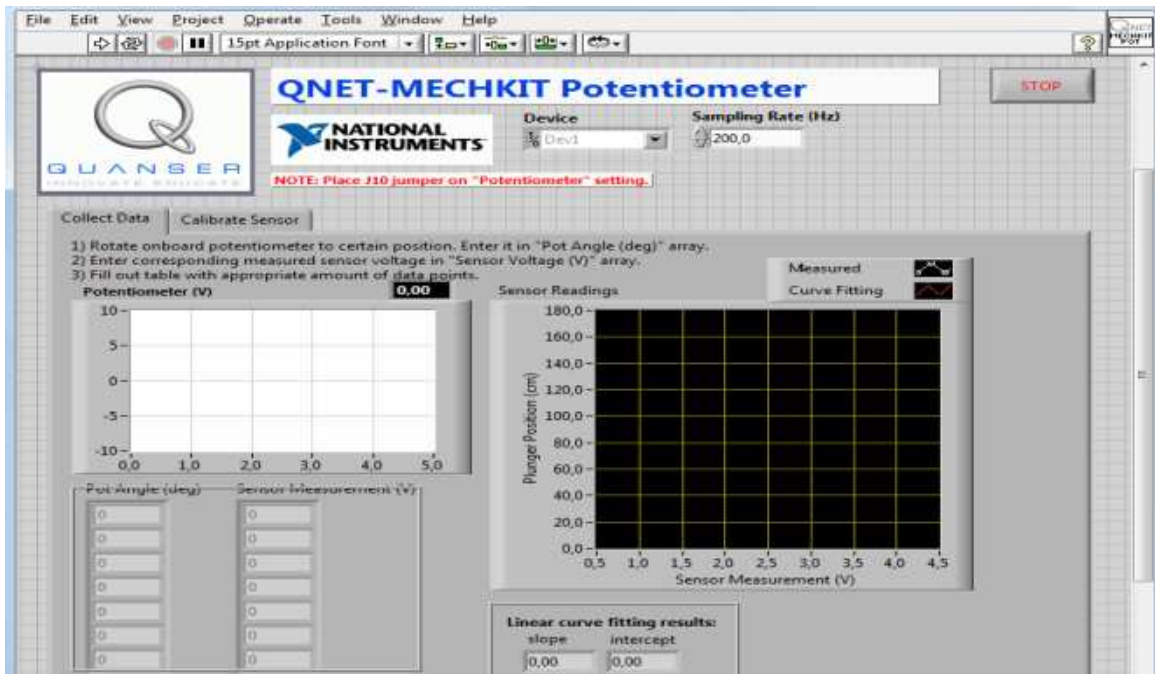



Figura # 77: Panel frontal de la practica con el sensor Potenciómetro

Fuente: Autores

- e) Utilizar el sensor potenciómetro ver figura # 77
- f) Dar valores en la tabla de mediciones del sensor, posición angular y en mediciones del sensor.
 - Gire la punta de flecha del potenciómetro a una posición determinada, por ejemplo, 45 grado Introducir la posición del ángulo (grados) en la matriz.
 - Dirigirse a la parte superior y dar un clic en correr el programa , luego capture el valor medido (potentiometer V) dándole un clic en parar programa.
 - Ingrese el valor medido a la tabla (sensor measurement v).

➤ Realice el mismo paso para cada uno de las posiciones angulares del potenciómetro.

Pot Angle (deg)	Sensor Measurement (V)
-45	5,01
0	4,17
45	3,69
90	2,56
135	1,95
180	0,76
225	0

Figura # 78: valores ingresados en la tabla de mediciones sensor potenciómetro
Fuentes: Autores

5. Cálculos y soportes

Como resultado de los valores ingresados en la tabla anterior tenemos la siguiente resultante lineal, observe el cuadro de la parte inferior de la pantalla.

Linear curve fitting results	
slope	intercept
-53,0	227

Figura # 79: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones sensor potenciómetro
Fuente: Autores

La ecuación utilizada es $y = \text{Ganancia de } X + \text{offset}$

```

y = Gain*x + Offset
where
x is the sensor voltage
y is the output in centimeters.

```

6. Resultados y conclusiones

Con los resultados adquiridos de la ecuación anterior, nos movemos hacia calibración del sensor e ingresamos los valores del *slope* en ganancia y el de *intercept* en el offset, nos da como resultado la siguiente curva ver gráfico siguiente # 65, con esto estamos calculando la correcta posición angular del potenciómetro.

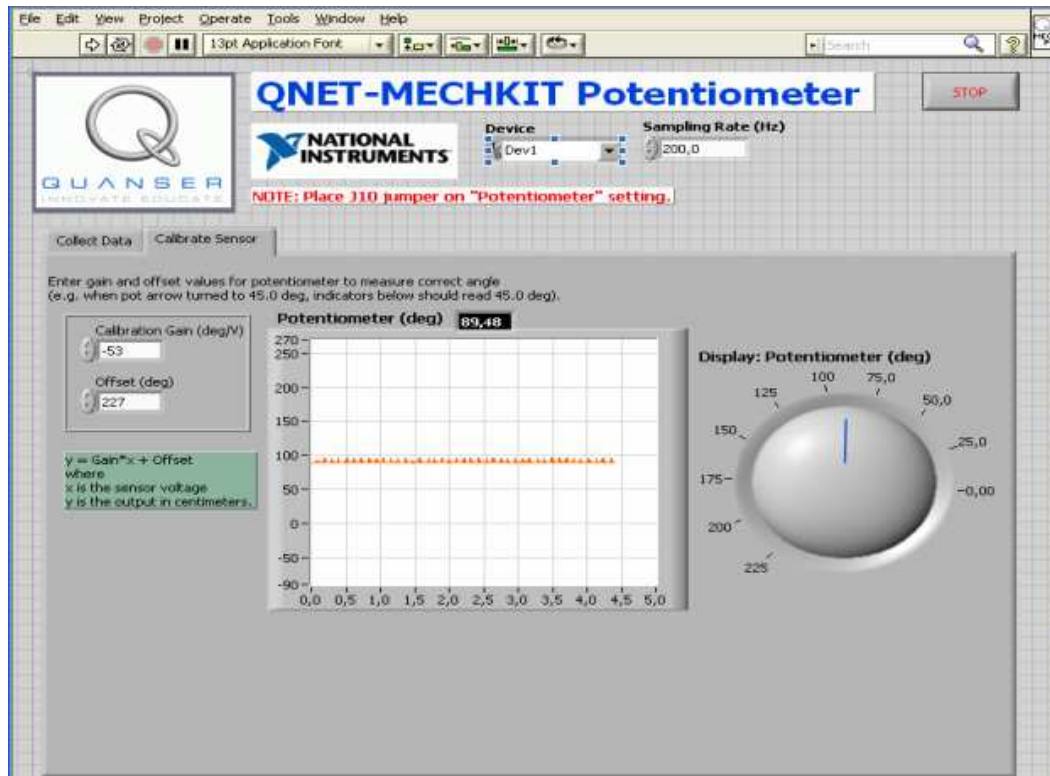


Figura # 80: Curva de calibración del potenciómetro
Fuente: Autores

En esta práctica nos damos cuenta que las mediciones realizadas por el potenciómetro son los ángulos de giro, quien nos da los valores de los ángulos en grados es la resultante en voltios. Al colocar los diferentes valores del potenciómetro se refleja el valor resultante tanto en el diagrama de escala que representa una ecuación lineal como en el indicador numérico representado por un dibujo de una perilla.

7. Recomendaciones.

Los alumnos deben realizar las prácticas en el laboratorio y deben cambiar los valores en la tabla para observar los diferentes resultados que se registran.

Asegurarse que el jumper 10 este en la posición correcta indicada anteriormente.

Practica # 5

TEMA: Sensor sonar

1. Introducción.

Produce una salida analógica discreta dependiendo del tiempo en que se demora el pulso de sonido en regresar al sensor, el cual puede ser utilizado para calcular la distancia aproximada. Un sensor de sonar es un dispositivo que permite medir la distancia a la cual se encuentra un obstáculo.

2. Objetivo

- El alumno comprobara los valores asignados al sensor y vera la curva característica.
- El alumno comprobara la diferencia asignada a cada sensor y vera la curva característica.
- El alumno determinara la respuesta en tiempo, espacio y voltaje

3. Equipos utilizados

- Computadora con sistema operativo window XP y programa Labview.
- Tarjeta PCI-6221 de adquisición de datos
- Cable NI SHC68-68-EMP de Interconexión para datos.
- Plataforma NI Elvis I .
- Módulo, tarjeta o entrenador de Sensores Mecatrónica Qnet-015

4. Desarrollo de la practica

- a) Dirigirse al selector de canales AD2 y mover el jumper 9 a la descripción del sensor *Sonar* que corresponde a esta práctica.
- b) Encender el computador y el módulo NI Elvis tanto en la parte posterior como en la parte frontal.
- c) Abrir el archivo ejecutable de Labview correspondiente a esta práctica *Qnet-Mechkit Sonar. QNET_MECHKIT_Sonar VI.*
- d) Se observarán el panel frontal del ejercicio.

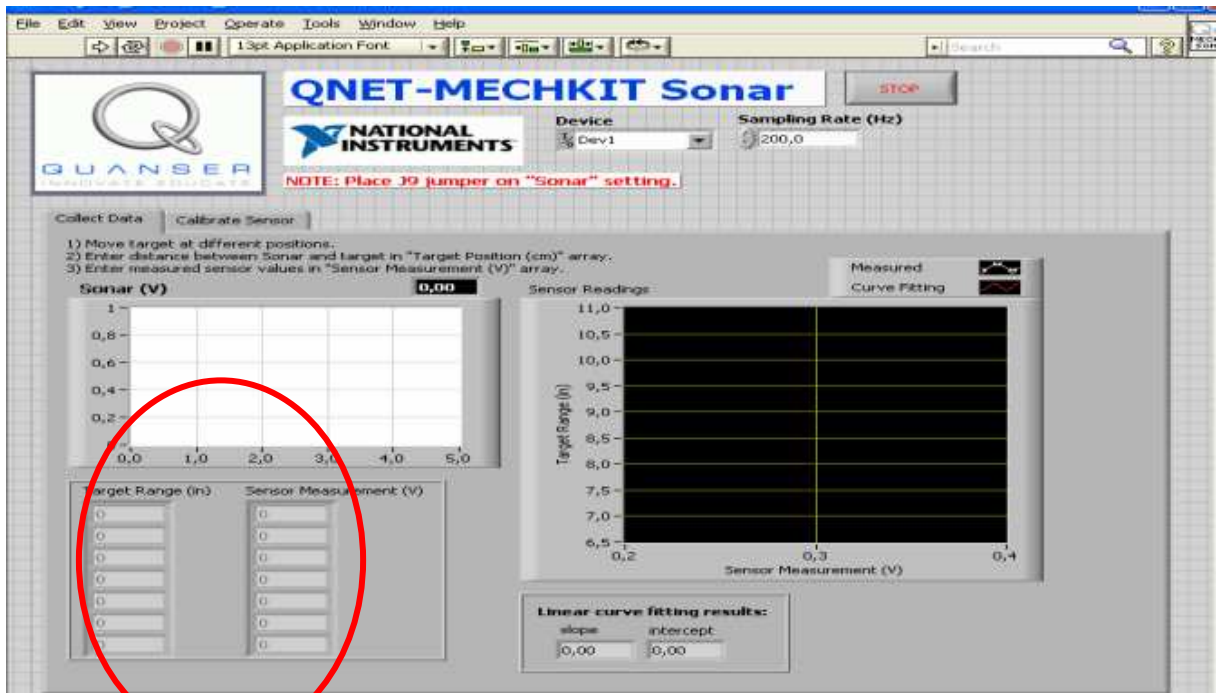
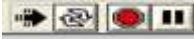


Figura #81 Panel frontal e de la práctica del Sensor Sonar

- e) Utilizar el sensor Sonar Observar figura # 81
- f) Dar valores a la tabla de mediciones del sensor en la distancia del origen del rango y llenar la tabla de la medida del sensor en voltios.

Target Range (in)	Sensor Measurement (V)
10	0,28
8	0,25
6	0,24
12	0,28
15	0,25
16	0,25
17	0,24

Figura # 82: Valores ingresados en la tabla de mediciones del sensor sonar
Fuentes: Autores

- g) Dirigirse a la parte superior y dar clic en correr programa 

5. Cálculos y soportes

Como resultado de los valores ingresados en la tabla anterior tenemos la siguiente resultante lineal, observe el cuadro de la parte inferior de la pantalla.

Linear curve fitting results:	
slope	intercept
-34,7	21,2

Figura # 83: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones sensor sonar
Fuente: Autores

La ecuación utilizada es $y = \text{Ganancia de } X + \text{offset}$

$y = \text{Gain} * x + \text{Offset}$
where
x is the sensor voltage
y is the output in centimeters.

6. Resultados y conclusiones.

Con los resultados adquiridos de la ecuación anterior, nos movemos hacia la pestaña calibración del sensor e ingresamos los valores del slope en ganancia y el de intercept en el offset, nos da como resultado la siguiente curva ver grafico siguiente # 84, con esto estamos probando las diferentes señales de sonido propagadas a las distancias señaladas en los indicadores capturadas por el sensor sonar.

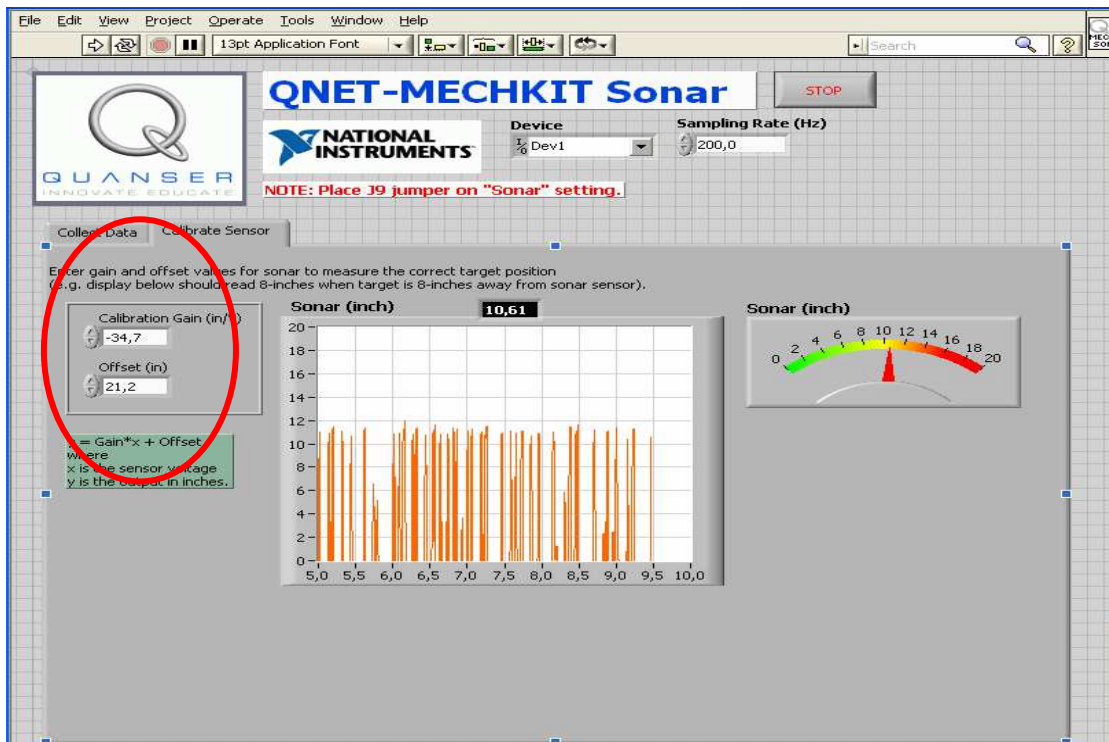


Figura # 84: Calibración del sensor sonar
Fuente: Autores

7. Recomendaciones.

Los alumnos deben realizar las prácticas en el laboratorio y deben cambiar los valores en la tabla para observar los diferentes resultados que se registran.

Asegurarse que el jumper 9 este en la posición correcta indicada anteriormente.

Practica # 6

TEMA: Sensor Infrarrojo

1. introducción.

Particularmente, el **sensor infrarrojo** es un dispositivo electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible.

2. Objetivos

- El alumno comprobara los valores asignados al sensor y vera la curva característica.
- El alumno comprobara la diferencia asignada a cada sensor y vera la curva característica.
- El alumno determinara la respuesta en tiempo, espacio y voltaje.

3. Equipos Utilizados.

- Computadora con sistema operativo window XP y programa Labview.
- Tarjeta PCI-6221 de adquisición de datos
- Cable NI SHC68-68-EMP de Interconexión para datos.
- Plataforma NI Elvis I
- Módulo, tarjeta o entrenador de Sensores Mecatrónica Qnet-015

4. Desarrollo de la practica

- a) Dirigirse al selector de canales AD5 y mover el jumper 10 a la descripción del sensor de *Infrared*. que corresponde a esta práctica.
- b) Encender el computador y el módulo NI Elvis tanto en la parte posterior como en la parte frontal.
- c) Abrir el archivo ejecutable de Labview correspondiente a esta práctica *Qnet-Mechkit infrared*. **QNET_MECHKIT_Infrared VI**.
- d) Se observarán el panel frontal del ejercicio.

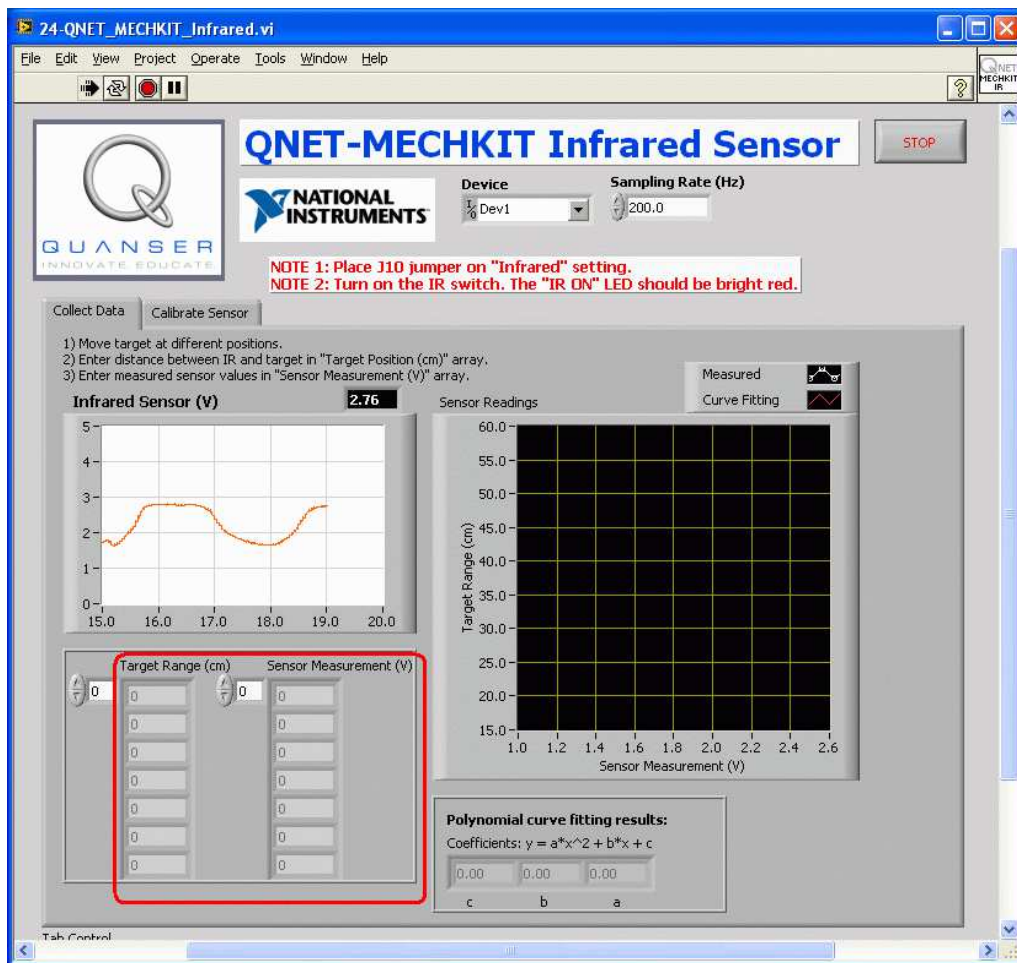



Figura # 85: Panel frontal del sensor de presión
Fuente: Autores

- e) Utilizar el sensor Infrarrojo ver figura # 85
- f) Dar valores a la tabla de mediciones del sensor:
- Obtener un objetivo, tal como una pieza sólida de cartón, que es al menos 10 por 10 cm² con un reflectante color blanco o amarillo.
 - Comience acercando el objetivo de proximidad al sensor de infrarrojos.
 - Una vez acercado el objetivo de proximidad al sensor, introducir la distancia entre el objetivo y el sensor de infrarrojos en el rango meta (target range cm) de la matriz.
 - Dirigirse a la parte superior y dar un clic en correr el programa , luego capture el valor medido (Infrared sensor V) dándole un clic en parar programa.
 - Ingrese el valor medido a la tabla (sensor measurement v).
 - Realice el mismo paso para cada uno de las posiciones de distancia del objetivo de proximidad al sensor

5. Cálculos y soportes

Como resultado de los valores ingresados en la tabla anterior tenemos la siguiente resultante lineal, observe el cuadro de la parte inferior de la pantalla.

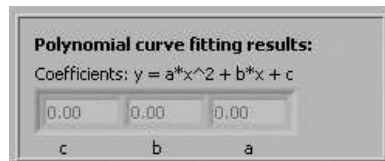


Figura # 86: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones sensor Infrarrojo
Fuente: Autores

La ecuación utilizada es:

$y = a*x^2 + b*x + c$
where
x is the sensor voltage
y is the output in centimeters.

6. Resultados y conclusiones

Con los resultados adquiridos de la ecuación anterior, nos movemos hacia la pestaña de calibración del sensor e ingresamos los valores de a, b y c, de la curva polinomial.

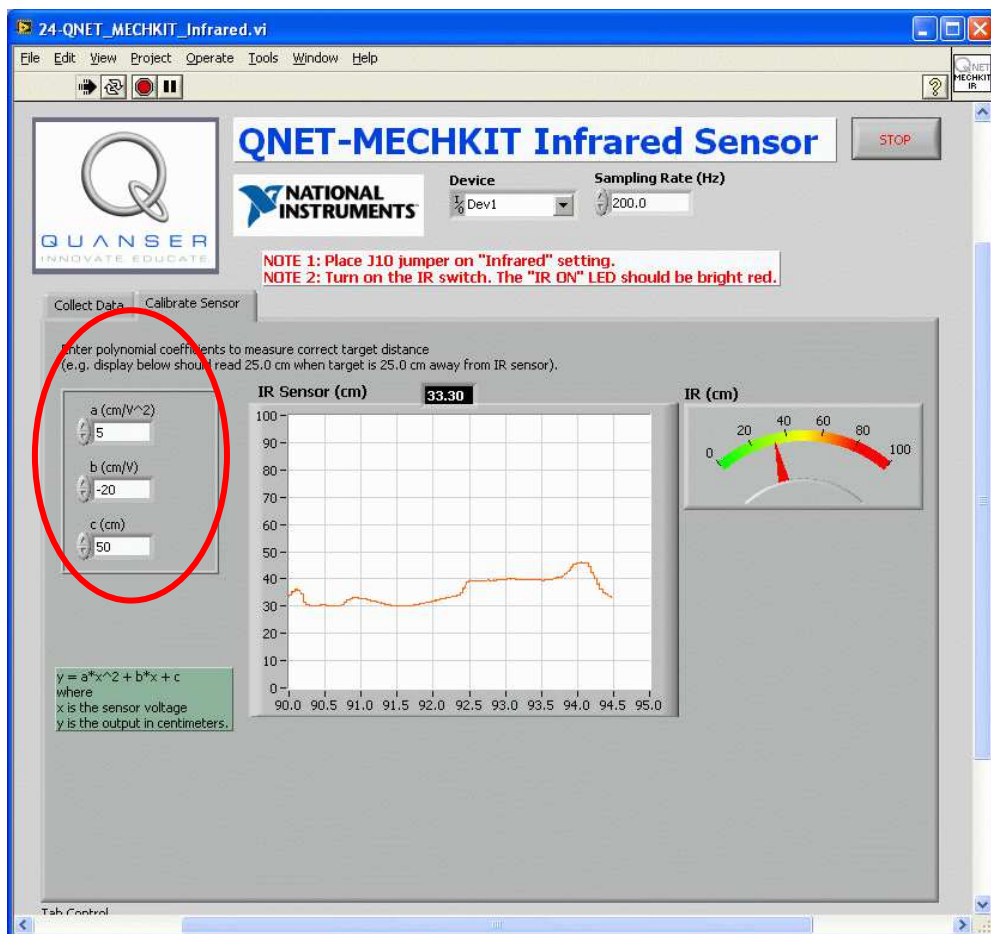


Figura # 87: Calibración del sensor de infrarrojo.
Fuente: Autores

La curva resultante que observamos son las diferentes distancias que mide en cm el sensor cuando acercamos o alejamos el objeto de proximidad, estas medidas son mostradas a través del plano cartesiano y del indicador numérico.

7. Recomendaciones

Los alumnos deben realizar las prácticas en el laboratorio y deben cambiar los valores en la tabla para observar los diferentes resultados que se registran.

Asegurarse que el jumper 10 este en la posición correcta indicada anteriormente.

Asegúrese de apagar el interruptor de IR cuando el experimento se ha terminado. Porque cuando está activo, el sensor de infrarrojos tiende a generar ruido en las mediciones de otros sensores.

Practica # 7

TEMA: Sensor Óptico de Posición

1. Introducción.

Cuando hablamos de sensores ópticos nos referimos a todos aquellos que son capaces de detectar diferentes factores a través de un lente óptico. Para que podamos darnos una idea de lo que nos referimos, debemos decir que un buen ejemplo de sensor óptico es el de los mouse de computadora, los cuales mueven el cursor según el movimiento que le indicamos realizar. No obstante es importante tener en cuenta que los sensores ópticos también pueden utilizarse para leer y detectar información, tal como la velocidad de un auto que viene por la carretera y si un billete grande esta marcado o bien, es falso.

2. Objetivo

- El alumno comprobara los valores asignados al sensor y vera la curva característica.
- El alumno comprobara la diferencia asignada a cada sensor y vera la curva característica.
- El alumno determinara la respuesta en tiempo, espacio y voltaje

3. Equipos utilizados

- Computadora con sistema operativo window XP y programa Labview.
- Tarjeta PCI-6221 de adquisición de datos
- Cable NI SHC68-68-EMP de Interconexión para datos.
- Plataforma NI Elvis I
- Módulo, tarjeta o entrenador de Sensores Mecatrónica Qnet-015

4. Desarrollo de la practica

- a) Dirigirse al selector de canales AD0 y mover el jumper 7 a la descripción del sensor de posición optico que corresponde a esta práctica.
- b) Encender el computador y el módulo NI Elvis tanto en la parte posterior como en la parte frontal.
- c) Abrir el archivo ejecutable de Labview correspondiente a esta práctica *Qnet-Mechkit QNET_MECHKIT_Optical VI*.

d) Se observarán el panel frontal del ejercicio.

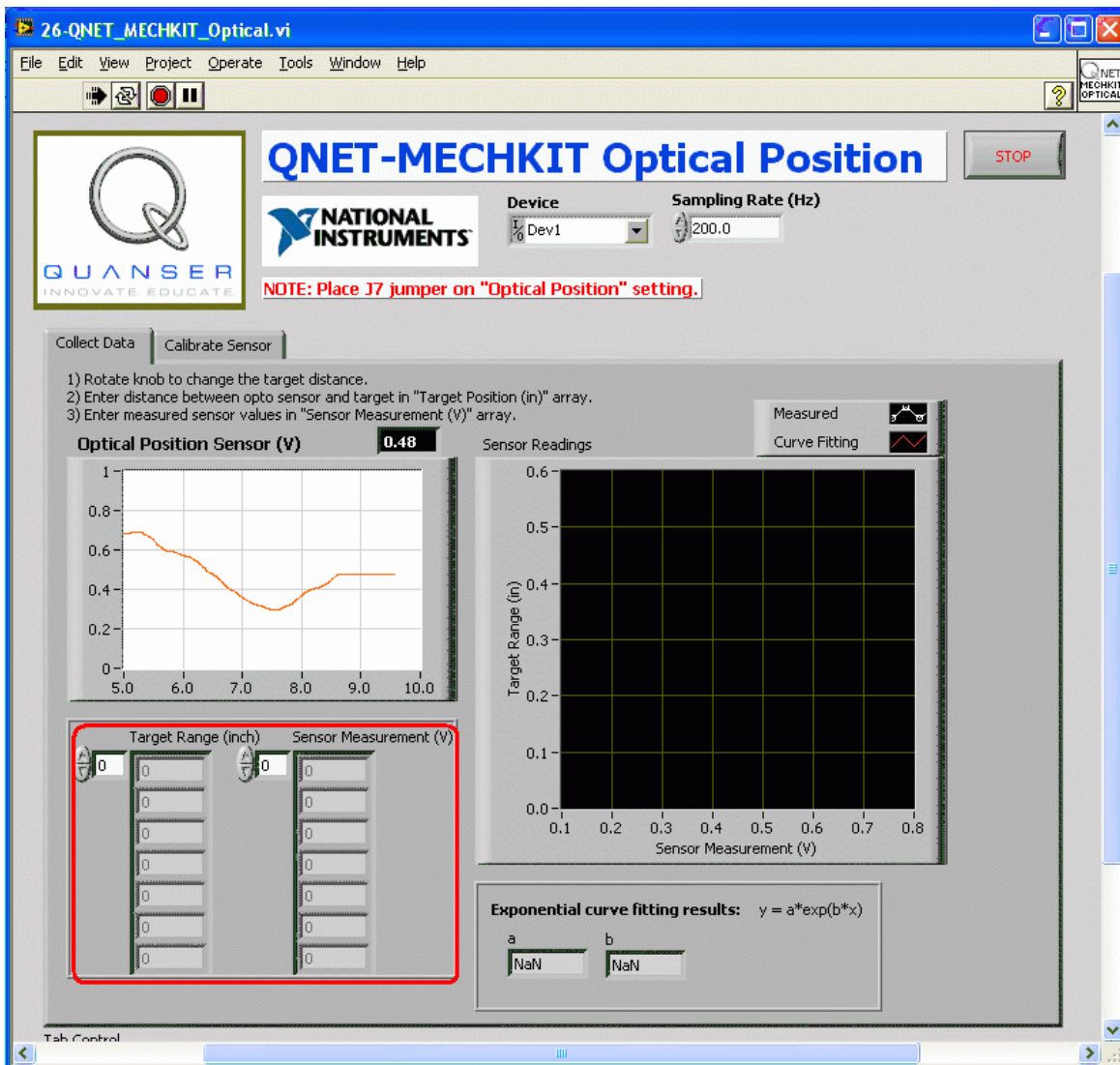



Figura #88: Panel frontal de la practica con el sensor de Posición óptico
Fuente: Autor

e) Utilizar el sensor de posición óptico ver figura # 88

f) Dar valores a la tabla de mediciones del sensor:

- Suavemente gire la perilla del sensor óptico de posición hacia la derecha hasta que la superficie plana de metal descansa en la parte superior del sensor. A continuación, gire el botón ligeramente hacia la izquierda hasta la marca de 0 en el mando de arriba. En este punto, el objetivo reflectante está muy cerca del sensor óptico y tendrá como referencia de 0 cm de la posición. Introduzca la posición 0 en el primer elemento del rango meta (target range inch).
- Introduzca el voltaje medido por el sensor óptico de posición, cuando el objetivo es de 0 cm de distancia, dirigiéndose a la parte superior y dando clic

en correr programa  luego capture el valor medido (optical position sensor v) dándole un clic en parar programa.

- Ingrese el valor medido en la tabla (sensor measurement v).
- Realice el mismo paso para cada uno de las distancias ingresadas en la tabla

5. Cálculos y soportes

Como resultado de los valores ingresados en la tabla anterior tenemos la siguiente resultante lineal, observe el cuadro de la parte inferior de la pantalla.

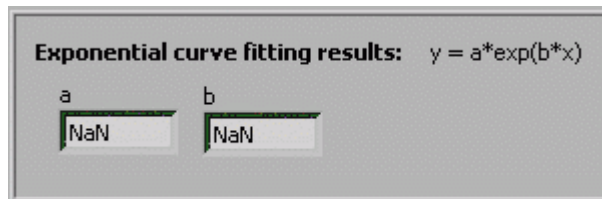


Figura #89: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones del sensor de posición óptica.

Fuente: Autores

La ecuación utilizada es:

```
y = a*exp(b*x)
where
a is the amplitude
b is the damping
x is the sensor voltage
y is the output in inches.
```

6. Resultados y conclusiones

Con los resultados adquiridos de la ecuación anterior, nos movemos hacia la pestaña de calibración del sensor e ingresamos los valores de a (Amplitud) y b (*Damping*).

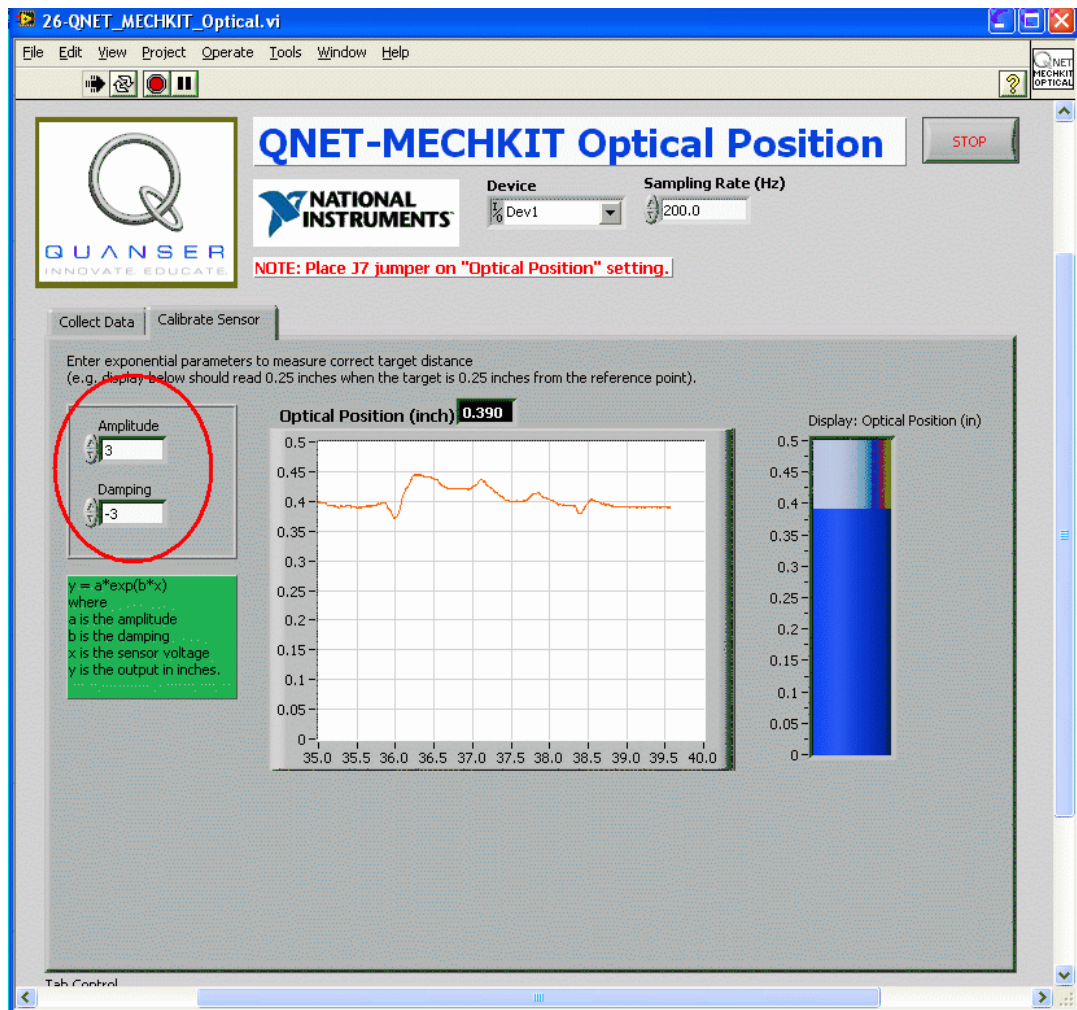


Figura # 90: Calibración del sensor de posición óptico
Fuente: Autor

7. Recomendaciones

Los alumnos deben realizar las prácticas en el laboratorio y deben cambiar los valores en la tabla para observar los diferentes resultados que se registran.

Asegurarse que el jumper 7 este en la posición correcta indicada anteriormente.

Practica # 8

TEMA: Sensor de campo magnético

1. Introducción.

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo.

2. Objetivo

- El alumno comprobara los valores asignados al sensor y vera la curva característica.
- El alumno comprobara la diferencia asignada a cada sensor y vera la curva característica.
- El alumno determinara la respuesta en tiempo, espacio y voltaje

3. Equipos utilizados

- Computadora con sistema operativo window XP y programa Labview.
- Tarjeta PCI-6221 de adquisición de datos
- Cable NI SHC68-68-EMP de Interconexión para datos.
- Plataforma NI Elvis I
- Módulo, tarjeta o entrenador de Sensores Mecatrónica Qnet-015

4. Desarrollo de la practica

- a) Dirigirse al selector de canales AD1 y mover el jumper 8 a la descripción del sensor de *Magnetic Fiel* que corresponde a esta práctica.
- b) Encender el computador y el módulo NI Elvis tanto en la parte posterior como en la parte frontal.
- c) Abrir el archivo ejecutable de Labview correspondiente a esta práctica *Qnet-Mechkit Potenciometro. QNET_MECHKIT_Magnetic_Field VI*.
- d) Se observarán el panel frontal del ejercicio.

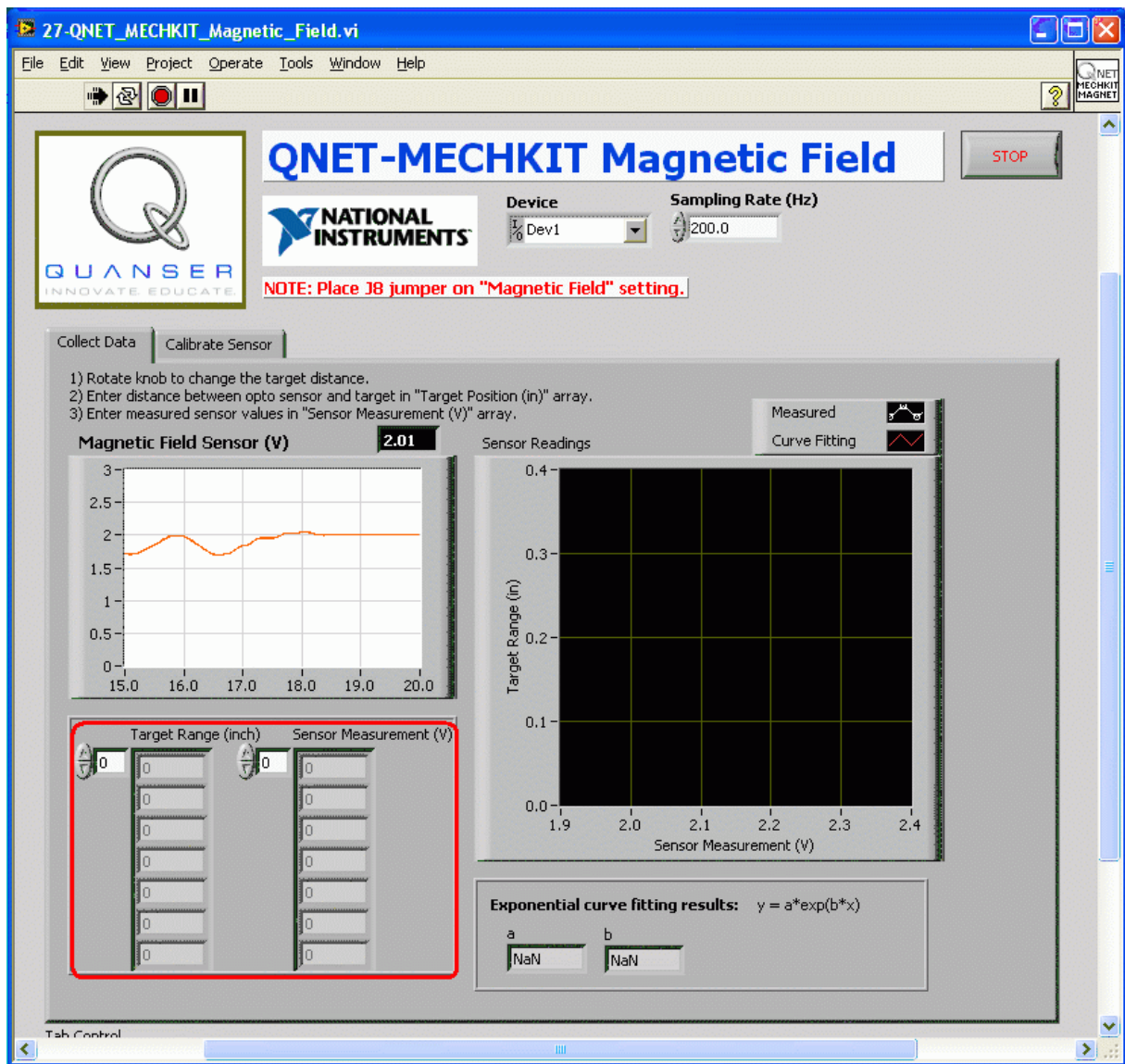



Figura #91: Panel frontal de la práctica del sensor campo magnético
Fuente: Autor

e) Utilizar el sensor campo magnético ver figura # 91

f) Dar valores en la tabla de mediciones del sensor:

- Suavemente gire la perilla del sensor de campo magnético hacia la derecha hasta que esté en su límite. A continuación, gire la rueda ligeramente hacia la izquierda hasta la marca de 0 en el mando de arriba. Esto será referencia 0 cm posición de destino. Introduce esto en el rango de origen (target range cm).
- Introduzca el voltaje medido por el sensor de campo magnético de la posición de la referencia de 0 cm, dirigiéndose a la parte superior y dar un clic en correr el programa , luego capture el valor medido (*magnetic field sensor v*) dándole un clic en parar.
- Ingrese el valor medido a la tabla (sensor measurement v).

- Realice el mismo paso para cada uno de las posiciones del sensor, por cada 20 turnos que mueva la perilla del sensor en sentido contrario a las manecillas del reloj la distancia es de 1 pulgada.

5. Cálculos y soportes

Como resultado de los valores ingresados en la tabla anterior tenemos la siguiente curva resultante exponencial

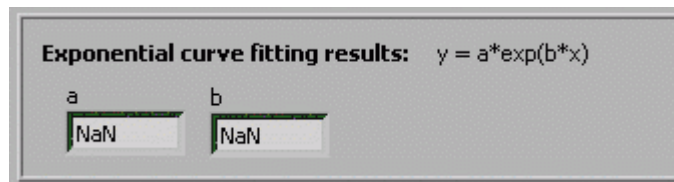


Figura # 92: Resultado de los valores ingresados en la tabla de mediciones del sensor de campo magnético.
Fuente: Autores

La ecuación utilizada es:

$y = a \cdot \exp(b \cdot x)$
where
a is the amplitude
b is the damping
x is the sensor voltage
y is the output in inches.

6. Resultados y conclusiones

Con los resultados adquiridos de la ecuación anterior, nos movemos hacia la pestaña de calibración del sensor e ingresamos los valores de a (Amplitud) y b (*Damping*) de la curva exponencial, se observa las medidas mostradas a través del plano cartesiano y del indicador numérico.

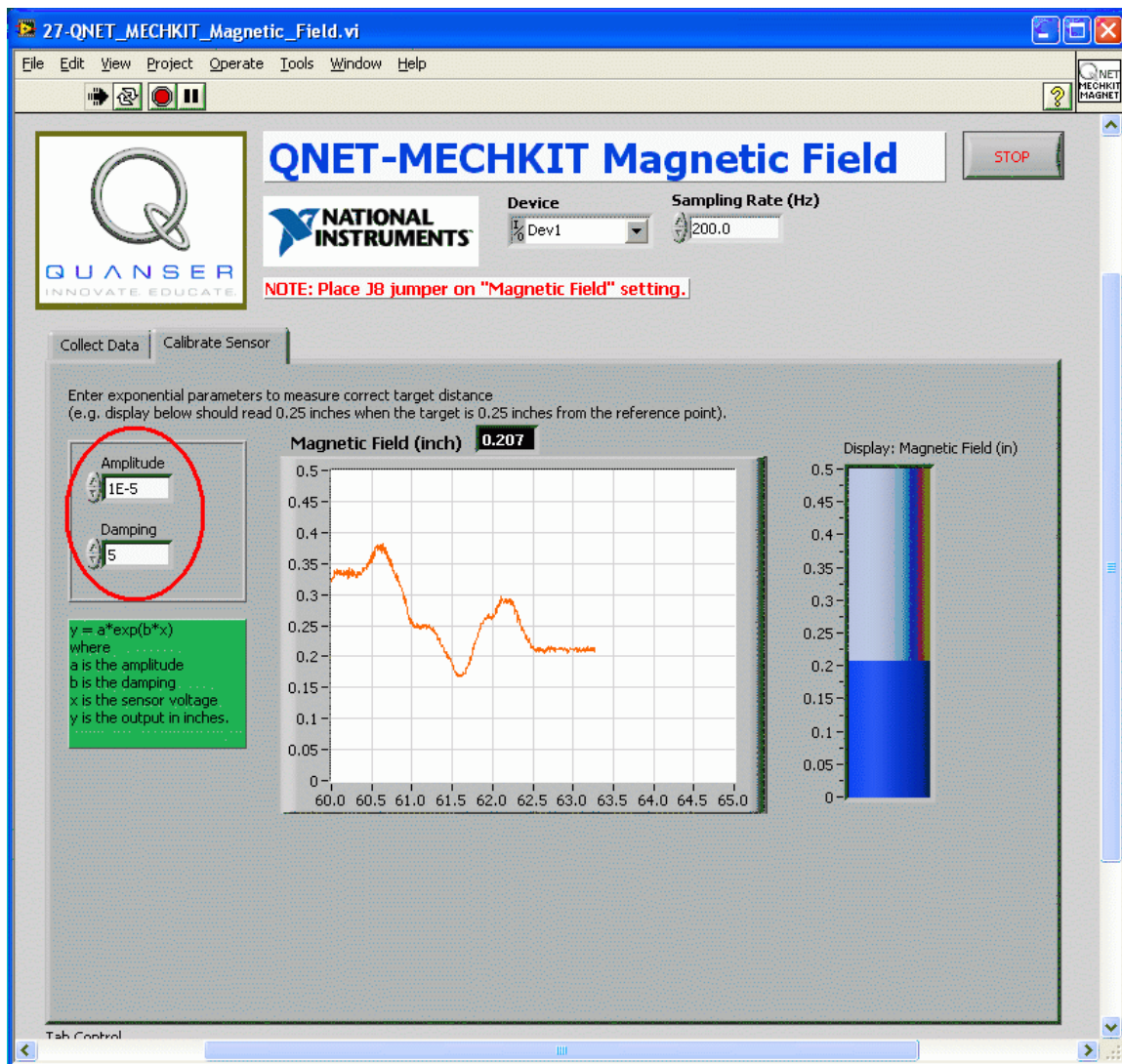


Figura # 93: Calibración del sensor campo magnético
Fuente: Autores

7. Recomendaciones

Los alumnos deben realizar las prácticas en el laboratorio y deben cambiar los valores en la tabla para observar los diferentes resultados que se registran.

Asegurarse que el jumper 8 este en la posición correcta indicada anteriormente.

Practica # 9

TEMA: Encoder

1. Introducción.

Un codificador rotatorio, también llamado codificador del eje o generador de pulsos, suele ser un dispositivo electromecánico usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital, lo que lo convierte en una clase de transductor. Estos dispositivos se utilizan en robótica, en lentes fotográficas de última generación, en dispositivos de entrada de ordenador (tales como el ratón y el trackball), y en plataformas de radar rotatorias. Hay dos tipos principales: absoluto e incremental (relativo).

2. Objetivos

- El alumno comprobara los valores asignados al sensor y vera la curva característica.
- El alumno comprobara la diferencia asignada a cada sensor y vera la curva característica.
- El alumno determinara la respuesta en tiempo, espacio y voltaje

3. Equipos Utilizados

- Computadora con sistema operativo window XP y programa Labview.
- Tarjeta PCI-6221 de adquisición de datos
- Cable NI SHC68-68-EMP de Interconexión para datos.
- Plataforma NI Elvis I
- Módulo, tarjeta o entrenador de Sensores Mecatrónica Qnet-015

4. Desarrollo de la practica

- a) Dirigirse al selector de canales AD0, AD1 , AD5 y mover el jumper J7, J8 Y J10 a la descripción del sensor *ENCODER* A, B Y ENCODES INDEX que corresponde a esta práctica.
- b) Encender el computador y el módulo NI Elvis tanto en la parte posterior como en la parte frontal.

- c) Abrir el archivo ejecutable de Labview correspondiente a esta práctica *Qnet-Mechkit ENCODER. QNET_MECHKIT_Encoder VI.*
- d) Se observara el panel frontal del ejercicio.

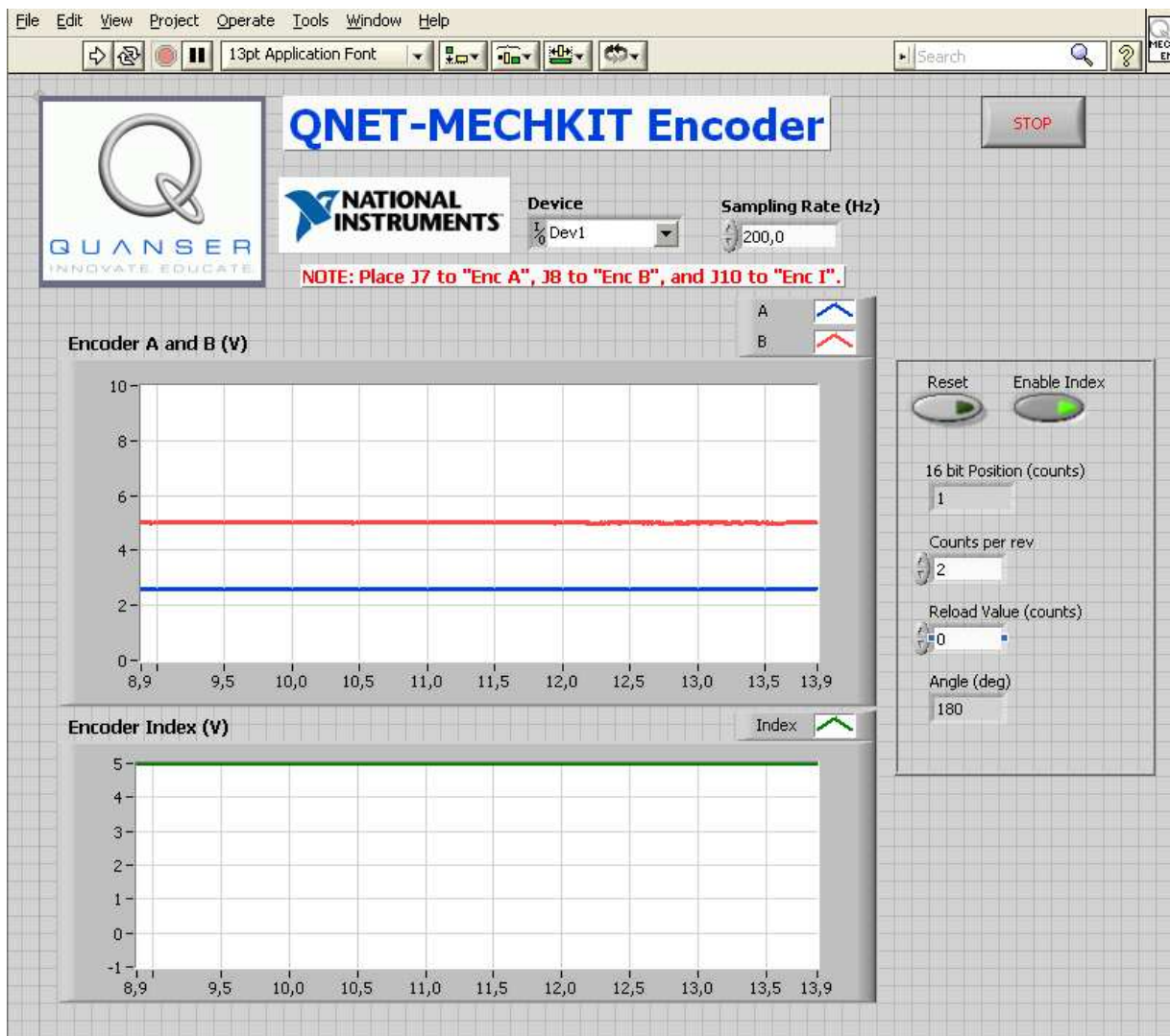



Figura # 94: Panel frontal e de la práctica del Sensor encoder

- e) Utilizar el sensor encoder observar figura # 46
- f) Dar clic en correr el programa , gire la perilla del codificador en sentido de las agujas del reloj y examine la respuesta de las señales A y B. Nótese que las señales son desplazadas por 2,5 V para fines de visualización, del mismo modo, gire la perilla del codificador a la izquierda y observe la señal.
- g) Usando la posición de 16-bits indicado en el panel frontal lado derecho, como se muestra en la Figura 94, girar el mando y determinar el valor de la revolución. Ingrese manualmente en la casilla el valor del conteo por revoluciones o por vuelta. confirmar que el ángulo (grados) que se muestra indicado en la casilla ángulo.

- h) Girar el mando o perilla de tal manera que el 0 esté en la posición hacia arriba y restablecer el contador haciendo clic en el botón de reposición o reset.
- i) Habilitar el índice haciendo clic en el botón Índice de habilitación.
- j) Gire la perilla completa hasta que el índice se dispare. Siga girando el mando hasta el 0, note la posición de los bits debe ser de 8.
- k) Ajuste el valor de recarga de tal manera que Angulo (grados) mide de 0 grados, cuando la marca de 0 en la perilla.

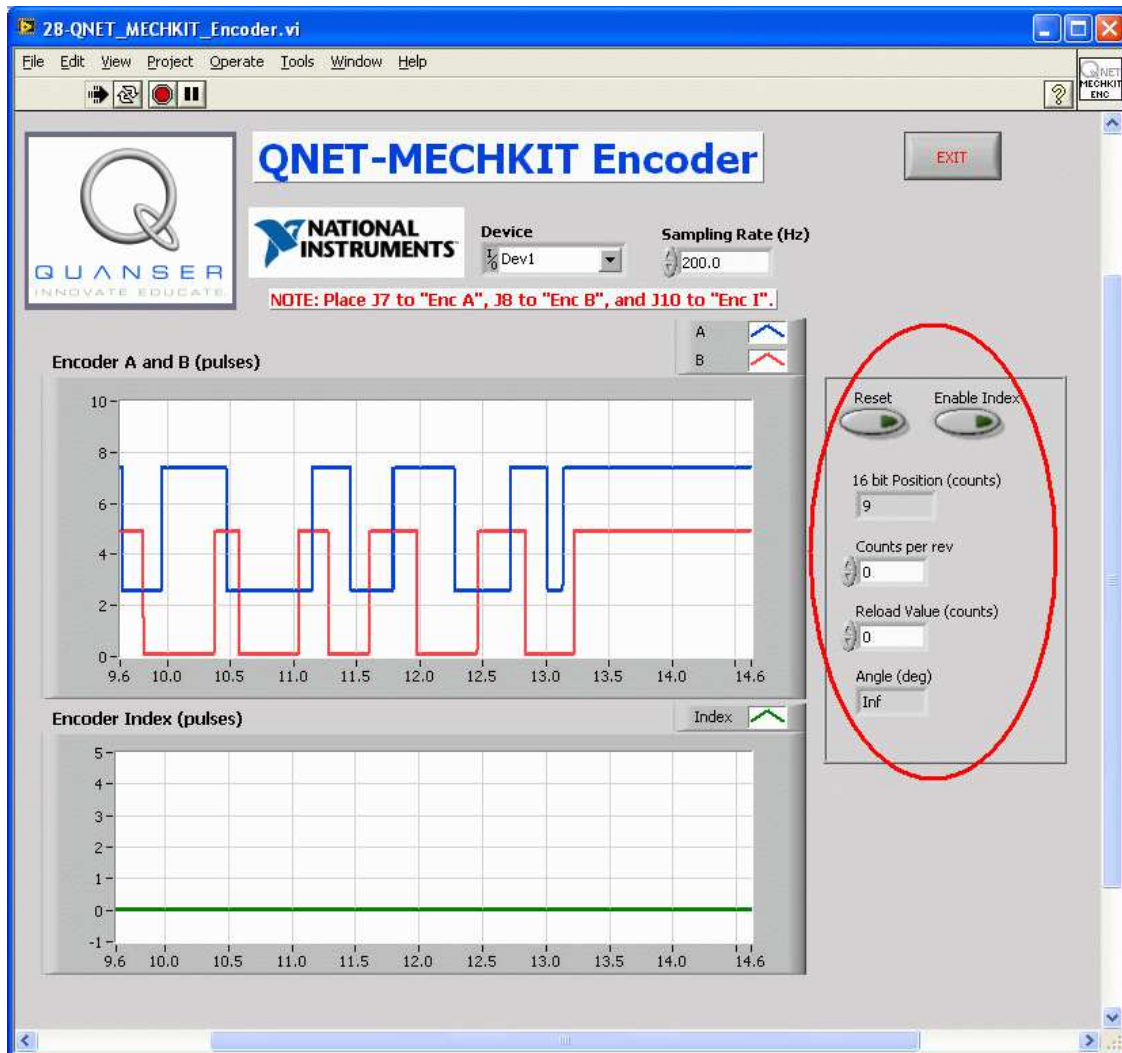


Figura #95: Iniciación del encoder en el programa VI.
Fuente: Autores

5. Cálculos y soportes

La fórmula usada es:

$$\frac{\text{EL N}^\circ \text{ DE PULSOS}}{36} \times 60 \text{ RPM}$$

6. Resultados y conclusiones

En este ejercicio estamos utilizando un sensor de cuadratura, el mismo que va a dar una precisión y un sentido de la rotación de un motor, en la fig. N° 96 se demuestra la aplicación de la ecuación donde el número de pulsos sobre 360° y por 60 nos da el RPM

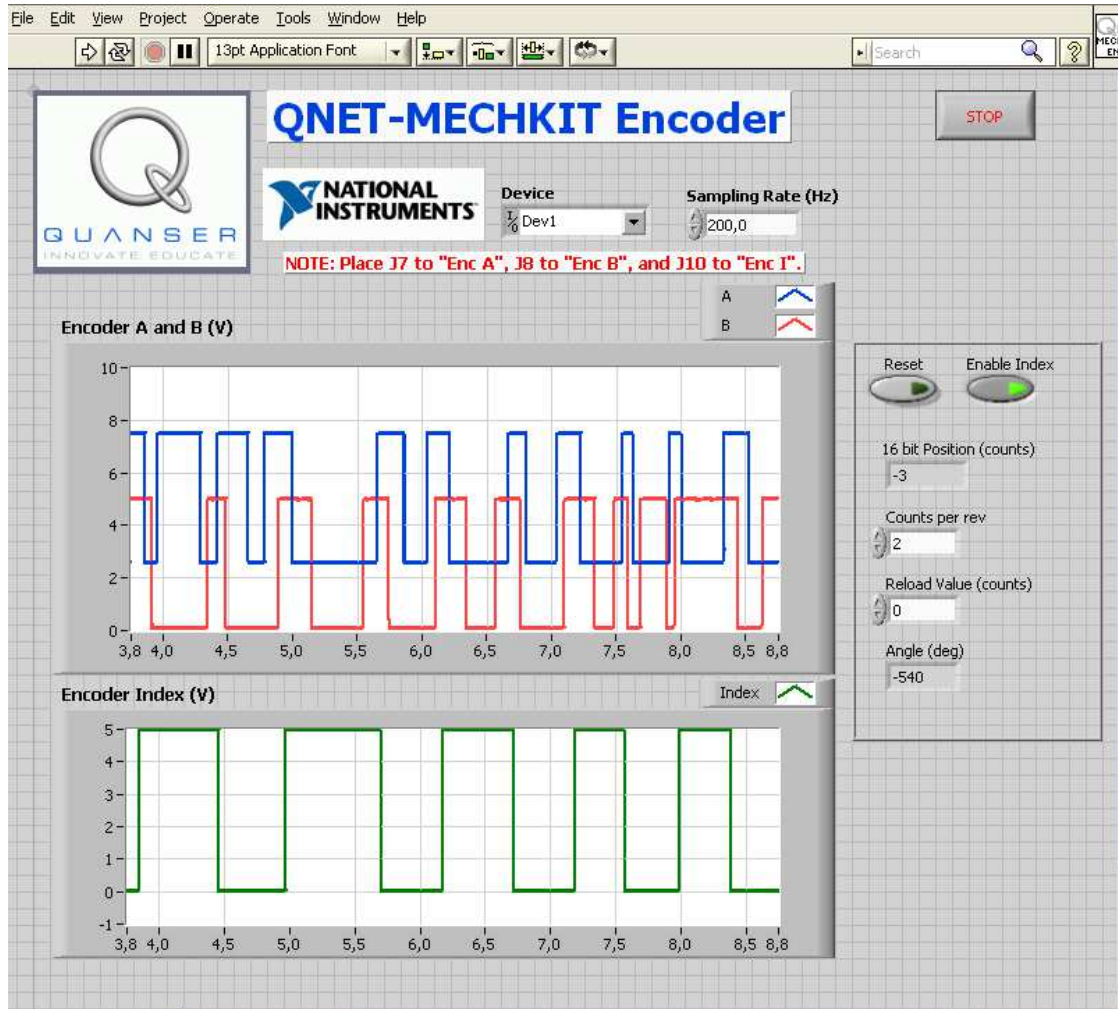


Figura #96: Valores ingresados en la tabla de calibración del sensor
Fuente: Autores

7. Recomendaciones

Los alumnos deben realizar las prácticas en el laboratorio y constantemente deben cambiar los valores para ver los resultados en las curvas y en la operación cuando se utiliza la ecuación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Teniendo en cuenta el avance de la electrónica, electricidad, mecánica y la informática hoy en día, se pone a prueba la sinergia de estas disciplinas para mejorar los procesos de producción y calidad de los productos tecnológicos terminados.

De esta sinergia o fusión de los campos indicados anteriormente surge la necesidad de llamarlo Mecatrónica, idea fundamental para preparar en el futuro profesionales en esta disciplina.

Por cuya razón se elaboró esta tesis en la cual se basa en el comportamiento principal de uno de los elementos claves de esta tendencia tecnológica como son los sensores, con las practicas realizadas en el laboratorio se observó y aprendió la conducta de cada uno de estos elementos y sus fundamentos teóricos de funcionamiento basados en ciencias naturales y físicas con conocimientos científicos de la realidad.

Lo aprendido en las prácticas de laboratorio nos lleva a ampliar conocimientos más profundos para aplicarlos en la industria hoy en día, adicionalmente con este medio de entrenamiento los alumnos, profesores y profesionales pueden hacer uso de esta, para la enseñanza y aprendizaje.

También podemos concluir que este campo es muy amplio y que solo hemos abierto una pequeña puerta la cual dejamos abierta para que los estudiantes que vienen de los cursos inferiores se inquieten por seguir conociendo sobre este, ya que hoy en día es una profesión en algunos Países del primer mundo.

Recomendaciones.

Se recomienda que en la carrera de control y automatismo se deba crear, el incentivo para el aprendizaje de los sensores.

Se recomienda que en la carrera de control y automatismo se deba crear el incentivo para el aprendizaje de los transductores Hidráulicos, neumáticos y eléctricos,

Se recomienda crear la carrera de Mecatrónica en la Facultad de Educación Técnica para el desarrollo de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, ya que debemos apuntar a la nueva tendencia mundial.

Se recomienda adquirir el módulo Elvis II, para facilitar el enlace y reconocimiento al computador de una forma más ágil a través de su tecnología USB, ya que el utilizado actualmente es el módulo Elvis I el cual para su comunicación con el computador se debió instalar una tarjeta PCI de adquisición de datos y enlazarlo con un cable SCSI NI SH68-68-EPM

Se recomienda tener reservas en los laboratorios de sensores individuales o independientes para realizar prácticas reales de laboratorio que podrían ayudar a la familiarización y aprendizaje de los mismos a los estudiantes para aplicarlos en la industria.

Se recomienda mantener los manuales del módulo Qnet-015 sensores aplicados a la Mecatronica al alcance de las personas interesadas dentro del laboratorio de Electrónica para la correcta utilización de los equipos.

Se recomienda que la facultad a través de sus autoridades y profesores expliquen cómo conocimiento generales de cultura a los estudiantes de los primeros niveles la nueva tendencia tecnológica existente en la actualidad, entre estas la Mecatrónica.

BIBLIOGRAFÍA

Bishop, R. H. (2002). The Mechatronics Handbook. EEUU: Editor In Chef.

Bolton, W. (2003). Mechatronics: electronic control systems in mechanical and electrical engineering. EEUU: Pearson/Prentice Hall.

David G. Alciatore, M. B. (2007). Introduction to Mechatronics and Measurement Systems. EEUU, Michigan: McGraw-Hill.

Enrique Rivero Cornelio, C. G. (2004). Bases de datos relacionales: diseño físico (Orientado al DB2 para z/OS de IBM). Madrid, España: Univ Pontifica de Comillas.

G. Hegde, G. S. (2008). Mechatronics. Canada Ontario: Jones & Bartlett Learning.

Mayne, Y. (09 de 08 de 2003). <http://www.bairesrobotics.com.ar>. Obtenido de http://www.bairesrobotics.com.ar/data/sensores_2003.pdf

Salazar, I. R. (s.f.). <http://www.cnad.edu.mx>. Obtenido de <http://www.cnad.edu.mx/sitio/matdidac/md/control/SENSORESPARTE2.pdf>

Salazar, I. R. (2009). <http://www.cnad.edu.mx>. Obtenido de <http://www.cnad.edu.mx/sitio/matdidac/md/control/SENSORESPARTE1.pdf>

Suell Dutra, M. F. (2009). Diseño mecatrónico de un robot tipo AGV. “Autonomous Guided Vehicle”. UIS Ingenierías, Volumen 7, , 65-76.

V., S. S. (s.f.). <http://mecatronica.li2.uchile.cl>. Obtenido de <http://mecatronica.li2.uchile.cl/Manual.pdf>

V.S.Bagad. (2009). Mechatronics. India, Pune: Technical Publications.

Derry, T. K. (2004). Historia de la Tecnología III. Ciencia y Tecnología , 1-12.

Instruments, N. (18 de Julio de 2011). <http://www.ni.com/>. Obtenido de <http://www.ni.com/labview/applications/esa/>

Pérez, I. (s.f.). Introducción a la simulación de circuitos electrónicos. Recuperado el 18 de enero de 2011, de Introducción a la simulación de circuitos electrónicos: http://ocw.uc3m.es/tecnologia-electronica/componentes-y-circuitos-electronicos/practicas-1/OCW-CCE_P1_Introduccion_simulacion_circuitos_electronicos.pdf

Areny, R. P. (1993). Adquisición y distribución de señales. Barcelona, España: Marcombo.

Derry, T. K. (2004). Historia de la Tecnología III. Ciencia y Tecnología , 1-12.

Instruments, N. (18 de Julio de 2011). <http://www.ni.com/>. Obtenido de <http://www.ni.com/labview/applications/esa/>

Agustín Herrera May, L. A. (MAR 2010). Sistemas Nanoelectromecánicos :Origen , Aplicaciones y Desafíos. Interciencia , VOL. 35 N° 3; 163-170., 1-12.

Márquez, D. Y. (agosto-noviembre, 2006). Estado del arte de los sistemas microelectromecánicos. Revista Ciencia e Ingeniería , 109-117.

FRANCISCO, J. M. (06 de Octubre de 2006). <http://es.scribd.com>. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/257419/Trabajo-Introduccion-a-Mecatronica>

Instruments, N. (18 de Julio de 2011). <http://www.ni.com/>. Obtenido de <http://www.ni.com/labview/applications/esa/>

Creus Solé, A. (2008). Neumática e Hidráulica. España: Marcombo .

Sánchez, J. A. (2002). Avances en robótica y visión por computador. Murcia; España: Universidad de Castilla La Mancha.

Gómez Sarduy, J. R. (2008). Temas especiales de instrumentación y control. Cuba: Editorial Félix Varela .

Sebastiá, J. P. (2007). LabView: entorno gráfico de programación. Barcelona: Marcombo.

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

http://www.forumtecnologico.net/descargas/REVDescarga/ft_09/art_10_09.pdf