

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO CON  
SISTEMA HMI PARA EL ANÁLISIS Y ESTUDIO DE SENSORES Y  
TRANSDUCTORES DE PROXIMIDAD ANALÓGICOS POR MEDIO DE LA  
TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DAQ NI Y CONTROLADA POR  
EL SOFTWARE LABVIEW.**

**AUTORES:**

**JOSÉ LUIS BUCHELI NARANJO**

**LENIN MAURICIO VELÁSQUEZ GARRIDO**

**DIRECTOR:**

**WILLIAM MANUEL MONTALVO LÓPEZ**

**Quito, abril del 2014**

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DE TRABAJO DE GRADO**

Nosotros autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

-----

José Luis Bucheli Naranjo

CC: 1718399668

-----

Lenin Mauricio Velásquez Garrido

CC: 1723007322

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mis padres Patricia Naranjo e Iván Bucheli, y a mis hermanos Diego Bucheli e Iván Bucheli, quienes han sido mi motivación y aliento para seguir adelante en cada objetivo planteado, y así culminar con mis estudios y trabajo de grado.

Además, dedico este trabajo a Abigail Espín y Adriana Espín, que día a día me han brindado todo su apoyo y comprensión cuando había dificultades en el camino.

A ustedes por siempre mi amor y agradecimiento.

Jose Luis Bucheli Naranjo

Este proyecto fue gracias a mis padres Marcelo Velásquez y Carmita Garrido quienes me apoyaron incondicionalmente, a mis hermanas Maricela Velásquez y Kimberly Velásquez, a mi esposa María Belén Veloz, a mi hija Luciana Velásquez y mi sobrina Tamia Velásquez. Gracias a ustedes por el apoyo y amor.

Además, sin olvidar a los ingenieros, mis amigos quienes estuvieron en clases día a día, a mis familiares en general por sus buenos deseos.

A todos ustedes muchas gracias.

Lenin Mauricio Velásquez Garrido

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana por haber formado parte fundamental en nuestra formación profesional y al Ing. William Montalvo, como tutor del trabajo de titulación quien ha orientado, apoyado y corregido el trabajo con un interés y entrega que ha sabido superar todas las expectativas puestas en una persona.

Jose Luis Bucheli Naranjo & Lenin Mauricio Velásquez Garrido

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....  | 1  |
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....  | 2  |
| <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....  | 2  |
| 1.1. Problema a resolver.....  | 2  |
| 1.2. Hipótesis.....  | 2  |
| 1.3. Justificación.....  | 3  |
| 1.4. Objetivos .....   | 3  |
| 1.4.1. Objetivo general.....   | 3  |
| 1.4.2. Objetivos específicos. ....   | 3  |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....  | 4  |
| <b>MARCO TEÓRICO</b> .....   | 4  |
| 2.1. Estado del arte.....  | 4  |
| 2.2. Conceptos generales y terminología .....                                    | 5  |
| 2.3. Introducción sensores.....  | 6  |
| 2.3.1. Sensor.....   | 6  |
| 2.3.2. Clasificación.....  | 7  |
| 2.3.3. Acondicionadores de señal.....  | 14 |
| 2.3.3.1. Amplificador de instrumentación.....                                    | 15 |
| 2.3.3.2. Circuitos de acondicionamiento de señales.....                          | 15 |
| 2.4. Sensores, actuadores y dispositivos utilizados en el módulo didáctico ..... | 16 |
| 2.4.1. Sensor infrarrojo.....  | 17 |
| 2.4.1.1. Funcionamiento.....   | 18 |
| 2.4.1.2. Clasificación.....  | 18 |
| 2.4.2. Sensor fotoeléctrico.....   | 19 |
| 2.4.3. Sensor ultrasónico. ....  | 21 |
| 2.4.4. Motor a pasos. ....   | 22 |
| 2.4.4.1. Características técnicas. ....  | 23 |
| 2.4.4.2. Características constructivas.....                                      | 23 |
| 2.4.5. NI USB-6008/6009. ....  | 24 |
| 2.4.5.1. Hardware.....   | 25 |
| 2.4.5.2. Entradas y salidas NI UBS-6009.....                                     | 25 |
| 2.4.5.3. Modos de conexión. ....   | 27 |

|   |    |
|---|----|
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....   | 29 |
| <b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO</b> .....   | 29 |
| 3.1. Descripción del equipo.....  | 29 |
| 3.2. Diseño y construcción de la base de pruebas para materiales.....                                     | 29 |
| 3.3. Estructura y mecanismo de posicionamiento para el módulo .....                                       | 31 |
| 3.4. Diseño y construcción de los soportes de los sensores .....  | 32 |
| 3.5. Construcción de la estructura para los circuitos de acondicionamiento y fuente de alimentación ..... | 33 |
| 3.6. Acople de piezas en la estructura de acrílico .....  | 34 |
| 3.7. Diseño, cálculos y construcción de los circuitos de acondicionamiento .....                          | 35 |
| 3.7.1. Diseño del circuito conversor de 4-20[mA] a 0-5[V]. .....  | 35 |
| 3.7.2. Formulas para el cálculo del circuito de acondicionamiento. ....                                   | 37 |
| 3.7.3. Diseño y construcción de placas de acondicionamiento. ....   | 38 |
| 3.7.4. Esquema de conexiones del módulo. ....   | 39 |
| 3.8. Materiales y herramientas .....  | 40 |
| 3.8.1. Materiales. ....   | 40 |
| 3.8.2. Herramientas. ....   | 41 |
| 3.9. Conexión de los sensores al módulo DAQ USB-6009.....   | 41 |
| 3.9.1. Conexión con el sensor infrarrojo sharp. ....  | 42 |
| 3.9.2. Conexión con el sensor ultrasónico festo. ....   | 42 |
| 3.9.1. Conexión con el sensor óptico festo.....   | 43 |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....   | 45 |
| <b>DESARROLLO DEL ALGORITMO DE MONITOREO Y CONTROL</b> .....  | 45 |
| 4.1. LabVIEW .....  | 45 |
| 4.2. Adquisición de datos .....   | 46 |
| 4.3. NI Measurement & Automation Explorer (MAX).....  | 47 |
| 4.4. NI-DAQmax.....   | 48 |
| 4.5. Diseño y desarrollo del programa en LabVIEW .....  | 48 |
| 5.1. SubVI presentación .....   | 50 |
| 5.2. SubVI salto de ventana.....  | 50 |
| 5.3. SubVI motor stepper .....  | 51 |
| 5.4. SubVI sensor infrarrojo.....   | 53 |
| 5.5. SubVI sensor óptico .....  | 54 |
| 5.6. SubVI sensor ultrasónico .....   | 56 |

|   |    |
|---|----|
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....                                     | 58 |
| <b>ANÁLISIS DE DATOS</b> .....                              | 58 |
| 5.1. Descripción de materiales para censar .....            | 58 |
| 5.2. Análisis de los materiales frente a los sensores ..... | 62 |
| 5.3. Cálculo de error en los sensores.....                  | 66 |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....                                   | 70 |
| <b>RECOMENDACIONES</b> .....                                | 72 |
| <b>LISTA DE REFERENCIAS</b> .....                           | 74 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Estructura sensor.....   | 7  |
| Figura 2. Clasificación por funcionamiento.....                                      | 8  |
| Figura 3. Clasificación por señal que proporciona.....                               | 9  |
| Figura 4. Clasificación por naturaleza de funcionamiento.....                        | 10 |
| Figura 5. Clasificación por fabricación.....   | 12 |
| Figura 6. Proceso de acondicionamiento de señales.....                               | 14 |
| Figura 7. Amplificador de instrumentación.....                                       | 15 |
| Figura 8. Robotino®.....   | 16 |
| Figura 9. MPS® 500-FMS.....  | 16 |
| Figura 10. Workstation MPS PA®.....  | 17 |
| Figura 11. Espectro electromagnético de longitudes de ondas.....                     | 17 |
| Figura 12. Infrarrojo por reflexión.....   | 19 |
| Figura 13. Infrarrojo por reflexión.....   | 19 |
| Figura 14. Componentes de un sensor fotoeléctrico.....                               | 20 |
| Figura 15. Estructura interna de un LED.....   | 20 |
| Figura 16. Componentes de un sensor de proximidad ultrasónico.....                   | 21 |
| Figura 17. Motor a pasos.....  | 22 |
| Figura 18. NI USB-6009.....  | 24 |
| Figura 19. Hardware de tarjeta.....  | 25 |
| Figura 20. PINOUT.....   | 26 |
| Figura 21. Modo de conexión entrada análoga.....                                     | 27 |
| Figura 22. Circuitería de un canal de salida analógico.....                          | 28 |
| Figura 23. Conexión de entradas y salidas digitales.....                             | 28 |
| Figura 24. Diseño de base para materiales en SolidWorks.....                         | 30 |
| Figura 25. Construcción preliminar y final de la base de materiales en acrílico..... | 31 |
| Figura 26. Case del escáner desarmado.....   | 31 |
| Figura 27. Case del escáner implementado con la base de materiales del módulo....    | 32 |
| Figura 28. Diseño del soporte para los sensores en SolidWorks.....                   | 32 |
| Figura 29. Soporte para sensor terminado.....  | 33 |
| Figura 30. Estructura final de posicionamiento y base para los sensores.....         | 33 |
| Figura 31. Estructura en acrílico diseñado en SolidWorks.....                        | 34 |
| Figura 32. Estructura en acrílico diseño final.....                                  | 34 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 33. Estructura final con circuitos de acondicionamiento y fuentes .....     | 35 |
| Figura 34. Diseño del convertor de 4-20[mA] a 0-5[V] .....                         | 36 |
| Figura 35. Diseño del convertor en ARES, (vista superior) .....                    | 36 |
| Figura 36. Diseño del convertor en ARES, (vista posterior).....                    | 36 |
| Figura 37. Diseño de placa y diagrama en baquelita .....                           | 38 |
| Figura 38. Perforación y montaje elementos en la placa de baquelita .....          | 39 |
| Figura 39. Diagrama de distribución y conexión del módulo.....                     | 39 |
| Figura 40. Pines de la tarjeta DAQ USB-6009 .....                                  | 41 |
| Figura 41. Conexión entre el sensor infrarrojo sharp y la tarjeta DAQ USB-6009 ... | 42 |
| Figura 42. Conexión entre el sensor ultrasónico festo y la tarjeta DAQ USB-6009 .  | 43 |
| Figura 43. Conexión entre el sensor óptico festo y la tarjeta DAQ USB-6009 .....   | 44 |
| Figura 44. Panel frontal.....  | 46 |
| Figura 45. Diagrama de bloques .....   | 46 |
| Figura 46. Elementos en un sistema de adquisición de datos .....                   | 47 |
| Figura 47. Icono y pantalla de inicio NI MAX .....                                 | 48 |
| Figura 48. Paleta DAQmax-Data acquisition.....                                     | 48 |
| Figura 49. Diagrama de flujo de SubVI presentación.....                            | 50 |
| Figura 50. Diagrama de flujo de SubVI salto de ventana .....                       | 51 |
| Figura 51. Diagrama de flujo SubVI motor stepper.....                              | 52 |
| Figura 52. Diagrama de flujo SubVI sensor infrarrojo .....                         | 53 |
| Figura 53. Diagrama de flujo de sensor óptico .....                                | 55 |
| Figura 54. Diagrama de flujo SubVI sensor infrarrojo .....                         | 57 |
| Figura 55. Material para pruebas (A) .....   | 59 |
| Figura 56. Material para pruebas (B) .....   | 59 |
| Figura 57. Material para pruebas (C) .....   | 60 |
| Figura 58. Material para pruebas (D).....  | 60 |
| Figura 59. Material para pruebas (E) .....   | 61 |
| Figura 60. Material para pruebas (F).....  | 61 |
| Figura 61. Material para pruebas (G).....  | 62 |
| Figura 62. Gráfica de valores para materiales censados correctamente.....          | 67 |
| Figura 63. Gráfica de valores para materiales censados correctamente.....          | 68 |
| Figura 64. Gráfica de valores para materiales censados correctamente.....          | 69 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Descripción de I/O analógicas y digitales .....   | 26 |
| Tabla 2. Valores máximos y mínimos de salida Vo.....   | 37 |
| Tabla 3. Lista de materiales .....   | 40 |
| Tabla 4. Lista de herramientas .....   | 41 |
| Tabla 5. Simbología para diagramas de flujo.....   | 49 |
| Tabla 6. Rango de trabajo sensor infrarrojo.....   | 53 |
| Tabla 7. Rango de trabajo sensor óptico .....  | 54 |
| Tabla 8. Rango de trabajo sensor ultrasónico .....   | 56 |
| Tabla 9. Diferentes materiales.....  | 58 |
| Tabla 10. Análisis de pruebas con el sensor óptico y los materiales .....                            | 62 |
| Tabla 11. Análisis de pruebas con el sensor infrarrojo y los materiales.....                         | 64 |
| Tabla 12. Análisis de pruebas con el sensor ultrasónico y los materiales.....                        | 65 |
| Tabla 13. Análisis de error con el sensor óptico con el material (E) .....                           | 66 |
| Tabla 14. Análisis de error con el sensor infrarrojo con los materiales (A, B, D y G)<br>.....       | 67 |
| Tabla 15. Análisis de error con el sensor ultrasónico con los materiales (A, B, C, E, F<br>y G)..... | 68 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ecuación 1. cálculo de $V_o$ .....                 | 37 |
| Ecuación 2. fórmula del amplificador inversor..... | 37 |
| Ecuación 3. cálculo de error porcentual.....       | 66 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| Anexo 1. Tarjeta de adquisición de datos NI-USB 6009 ..... | 76 |
| Anexo 2. Sensor ultrasónico festo.....                     | 79 |
| Anexo 3. Sensor óptico festo .....                         | 81 |
| Anexo 4. Sensor infrarrojo sharp .....                     | 83 |
| Anexo 5. Manual técnico .....                              | 85 |

## **RESUMEN**

Los módulos didácticos tienen como objetivo primordial brindar a los estudiantes y docentes la oportunidad de mejorar la forma de impartir y adquirir conocimientos, al igual que los sistemas HMI (Interfaz Hombre Maquina), permiten al usuario realizar un control, monitoreo y análisis del comportamiento de diversos procesos industriales.

Este módulo didáctico se desarrolló en el software LabVIEW mediante el uso de la tarjeta de adquisición de datos DAQ NI y los sensores analógicos de proximidad que actualmente se encuentran en el laboratorio de Teoría del Control y Sensores de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana.

Este módulo didáctico proporciona las herramientas necesarias para el análisis y estudio del comportamiento de sensores de proximidad analógicos. El mismo que se encarga de presentar los datos adquiridos por los sensores para determinar el rango de trabajo y su comportamiento frente a diversos materiales, mediante un sistema HMI para la visualización y control de los datos adquiridos.

Lo importante del módulo didáctico es tener claro que se puede obtener datos de cualquier sensor de proximidad analógico y proceder a realizar un estudio del mismo, además se puede utilizar para el desarrollo de varias prácticas de sensores, ya que actualmente en el campo industrial son los elementos encargados de suministrar toda la información para el control de un proceso.

## **ABSTRACT**

The training modules are primarily intended to provide students and teachers the opportunity to improve the way of imparting and acquiring knowledge, like HMI systems ( Human Machine Interface ) allow the user to control , monitor and analyze the behavior of various industrial processes.

This training module was developed in LabVIEW software using the acquisition card NI DAQ data and analog proximity sensors that are currently in the laboratory of Control Theory and Career Sensors Electronic Engineering from the Polytechnic University Salesian.

This training module provides tools for analyzing and studying the behavior of analog proximity sensors. The same is responsible for presenting the data acquired by the sensors to determine the range of work and their behavior in different materials, using a HMI system for visualization and control of the acquired data.

The training module is important to understand that you can get data from any analog proximity sensor and proceed to a study of it, also can be used for the development of various sensors practices, as currently in the industrial field are elements responsible for providing all information to control a process.

## INTRODUCCIÓN

El diseño e implementación del proyecto busca mejorar la forma de adquirir conocimientos acerca de los sensores utilizados en la automatización industrial, refiriéndose específicamente a los sensores y transductores de tipo analógicos.

La distribución de este trabajo se realizó de la siguiente forma:

En el capítulo 1: aborda temas relacionados con la estructura del proyecto, en las cuales se indica el título del proyecto, justificación, delimitación, planteamiento del problema, objetivos planteados, los métodos y técnicas de investigación que se utilizaron en el desarrollo del proyecto.

En el capítulo 2: plantea todas las generalidades del proyecto, donde se abordan los temas que permitirán una fácil comprensión del proyecto desarrollado como es la base teórica, principios, conceptos generales, características, comportamiento y diferencias de los diferentes dispositivos, respaldados en literatura especializada.

En el capítulo 3: describe la construcción y diseño del módulo, donde se muestran los planos, esquemas del proyecto, circuitos de acondicionamiento y la descripción del equipo utilizado para el desarrollo del proyecto.

En el capítulo 4: presenta el algoritmo de control desarrollado, donde se suministra una explicación sobre los diferentes entornos de la programación desarrollada en LabVIEW para el monitoreo y control del HMI.

En el capítulo 5: muestra las pruebas y resultados de funcionamiento del proyecto implementado.

# **CAPÍTULO 1**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Problema a resolver**

Hoy en día el sector industrial ecuatoriano presenta una obsolescencia en la maquinaria y equipamiento en las industrias, debido al constante desarrollo e innovación en el campo mecánico, informático, sobre todo el control y la regulación de sistemas y procesos automatizados que están permitiendo lograr consigo la reducción de costos, aumento de la productividad y mejorar los procesos industriales.

Las instituciones de nivel superior están empeñadas en ofrecer profesionales con una sólida formación técnica, destreza en análisis, solución de problemas y mantenimiento en diferentes áreas industriales.

La Universidad Politécnica Salesiana busca forjar oportunidades de investigación en situaciones realistas resolviendo dificultades de la industria local y regional, y al mismo tiempo aportar al desarrollo productivo y a la calidad académica, con la ayuda de módulos didácticos, simuladores y dispositivos electrónicos.

Con lo expuesto anteriormente se implementará un módulo didáctico para el análisis y estudio de sensores y transductores de nivel industrial que trabajen bajo señales analógicas, brindando al usuario un aprendizaje teórico y práctico de los diferentes sensores.

### **1.2. Hipótesis**

La implementación de un módulo didáctico de sensores permitirá que los estudiantes y docentes puedan mejorar la forma de adquirir e impartir conocimientos con respecto a los sensores y transductores de tipo analógico consiguiendo mejorar el desempeño académico de los mismo, debido a que la Universidad Politécnica Salesiana presenta carencias, limitaciones de recursos que dificultan el aprendizaje en esta área.

### **1.3. Justificación**

El estudio de sensores y transductores en la Universidad Politécnica Salesiana presenta limitaciones por recursos y materiales didácticos para su aprendizaje. Esto se puede mejorar a través de la implementación de módulos que permitan verificar y comprobar la base teórica de los dispositivos, enfocándose en puntos importantes como: funcionamiento, aplicaciones, ventajas y desventajas.

De esta manera, el módulo didáctico será útil para estudiantes y docentes pues permitirá realizar el análisis y comparación entre dispositivos que midan las mismas magnitudes físicas y desarrollarán la capacidad para contrastar y seleccionar de manera eficiente un sensor de acuerdo a la necesidad.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general.**

Diseñar e implementar un Módulo didáctico con sistema HMI para el análisis y estudio de sensores y transductores de proximidad analógicos por medio de la tarjeta de adquisición de datos DAQ NI y controlada por el software LabVIEW.

#### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- Diseñar e implementar el hardware del módulo didáctico para las prácticas del Laboratorio de instrumentación.
- Contrastar y seleccionar los sensores y transductores óptimos.
- Diseñar e implementar el programa de control en el software LabVIEW para desarrollo del HMI.
- Analizar cuantitativamente los errores en el diseño del proyecto.
- Elaborar un manual técnico de prácticas para el módulo didáctico.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

Este capítulo aborda el estado del arte del proyecto y una fundamentación teórica que permita la comprensión y desarrollo del mismo, describiendo términos utilizados en sensores y transductores, conceptos generales, clasificación, características y comportamiento de los diferentes dispositivos electrónicos que forman parte del proyecto.

#### **2.1. Estado del arte**

En la Universidad Politécnica Salesiana, existe inconvenientes en la cátedra de Sensores y Transductores, por no poseer módulos para el estudio de sensores, esta es una desventaja para la formación de los estudiantes en procesos industriales, es por esto que se pretende desarrollar un módulo didáctico que cumpla con las amplias expectativas tanto para docentes y estudiantes de modo práctico, de fácil comprensión y manejo en un entorno gráfico (LabVIEW) que sea amigable para el usuario, además de un hardware muy versátil que permita montar y desmontar los sensores, con un sistema HMI para evitar mediciones erróneas por fallas humanas, consiguiendo de esta manera verificar el comportamiento, funcionamiento y características básicas de los diferentes sensores de la misma forma la calibración y monitoreo.

Los módulos didácticos desarrollados por empresas especializadas, poseen varias características adicionales a diferencia de uno construido artesanalmente, para ello se va a tomar como referente a la empresa FESTO y sus módulos didácticos como el Sistema Modular de Producción – MPS, que tienen muchas prestaciones como:

- Unidades individuales y combinadas.
- Diferentes técnicas de accionamiento.
- Flujos de materiales y de informaciones.
- Conceptos de controles modernos y variables.
- Versatilidad modular.

De igual manera la empresa Feedback, ostenta gran cantidad de módulos didácticos al igual que la empresa FESTO, excelentes en funcionamiento y construcción pero sus costos son demasiado elevados y no son de fácil adquisición, además cada empresa propone su propio tipo de software y lenguaje de programación, lo que algunos casos no son tan amigables en programación ni en gráficos, la mayoría módulos didácticos son modulares, donde cada usuario los acopla de acuerdo a la necesidad.

## **2.2. Conceptos generales y terminología**

- **Transductor**

Es un elemento o dispositivo electrónico que se encarga de convertir o traducir una señal de una forma física, de tipo: calórica, lumínica, acústica, presión, movimiento, caudal etc. a otra señal generalmente eléctrica, siendo esta de corriente o voltaje, que permita medirla y controlarla de forma rápida y eficiente. (Areny, 2003, pág. 2)

- **Transmisor**

Dispositivo que se encarga de captar la señal de salida del sensor o transductor y convertirla en una señal normalizada para ser transmitida a distancia, en forma de señal neumática o electrónica. (Sole, 1997, págs. 13,14)

- **Campo de Medida (Range)**

Es el intervalo o conjunto de valores comprendidos entre el mínimo y máximo de la capacidad de medida que posea el dispositivo o instrumento para trabajar de forma confiable, viene expresada por dos valores extremos.

- **Alcance (Span)**

Es la diferencia algebraica entre los límites superior e inferior del campo de medida del dispositivo o instrumento.

- **Error**

Es la diferencia algebraica entre el valor indicado por el instrumento y el valor real medido de la variable.

- **Exactitud**

Es la capacidad que tiene un instrumento para entregar lecturas próximas al verdadero valor real de la magnitud medida, siendo esta la máxima desviación del valor medido con respecto al valor real.

- **Precisión**

Es la cualidad que tiene un instrumento para indicar con exactitud ciertos valores de lectura, es decir un conjunto disperso de valores obtenidos de repetidas mediciones de una magnitud, y será más preciso el instrumento cuanto menor sea la dispersión de los valores medidos.

- **Resolución**

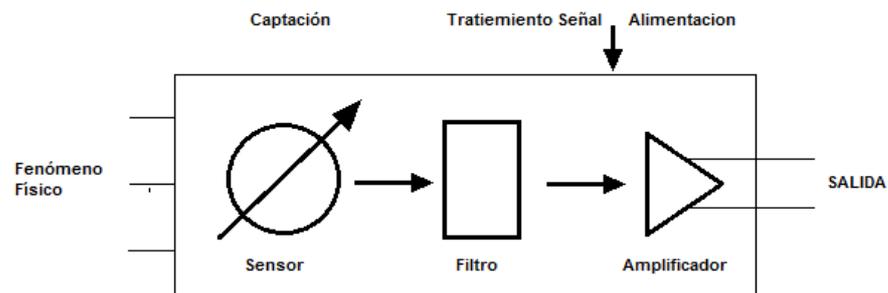
Es el grado con que el instrumento puede discriminar valores de una determinada cantidad o valor, que este puede distinguir, es decir que la lectura mínima que pueda leerse indicara la resolución del instrumento.

## **2.3. Introducción sensores**

### **2.3.1. Sensor.**

Es un dispositivo electrónico capaz de medir variables que pueden ser físicas y químicas del medio, dando una señal de salida transducible y siendo esta proporcional a la señal o variable medida. (Areny, 2003, pág. 3)

Figura 1. Estructura sensor



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

### 2.3.2. Clasificación.

En la actualidad existe una gran cantidad y variedad de sensores que permiten el análisis de distintas variables físicas o químicas, y estos pueden ser clasificados de acuerdo a varios aspectos principales:

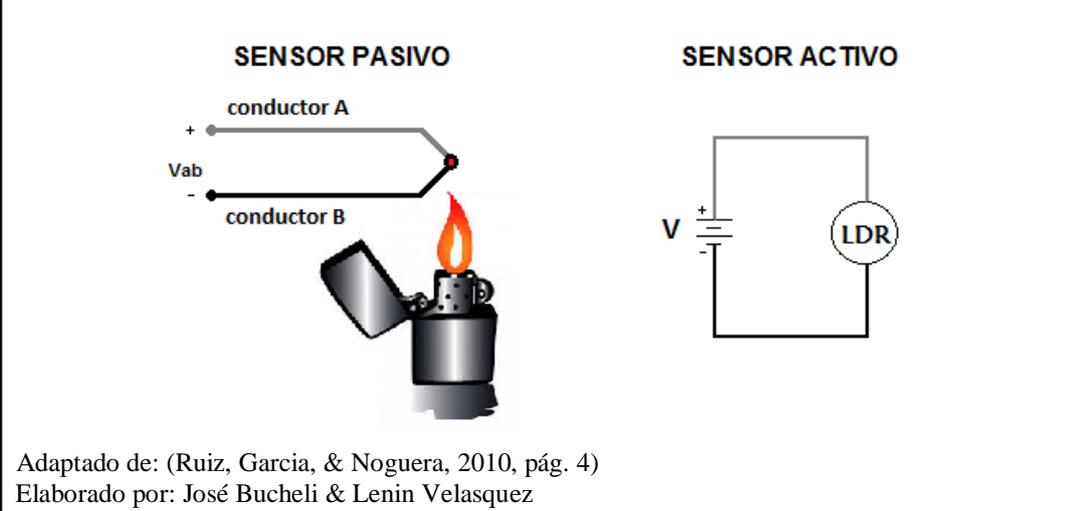
#### Por su funcionamiento:

En un sistema electrónico, el sensor es el elemento dispuesto expresamente para obtener información. La palabra sensor es el nombre popular con el que se conocen los transductores. Se fabrican gran variedad de transductores, capaces de convertir cualquier parámetro físico, químico o biológico en una magnitud eléctrica. El fenómeno de la transducción puede darse de dos modos: (Organización de servicio - SEAT, 1998, pág. 4)

**Activos:** son elementos que requieren una fuente de alimentación externa para funcionar y generan una señal representativa de acuerdo a la magnitud medida.

**Pasivos:** son los que no requieren de una fuente de alimentación externa, sino que los cambios ambientales como: humedad, calor, viento, etc... Son suficientes para su funcionamiento. (Ruiz, Garcia, & Noguera, 2010, pág. 3)

Figura 2. Clasificación por funcionamiento



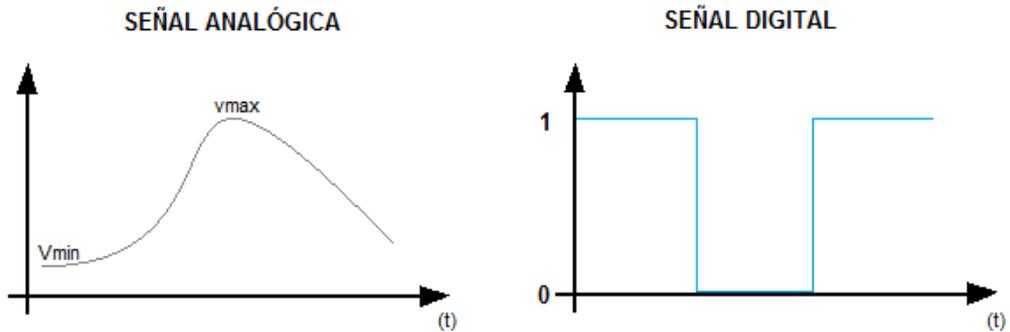
### Por las señales que proporciona:

“En la electrónica se considera señales a la información que posee la variación de tensión en un punto de un circuito electrónico” (Sánchez, 1999, pág. 11).

Estas señales de información pueden ser:

- **Analógicos:** suministran una señal eléctrica la cual cambia proporcionalmente al efecto que se está midiendo, pueden ser de corriente o voltaje y tomar infinidad de valores entre el límite inferior y superior.
- **Digitales:** suministra una señal eléctrica que contiene dos estados lógicos “0” o “1”, o bien un código de bits, los mismos que se alternan en el tiempo para representar, almacenar y transmitir información.

Figura 3. Clasificación por señal que proporciona



Adaptado de: (Ruiz, García, & Noguera, 2010, pág. 4)  
Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

### Por naturaleza de funcionamiento:

La respuesta que proporciona un sensor depende de la magnitud física que puede ser detectada y “traducida” en una variación eléctrica y del principio físico en que se base. Existen numerosos sensores que miden parámetros muy diversos. Para su estudio atendiendo al principio de funcionamiento se han clasificado en los siguientes tipos (Organizacion de servicio - SEAT, 1998, pág. 5):

- **Posición:** son los que pueden experimentar cambios respecto a la posición en la que se encuentra, en función de cada elemento que lo compone.
- **Fotoeléctricos:** son los que pueden experimentar cambios respecto a la luz que incide sobre ellos mismo, entregando una señal representativa respecto a la luz detectada.
- **Magnéticos:** son los que pueden experimentar cambios en la señal de salida respecto al campo magnético o corriente eléctrica detectada por sus laminas metálicas de material ferromagnético.
- **Temperatura:** son los que pueden experimentar cambios en función de la temperatura del medio donde se encuentre ubicado.

- **Humedad:** son los que pueden experimentar cambios en función de la cantidad de humedad del medio donde se encuentre ubicado.
- **Presión:** son los que pueden experimentar cambios en la señal de salida respecto a la cantidad de presión a la que es sometido.
- **Movimiento:** son los que experimentan cambios ante un estímulo o movimiento físico.
- **Químicos:** son los que pueden experimentar cambios respecto a agentes químicos que incide sobre ellos mismo.



### **Por fabricación:**

En el mercado existe una gran cantidad y diversidad de materiales para el diseño de sensores de todo tipo como: metálicos, no metálicos, fluidos, gases, orgánicos, inorgánicos y semiconductores, consiguiendo características especiales en el dispositivo.

Hay varias empresas que se encargan del desarrollo de equipos de automatización industrial y son reconocidas al nivel mundial por la alta calidad en sus productos didácticos e industriales como: IFM ELECTRONIC, BANNER ENGINEERING

CORP., FESTO, FEEDBACK, LUCAS-NÜLLE, SCHNEIDER ELECTRIC, BINMASTER, FLEXIM, BURKERT, SICK, ETC...

A continuación se presenta un detalle de su clasificación:

**Mecánicos:** son aquellos que cambian su comportamiento bajo una magnitud física, esta puede ser directa o indirecta para indicar conexión o desconexión (abierto o cerrado).

**Resistivos:** están fabricados mediante materiales resistivos para obtener una variación en su resistencia eléctrica como son los sensores de efecto piezorresistivo.

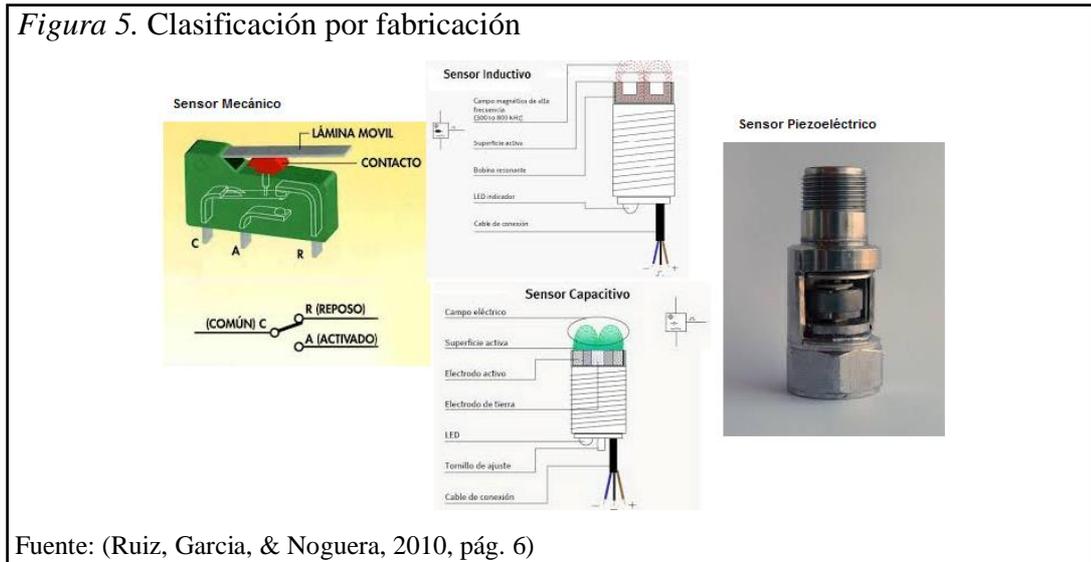
**Capacitivos:** son dispositivos fabricados con materiales que permitan conseguir un campo electrostático.

**Inductivos:** son elementos que permiten producir un campo electromagnético.

**Piezoeléctricos:** están contruidos con elementos cerámicos policristalinos y polímeros, consiguiendo una alta flexibilidad y mínima rigidez.

**Semiconductores:** están fabricados con elementos semiconductores como el silicio, consiguiendo variar su conductividad eléctrica de acuerdo al grado de impurezas con la que se le contamine (Ruiz, Garcia, & Noguera, 2010, págs. 3-7).

Figura 5. Clasificación por fabricación



### Según tipo de variable física

Campos (2008), presenta de forma clara y detallada los diferentes sensores que pueden ser utilizados en la automatización industrial.

En el medio existe gran variedad de sensores que perciben información externa de una magnitud física de acuerdo a la variable que está midiendo y transformarla en una señal eléctrica para cuantificar, controlar o monitorear, como son:

- Sensor de temperatura:
  - Pirómetro óptico
  - Pirómetro de radiación
  - Termistor
  - Termopar
- Sensor de posición lineal o angular:
  - Grandes distancias:
    - Radar
    - Láser
    - Ultrasonido
  - Distancias pequeñas:
    - Métodos ópticos
    - Métodos inductivos (LDT y VDT)
    - Métodos resistivos y capacitivos

Posición linear o angular:

Codificadores incrementales

Codificadores absolutos

Transductores capacitivos

- Sensores de presencia o proximidad:

Inductivos

Capacitivos

Fotoeléctricos

De efecto Hall

Radiación

Infrarrojos

- Sensores de humedad y punto de rocío:

Humedad en aire – gases

Humedad en sólidos

Punto de rocío

- Sensores de caudal:

De sólidos, líquidos o gases

Presión diferencial

Medidores magnéticos

Medidores de área variable

Medidores de desplazamiento positivo

- Sensores de fuerza, presión y par:

Calibrador de tensión

Galga extensiométrica

- Sensores de intensidad lumínica:

LDRs o Fotorresistores (resistores variables por la incidencia de la luz)

Fotoceldas o celdas fotovoltaicas

Fotodiodos

Fototransistores

CCD

Cámaras de vídeo

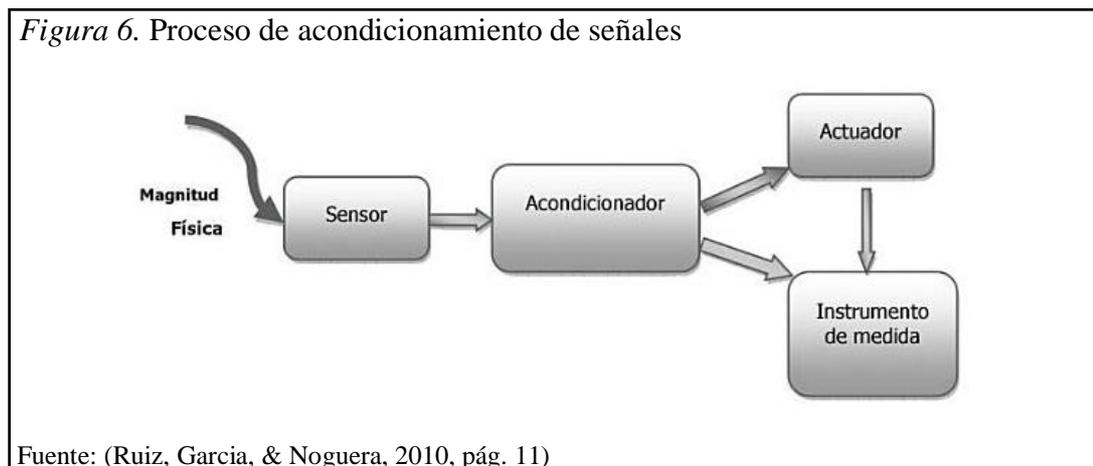
Reflectivo

De ranura

- Sensores de velocidad lineal o angular:
  - Tacómetros
  - Codificadores (encoders)
- Sensores táctiles:
  - Matriz piezoeléctrica, óptica o capacitiva
  - Matriz de contactos (págs. 4-37)

### 2.3.3. Acondicionadores de señal.

Los acondicionadores de señal se encargan de convertir una señal electrónica en otro tipo de señal eléctrica de fácil lectura para equipos de instrumentación convencional, previo a la adquisición de datos prepara la señal antes de ingresar al controlador y puede presentar las siguientes funciones: linealización, filtración y amplificación la señal eléctrica estándar (Mayné, 2003, pág. 61).

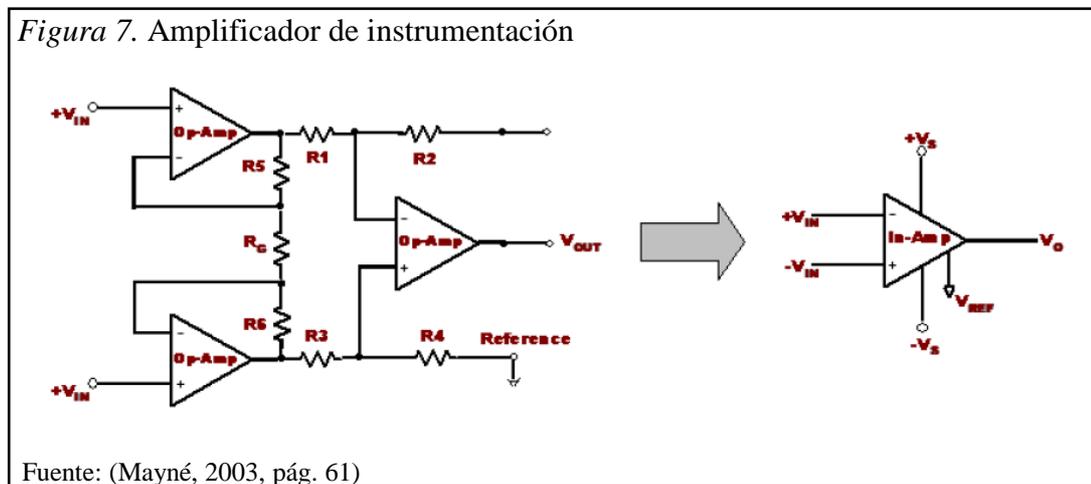


A medida avanza la tecnología se desplazado dispositivos o equipos de gran tamaño por unos de diminutas placas con mayor precisión y fiabilidad en los diferentes procesos de uso, como el integrar varios amplificadores operacionales en uno solo (amplificador de instrumentación). (Mayné, 2003, pág. 61)

### 2.3.3.1. Amplificador de instrumentación.

Coughlin y Driscoll (1999), presenta de forma clara y detallada toda la información sobre amplificadores diferenciales, instrumentación y de puente para el acondicionamiento de señales.

El amplificador de instrumentación es uno de los amplificadores más útiles en cuanto a medición o control. Está implementado con varios amplificadores operacionales y varias resistencias de precisión, que hacen que el circuito sea estable y exacto en cuanto a mediciones. (págs. 214-246)



### 2.3.3.2. Circuitos de acondicionamiento de señales.

Ruiz y otros (2010), describen de forma clara y rápida los distintos circuitos de acondicionamiento de señales.

Los acondicionadores de señales más comunes son:

- Divisores de voltaje
- Puente de Wheatstone
- Transistores
- Multivibradores Astables
- Convertidores A/D
- Amplificadores Operacionales

- Microcontroladores (págs. 9-12)

## 2.4. Sensores, actuadores y dispositivos utilizados en el módulo didáctico

En esta sección se hace mención a los sensores, actuadores y dispositivos que van a formar parte del módulo didáctico a construir, como son:

**Sensor infrarrojo (SHARP GP2D120):** utilizado en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana en Robótica Móvil para la evasión de obstáculos en el Robotino® de FESTO.

*Figura 8. Robotino®*



Fuente: (Festo)

**Sensor óptico:** utilizado en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana en el Sistema de Producción Modular para la detección o aproximación de piezas en el MPS® 500-FMS.

*Figura 9. MPS® 500-FMS*



Fuente: (Festo Didactic)

**Sensor ultrasónico:** utilizado en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana en Teoría de Control para el control de nivel de los tanques del Workstation MPS PA®.

Figura 10. Workstation MPS PA®

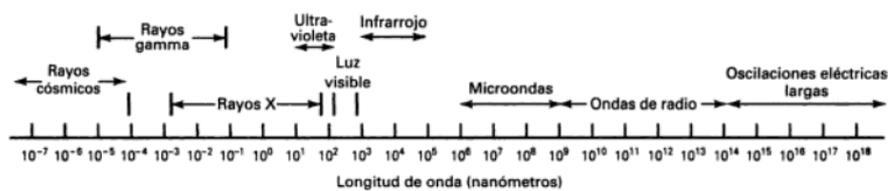


Fuente: (Festo Didactic)

#### 2.4.1. Sensor infrarrojo.

Es un dispositivo electrónico que tiene la capacidad de captar radiación electromagnética infrarroja generada por partículas eléctricas o magnéticas en movimiento. Estos rayos infrarrojos no pueden ser detectados, debido a que el ojo humano no puede ver luz con longitudes de onda mayores a la luz visible ni menores a los rayos ultravioletas. (Tomasi, 2003, págs. 6,7)

Figura 11. Espectro electromagnético de longitudes de ondas



Fuente: (Tomasi, 2003, pág. 7)

#### **2.4.1.1. *Funcionamiento.***

El sensor infrarrojo está conformado por un emisor y un receptor. El emisor se encarga de enviar rayos infrarrojos mientras que el receptor o foto detector es el encargado de recibirlos. Los rayos infrarrojos detectados por el material fotosensible del foto detector generan una corriente mínima que desbloquea al dispositivo permitiendo su activación. La señal obtenida por el receptor o foto detector se amplifica y adapta a una tipo señal eléctrica.

En la actualidad se puede encontrar sensores infrarrojos activos como pasivos.

**Pasivos:** es un dispositivo que poseen únicamente el foto detector que capta la radiación emitida por un objeto.

**Activos:** es un dispositivo que está compuesto tanto por el emisor y el receptor, ambos formando parte del mismo circuito integrado (Ruiz, Garcia, & Noguera, 2010, pág. 125).

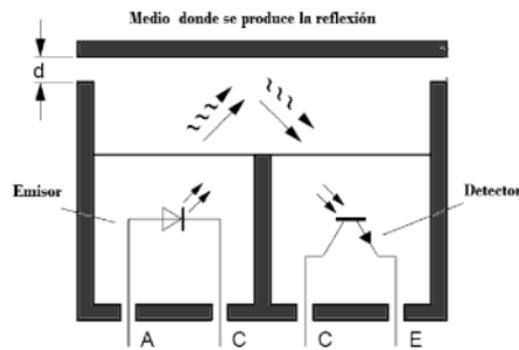
#### **2.4.1.2. *Clasificación.***

Ruiz y otros (2010), mencionan que los sensores infrarrojos integrados pueden clasificarse por funcionamiento.

Reflexivos:

- Trabajan a cortas distancias.
- Está integrado por el emisor y el receptor en paralelo.

Figura 12. Infrarrojo por reflexión

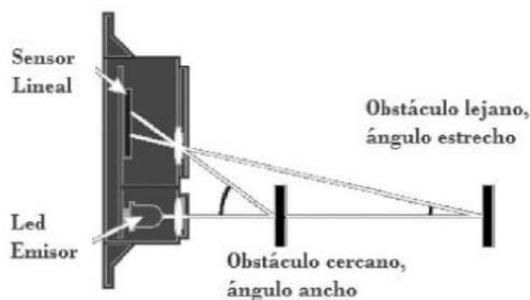


Fuente: (Ruiz, Garcia, & Noguera, 2010, pág. 125)

Proximidad:

- Trabaja a distancia medias, 10 a 80 cm.
- Contiene el emisor y el receptor en un mismo dispositivo, pero presenta una leve inclinación para el retorno del haz de luz. (págs. 125,126)

Figura 13. Infrarrojo por reflexión



Fuente: (Ruiz, Garcia, & Noguera, 2010, pág. 126)

#### 2.4.2. Sensor fotoeléctrico.

El sensor fotoeléctrico es básicamente un emisor y receptor de luz que puede ser de tipo natural o artificial, estos sensores pueden detectar cuerpos dependiendo del material, el cuerpo refleja la luz entonces el receptor podrá medir la distancia a la que se encuentra, es por esto que tenemos una gran cantidad de sensores fotoeléctricos con diferentes cualidades y diseños, para cada aplicación.

Además cada sensor fotoeléctrico dependiendo de su material, color, tamaño, incluso el medio donde se mide (día soleado, cuarto muy luminoso), son factores que afectan en la medición por lo tanto se tiene un sensor fotoeléctrico para cada aplicación.

Los sensores fotoeléctricos constan de cinco componentes básicos:

- Adaptado de luz
- Detector de luz
- Lentes
- Circuito lógico
- Salida

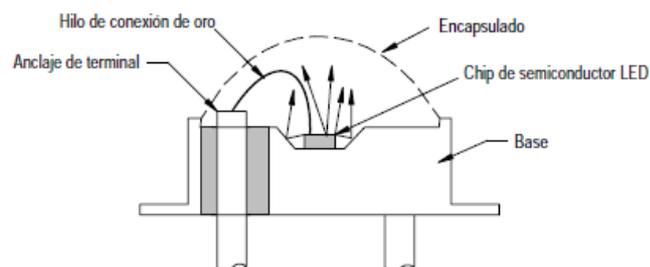
Figura 14. Componentes de un sensor fotoeléctrico



Fuente: (Brandley, 2010, pág. 88)

**Adaptado de luz:** generalmente se usa luz de tipo LED, siendo la más usada la infrarroja por su eficiencia relativa que es mayor a la de luz visible también se usan led de color rojo, verde, amarilla en general cada una tiene diferentes efectos, también influye en material y el ambiente.

Figura 15. Estructura interna de un LED



Fuente: (Brandley, 2010, pág. 88)

**Detector de luz:** el detector generalmente es un fotodiodo o un fototransistor son los encargados de recibir la luz del emisor para determinar la distancia, dependiendo de la superficie color y medio donde están funcionando.

**Circuito lógico:** se encarga de convertir la señal de luz a una señal lógica también se encarga de que la señal lógica sea mostrada correctamente amplificada para poder ser medida puede ser en voltaje o amperaje dependiendo del circuito de acondicionamiento interno.

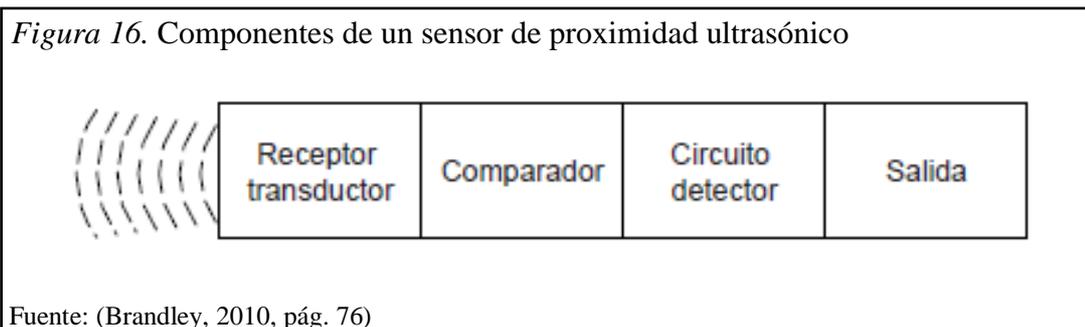
Dispositivo de salida: La salida siendo una señal lógica para que sea mostrada correctamente, esta tiene que ser amplificada para poder ser medida puede ser en voltaje o amperaje dependiendo del circuito de acondicionamiento interno. (Brandley, 2010, págs. 87-93)

### 2.4.3. Sensor ultrasónico.

Los sensores ultrasónicos se basan en el tiempo que demora en viajar una onda de sonido y rebotar con un objeto siendo la distancia directamente proporcional al tiempo al ser el sonido constante, las señales del sensor dependiendo de la aplicación puede ser digital o analógica también son muy usados ya que la humedad no les afecta, pero ciertos materiales no sirven para una medición como la tela o espuma al igual que otros sensores depende mucho de donde se va aplicar.

Los sensores de proximidad ultrasónicos tienen cuatro componentes básicos:

- Transductor/receptor
- Comparador
- Circuito detector
- Salida de estado sólido



**Transductor/receptor:** en esta etapa se emiten ondas sonoras las cuales chocan con el objeto y estas ondas rebotan para retornar al sensor.

**Comparador y circuito detector:** en esta etapa se compara el eco y se calcula la distancia mediante el tiempo entre la emisión y recepción.

Dispositivo interruptor de estado sólido: Esta etapa es encargada de generar una señal eléctrica si es para uso de detección será digital y para calcular distancias será analógica. (Brandley, 2010, págs. 75-78)

#### 2.4.4. Motor a pasos.

El motor a pasos o de movimiento indexado es un dispositivo electromecánico que realiza un desplazamiento angular discreto, de acuerdo a la serie de impulsos eléctricos que reciba en sus terminales; los impulsos eléctricos o tren de pulsos pueden determinar un ángulo de giro, el mismo que estará dado por la magnitud o resolución que posea el motor.

Habitualmente la resolución de un motor a pasos varía de acuerdo a las características de construcción, que puede ser de  $1.5^\circ$  a  $15^\circ$ , o más, según el modelo. El movimiento suave o brusco del motor a pasos dependerá de la frecuencia de los impulsos aplicados y de la resolución de los pasos en relación a la inercia del motor.

La característica principal del motor a pasos es su giro de forma incremental, debido a esta razón la secuencia de impulsos eléctricos en sus bobinas determinara el sentido de giro del motor. Es decir, consiguiendo el control tanto hacia adelante, atrás y un determinado número de pasos por vuelta.

Figura 17. Motor a pasos



Fuente: (BricoGeek)

#### **2.4.4.1. Características técnicas.**

Considerando las características del motor a pasos, si se aumenta la velocidad el par disminuye. Esto se debe a que las bobinas requieren un tiempo de cargar para realizar el giro del motor, por esta razón si la duración de los pulsos disminuye y la bobina no se descarga completamente se perderá torque. (Conti, 2011, págs. 1-5)

#### **2.4.4.2. Características constructivas.**

Conti, presenta de forma detallada las características de construcción, debido a que en la actualidad, existe gran variedad de diseños y configuración de motores de paso como:

Reluctancia variable:

Están fabricados con un rotor dentado de hierro dulce, y en el estator, está compuesto por las bobinas. Las bobinas reciben impulsos eléctricos provocando que se activen, esto hace que el rotor se alinee acorde el campo, y provoque el paso.

- Rotor no imantado
- Número de pasos elevado
- No par de retención
- No importa el sentido de la corriente
- Motores multiestator
- Tienen de 3 a 5 bobinas conectadas a un terminal común.

Imán permanente:

A diferencia del motor de reluctancia variable, está formado por un número limitado de dientes en su estructura física y no varía su posición sin excitación en el estator

- Par elevado
- Buen par de retención
- Bajas frecuencias de trabajo

- Caros
- Menos resolución
- Importa el sentido de la corriente.

Híbrido:

Este motor posee las características de ambos modelos tanto de reluctancia variable como de imán permanente.

El rotor está conformado por anillos de acero dulce dentado con un número desigual al del estator y dichos anillos montados sobre un imán permanente, colocado axialmente en el estator.

- Más torque
- Más resolución o magnitud
- Funcionamiento a frecuencias más altas
- Costo elevado (Conti, 2011, págs. 5-15)

#### 2.4.5. NI USB-6008/6009.

NI USB-6008/6009 es un dispositivo multifunción de adquisición, control y monitoreo de datos, de bajo costo y muy adecuado para propósitos educativos por su pequeño tamaño y fácil conexión USB.

*Figura 18. NI USB-6009*



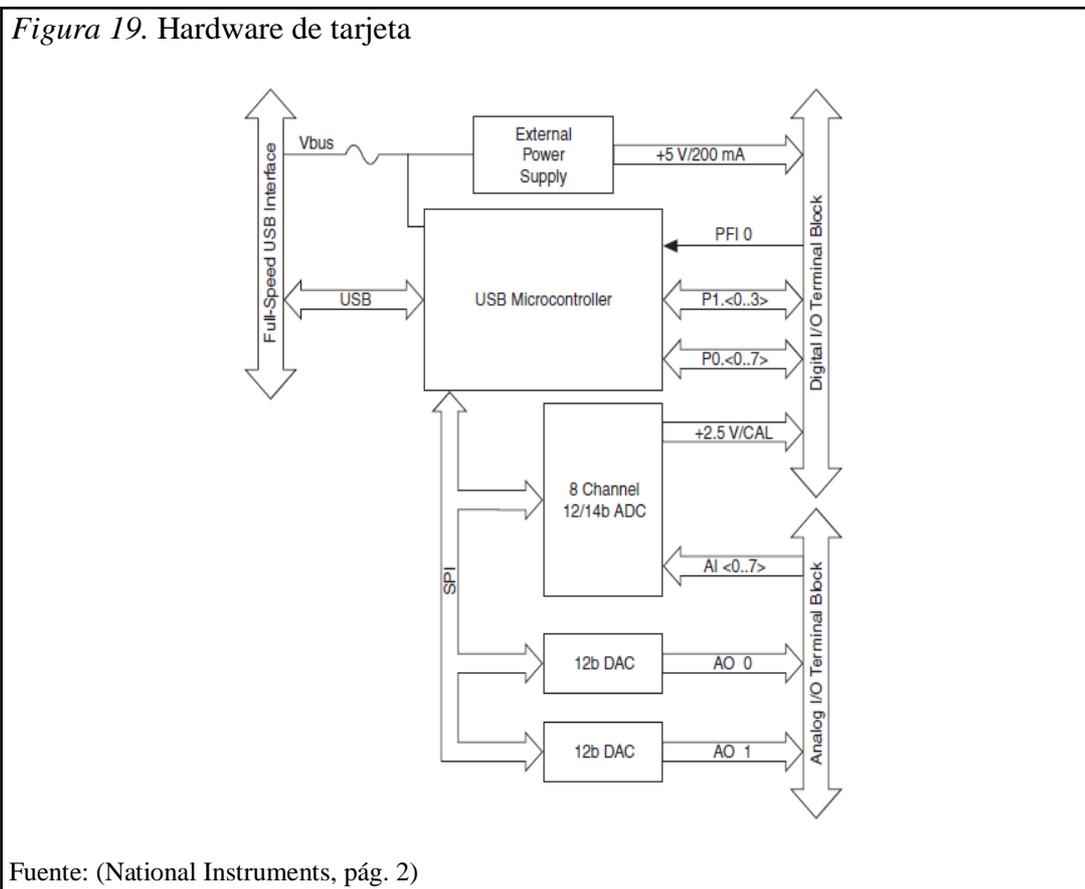
Fuente: (National Instruments)

NI USB-6009 tiene las siguientes especificaciones:

- 8 entradas analógicas (14 bits, 48 kS/s)
- Salidas analógicas (12 bits a 150 S/s)
- 12 E/S digitales
- 1 contador de 32 bits de alta velocidad. (Halvorsen, 2013, págs. 8,9)

#### 2.4.5.1. Hardware.

A continuación se indican las partes principales de la tarjeta en de diagrama de bloques.

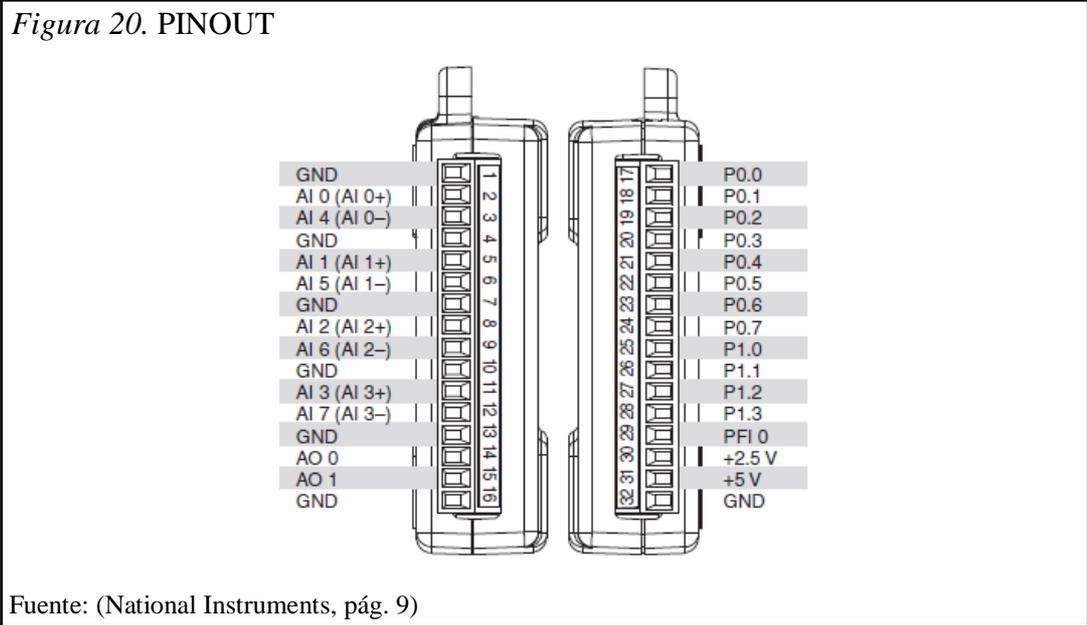


#### 2.4.5.2. Entradas y salidas NI UBS-6009.

La tarjeta NI USB-6009, está formada por dos bloques de terminales acoplados a los extremos de la tarjeta, uno que nos indica las señales analógicas y el otro para señales digitales.

En el bloque de las señales analógicas se puede realizar dos tipos de conexión, modo diferencial y RSE.

Figura 20. PINOUT



Fuente: (National Instruments, pág. 9)

Tabla 1.

Descripción de I/O analógicas y digitales

| I/O ANALÓGICAS |                    |                    | I/O DIGITAL |         |
|----------------|--------------------|--------------------|-------------|---------|
| Terminal       | Señal, nodo simple | Señal, diferencial | Terminal    | Señal   |
| 1              | GND                | GND                | 17          | PO.0    |
| 2              | AI 0               | AI 0 +             | 18          | PO.1    |
| 3              | AI 4               | AI 0 -             | 19          | PO.2    |
| 4              | GND                | GND                | 20          | PO.3    |
| 5              | AI 1               | AI 1 +             | 21          | PO.4    |
| 6              | AI 5               | AI 1 -             | 22          | PO.5    |
| 7              | GND                | GND                | 23          | PO.6    |
| 8              | AI 2               | AI 2 +             | 24          | PO.7    |
| 9              | AI 6               | AI 2 -             | 25          | PI.0    |
| 10             | GND                | GND                | 26          | PI.1    |
| 11             | AI 3               | AI 3 +             | 27          | PI.2    |
| 12             | AI 7               | AI 3 -             | 28          | PI.3    |
| 13             | GND                | GND                | 29          | PFI 0   |
| 14             | AO 0               | AO 0               | 30          | + 2.5 V |
| 15             | AO 1               | AO 1               | 31          | + 5 V   |
| 16             | GND                | GND                | 32          | GND     |

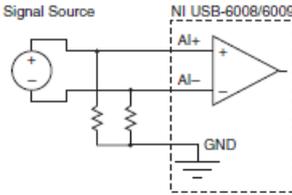
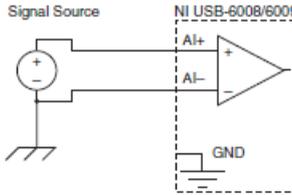
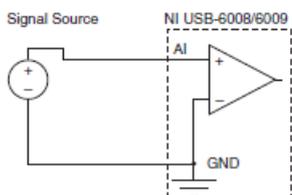
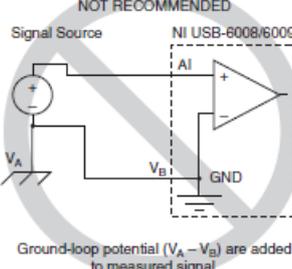
Fuente: (National Instruments, pág. 9)

### 2.4.5.3. Modos de conexión.

- Entrada analógica

El NI USB-6008/6009 tiene dos modos de conexión para las entradas analógicas estos son por nodo simple o diferencial como se puede observar a continuación.

Figura 21. Modo de conexión entrada analógica

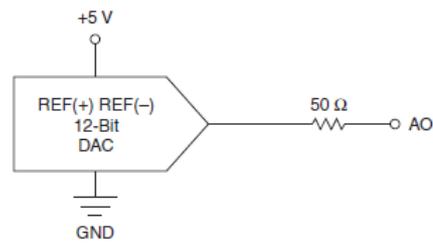
| Analog Input Mode             | <b>Floating Signal Sources<br/>(Not Connected to Building Ground)</b><br>Examples:<br>• Ungrounded thermocouples<br>• Signal conditioning with isolated outputs<br>• Battery devices | <b>Ground-Referenced Signal Sources</b><br>Example:<br>• Plug-in instruments with non-isolated outputs  |
|-------------------------------|--|---|
| Differential (DIFF)           |    |   |
| Referenced Single-Ended (RSE) |   | <p style="text-align: center;"><b>NOT RECOMMENDED</b></p>  <p style="text-align: center;">Ground-loop potential (<math>V_A - V_B</math>) are added to measured signal.</p> |

Fuente: (National Instruments, pág. 12)

- Salida analógica

El NI USB-6008/6009 posee 2 canales de salida analógica, los mismos que generan una salida de 0 a 5 V. Su modo de conexión es referenciado a tierra para ambos canales analógicos. (National Instruments, pág. 12)

Figura 22. Circuitería de un canal de salida analógico

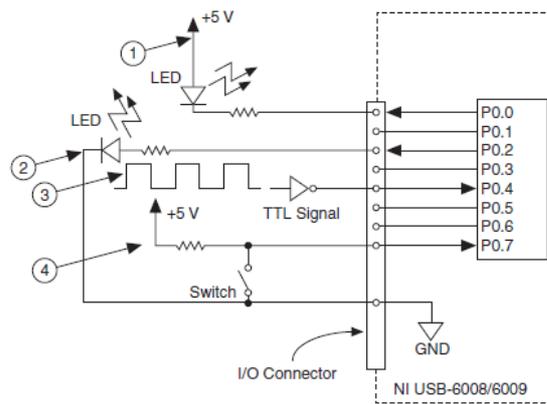


Fuente: (National Instruments, pág. 12)

- I/O digital

El NI USB-6008/6009 posee 12 terminales digitales separados en dos puertos el P0 de 0-7 y P1 de 0-3. Para la conexión de los terminales digitales se utiliza el modo de nodo simple o señal referenciada a tierra. (Instruments, National Instruments, págs. 12,17)

Figura 23. Conexión de entradas y salidas digitales



Fuente: (National Instruments, pág. 17)

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO**

Este capítulo describe la construcción y diseño del módulo didáctico, donde se muestran los planos, diagramas y esquemas que fueron utilizados en su proceso de fabricación.

#### **3.1. Descripción del equipo**

El módulo didáctico está construido para ser de fácil uso, siendo útil tanto para docentes como para estudiantes. Su principal objetivo es el tener una clara idea del funcionamiento de los sensores de distancia analógicos que se quieran probar y manejar, determinando así el margen de error y su lectura con diferentes materiales, en su modo automático cuenta con un motor paso a paso junto a un driver de control, una caja reductora, guías y base, también se tiene la placa base y soportes de los sensores diseñados en acrílico, cada sensor cuenta con un circuito de acondicionamiento de señal.

El control y monitoreo del módulo didáctico se realiza por medio del software LabVIEW mediante una Interfaz Humano Máquina (HMI).

#### **3.2. Diseño y construcción de la base de pruebas para materiales**

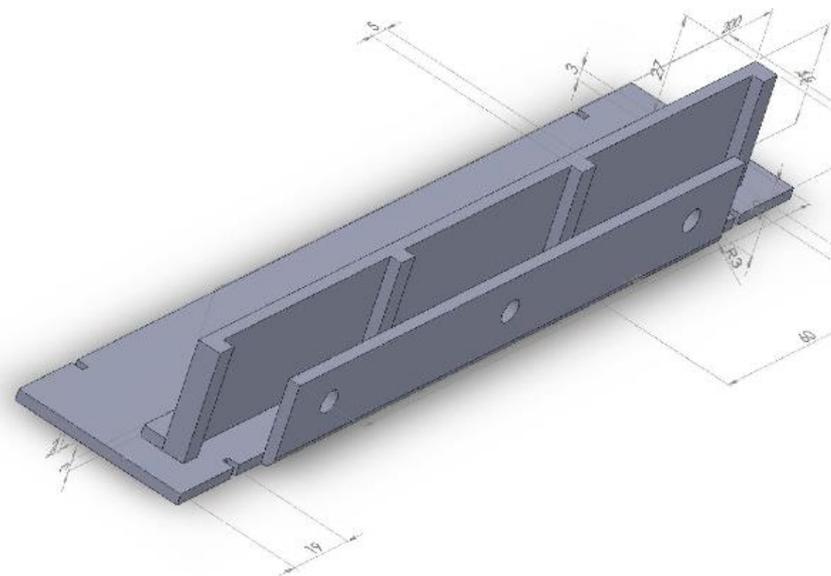
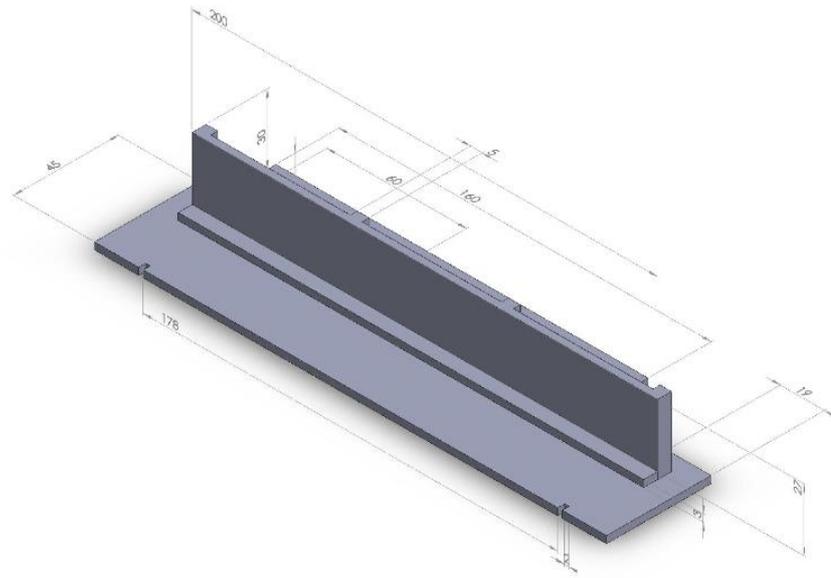
La base fue construida en mica acrílica, en la cual intervino la técnica de calor, mediante una pistola térmica y moldes. Los detalles se realizaron con un taladro Dremel como se muestra a continuación.

Paso 1. Cortar la mica y calentarla con una pistola térmica de 600w, para lograr colocarla en un ángulo de 90°.

Paso 2. Colocación del soporte para el material con pequeñas guías para mantener 90°.

Paso 3. Cortar y pulir los materiales con un taladro Dremel, al igual que sus accesorios.

Figura 24. Diseño de base para materiales en SolidWorks



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

*Figura 25. Construcción preliminar y final de la base de materiales en acrílico*



Imagen: José Bucheli & Lenin Velasquez

### **3.3. Estructura y mecanismo de posicionamiento para el módulo**

La estructura y mecánica de posicionamiento fue desarrollada en base a la mecánica de engranes y rieles que fueron aprovechados del case de un escáner.

*Figura 26. Case del escáner desarmado*



Imagen: José Bucheli & Lenin Velasquez

Se procedió a diseñar las partes faltantes, como también se modificó la base del case, aprovechando el máximo de mecanismos reciclables de dicho escáner, obteniendo

como resultado una buena plataforma móvil y el soporte para los sensores de proximidad analógicos.

*Figura 27.* Case del escáner implementado con la base de materiales del módulo

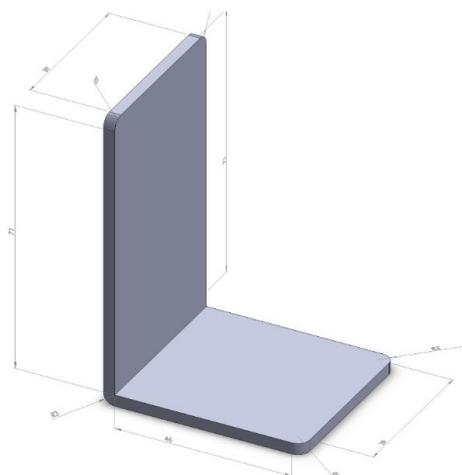


Imagen: José Bucheli & Lenin Velasquez

### **3.4. Diseño y construcción de los soportes de los sensores**

En esta parte de la construcción se utilizó mica acrílica transparente, al igual que en otras partes, se usó la técnica de calor y se procedió a cortar y pulir con el taladro Dremel, realizando las perforaciones correspondientes para cada sensor.

*Figura 28.* Diseño del soporte para los sensores en SolidWorks



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

*Figura 29. Soporte para sensor terminado*

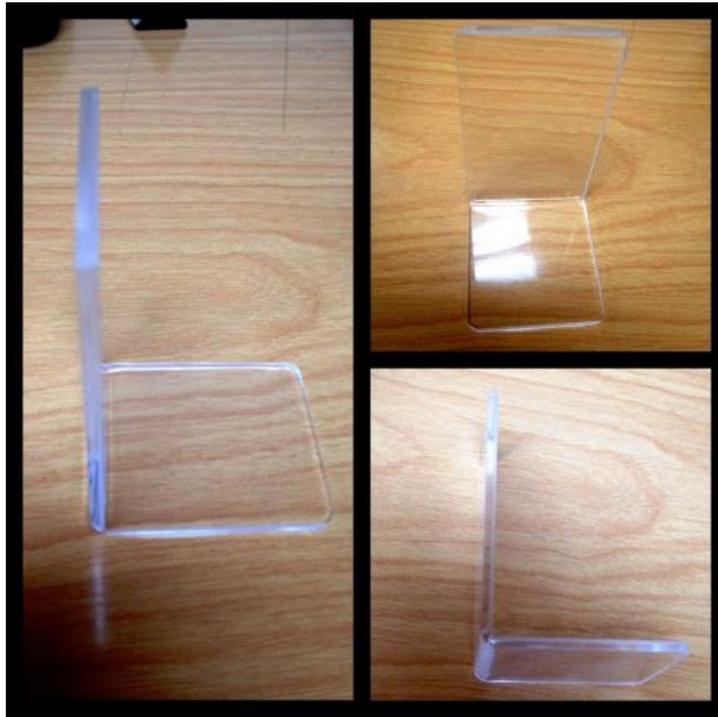


Imagen: José Bucheli & Lenin Velasquez

*Figura 30. Estructura final de posicionamiento y base para los sensores*

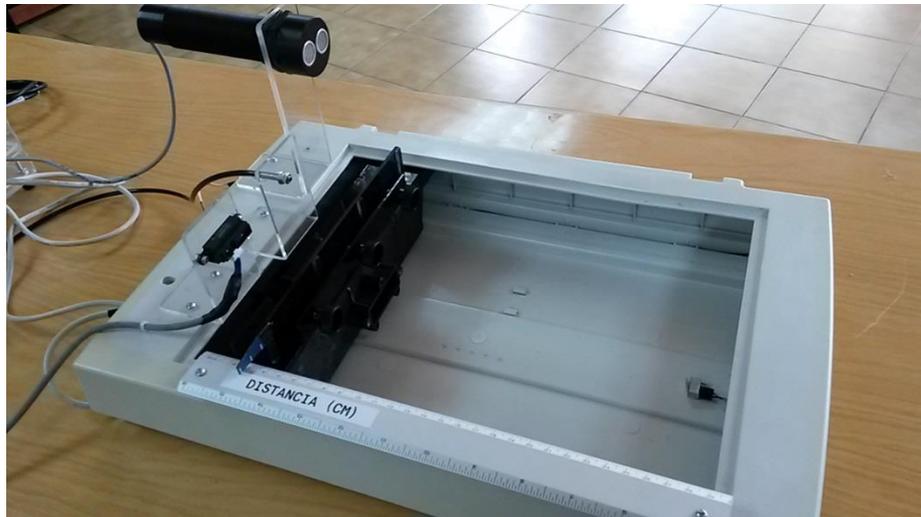


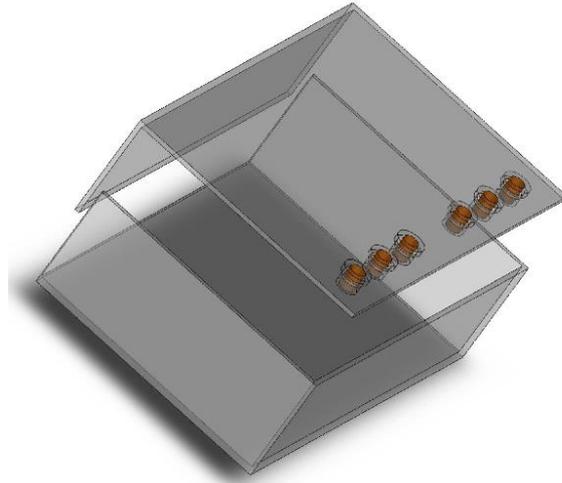
Imagen: José Bucheli & Lenin Velasquez

### **3.5. Construcción de la estructura para los circuitos de acondicionamiento y fuente de alimentación**

El diseño fue realizado en mica acrílica, (material muy versátil y maleable), funcionando como aislante, lo que es ideal para evitar corto circuitos.

Las especificaciones se muestran en las siguientes figuras.

*Figura 31.* Estructura en acrílico diseñado en SolidWorks



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

*Figura 32.* Estructura en acrílico diseño final



Imagen: José Bucheli & Lenin Velasquez

### **3.6. Acople de piezas en la estructura de acrílico**

La distribución de los componentes o elementos en la estructura de acrílico se realizó de acuerdo a la etapa de control, alimentación, acondicionamiento y adquisición de datos.

*Figura 33. Estructura final con circuitos de acondicionamiento y fuentes*

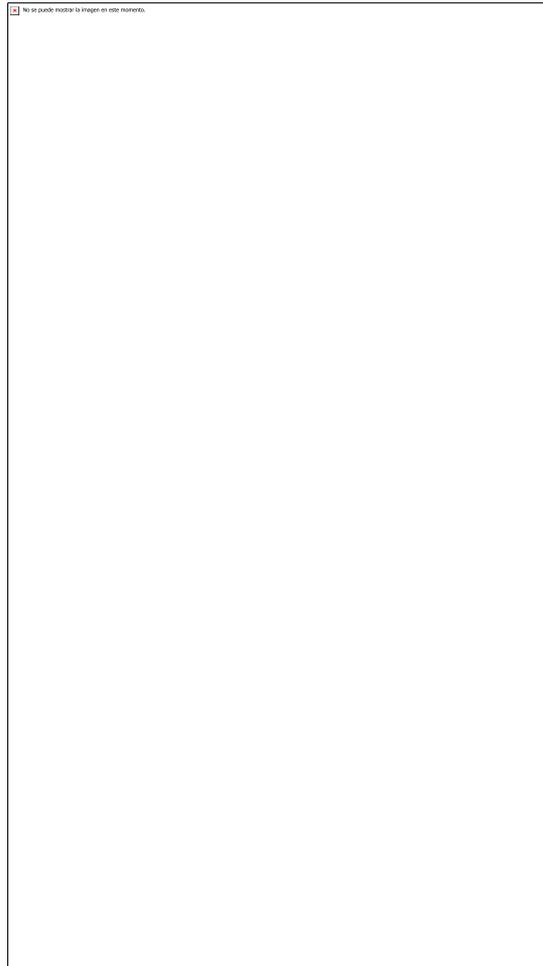


Imagen: José Bucheli & Lenin Velasquez

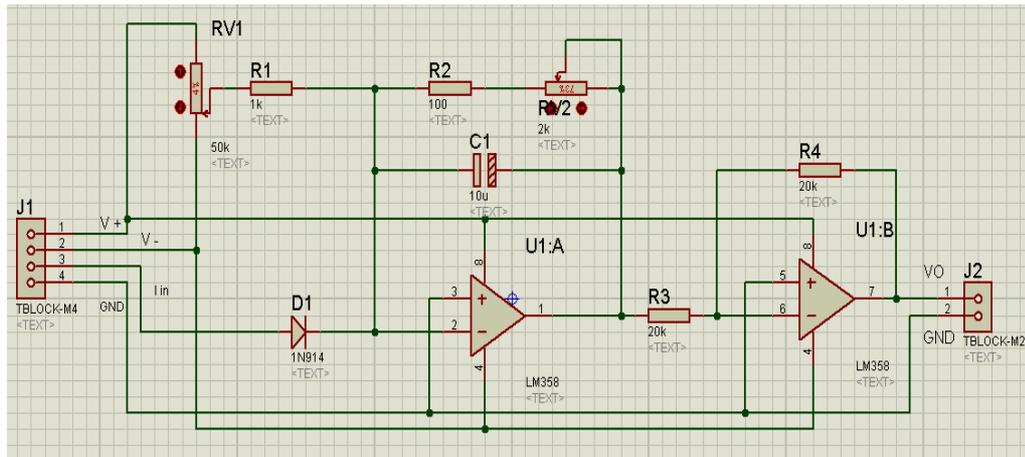
### **3.7. Diseño, cálculos y construcción de los circuitos de acondicionamiento**

A continuación se muestra los diagramas y circuitos del módulo HMI utilizados en el proyecto, así como los respectivos cálculos para realizar el correcto acondicionamiento de la señal de los sensores.

#### **3.7.1. Diseño del circuito conversor de 4-20[mA] a 0-5[V].**

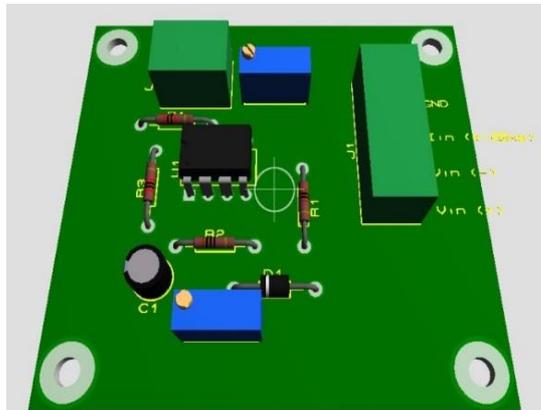
Se realizó el circuito electrónico con amplificadores operacionales, para esto se utilizó un amplificador sumador y un amplificador inversor teniendo como resultado una salida variable de 0 a 5 [V] ó 0 a 10 [V] según como se maneje el OFFSET y el SPAN, que son dos potenciómetros de precisión que ayudan en el cambio de rangos en la salida de voltaje. El esquema del circuito se muestra a continuación.

Figura 34. Diseño del convertor de 4-20[mA] a 0-5[V]



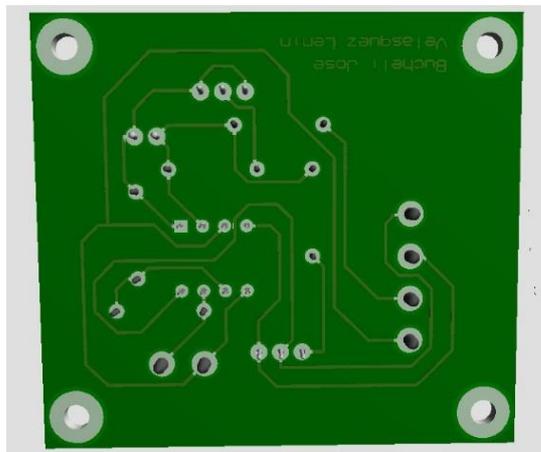
Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

Figura 35. Diseño del convertor en ARES, (vista superior)



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

Figura 36. Diseño del convertor en ARES, (vista posterior)



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

### 3.7.2. Formulas para el cálculo del circuito de acondicionamiento.

Se tienen dos etapas de amplificación, para la primera de estas es la de adición y por lo que se empezó utilizando la ecuación 1.

Ecuación 1 cálculo de  $V_o$

$$V_o = -I_T R_2 = \frac{V_1}{R_1} R_2 - \frac{V_2}{R_2} R_2$$

Sabiendo que  $R_1=1000\Omega$  y  $\frac{V_2}{R_2} = (4-20[\text{mA}])$ , mediante la ecuación 1 se obtiene el valor de voltaje de salida de la primera etapa en relación al valor de corriente que ingresa al circuito, como se indica continuación.

Tabla 2.

*Valores máximos y mínimos de salida  $V_o$*

| V1 | A     | R2  | V <sub>o</sub> |
|----|-------|-----|----------------|
| -4 | 0.004 | 625 | 0              |
| -4 | 0.006 | 625 | -1.25          |
| -4 | 0.008 | 625 | -2.5           |
| -4 | 0.01  | 625 | -3.75          |
| -4 | 0.012 | 625 | -5             |
| -4 | 0.014 | 625 | -6.25          |
| -4 | 0.016 | 625 | -7.5           |
| -4 | 0.018 | 625 | -8.75          |
| -4 | 0.02  | 625 | -10            |

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

Donde el valor V1 u offset es de -4[V] y la resistencia R2 o span es de 625 $\Omega$ , en el caso de 0-10[V] si se desea de 0-5[V] la resistencia será de 312.5 $\Omega$ .

La segunda etapa interviene los voltajes mediante un amplificador operacional inversor, que utiliza la siguiente ecuación 2.

Ecuación 2 fórmula del amplificador inversor

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1} = G$$

Si  $R_1=R_2$ , entonces la ganancia será:

$$V_o = -1(V_I)$$

Dando como resultado el voltaje invertido.

### 3.7.3. Diseño y construcción de placas de acondicionamiento.

Se diseñó los circuitos en baquelita de manera artesanal, siguiendo los siguientes pasos:

Paso 1. Diseño de las pistas en el software ARES.

Paso 2. Impresión de las pistas en papel térmico.

Paso 3. Limpieza de la superficie de cobre de la baquelita.

Paso 4. Se recorta tanto el papel y la baquelita y se coloca el papel encima del cobre.

Paso 5. Se termo transfiere las pistas hacia la placa de baquelita mediante calor, teniendo un terminado como el que se indica continuación.

*Figura 37. Diseño de placa y diagrama en baquelita*



Imagen: José Bucheli & Lenin Velasquez

Paso 6. Se procede a sumergir la placa de baquelita en percloruro férrico para eliminar el cobre y tallar las pistas, se limpia y se perfora.

Paso 7. Finalmente, colocar los elementos y soldarlos, como se muestra en la figura 38.

Figura 38. Perforación y montaje elementos en la placa de baquelita

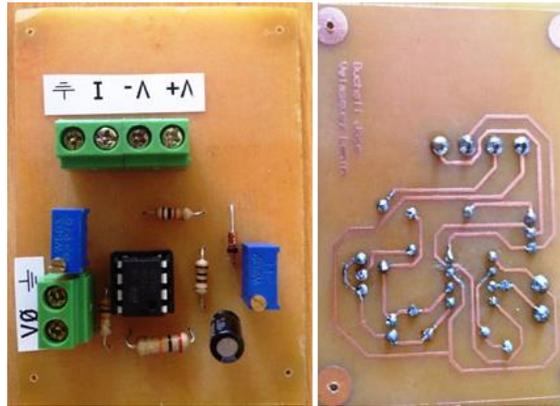
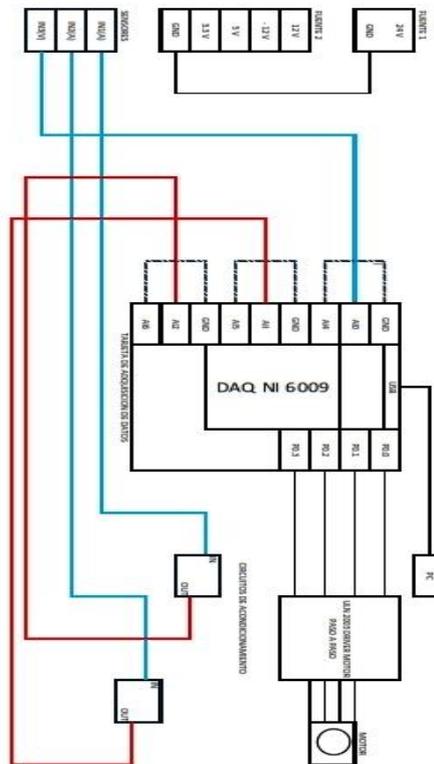


Imagen: José Bucheli & Lenin Velasquez

### 3.7.4. Esquema de conexiones del módulo.

En la información del fabricante se precisa el tener la misma referencia eléctrica (tierra o masa) tanto para la tarjeta de adquisición DAQ 6009, como para las fuentes y los circuitos de acondicionamiento, a continuación se muestra un esquema que detalla este tipo de conexión.

Figura 39. Diagrama de distribución y conexión del módulo



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

### 3.8. Materiales y herramientas

Para el diseño e implementación del módulo didáctico se usaron una gran variedad de materiales y herramientas que se encuentran detalladas en forma clara en las las tablas.

#### 3.8.1. Materiales.

Tabla 3.

*Lista de materiales*

| MATERIALES |                                |          |        |
|------------|--------------------------------|----------|--------|
| #          | NOMBRE                         | CANTIDAD |        |
| 1          | Plancha de mica acrílica       | 2        | Uni.   |
| 2          | Pernos                         | 6        | Uni.   |
| 3          | Tuercas                        | 6        | Uni.   |
| 4          | Pernos pequeños                | 10       | Uni.   |
| 5          | Tuercas pequeñas               | 10       | Uni.   |
| 6          | Silicona                       | 3        | Uni.   |
| 7          | Brujita                        | 1        | Uni.   |
| 8          | Escáner                        | 1        | Uni.   |
| 9          | Adaptado de poder ATX          | 1        | Uni.   |
| 10         | Circuitos de acondicionamiento | 3        | Uni.   |
| 11         | Driver motor paso a paso       | 1        | Uni.   |
| 12         | Cable                          | 4        | metros |
| 13         | Banana hembra                  | 10       | Uni.   |
| 14         | Borneras                       | 5        | Uni.   |
| 15         | Pomada para soldar             | 1        | Uni.   |
| 16         | Estaño                         | 1        | Uni.   |
| 17         | Motor paso a paso              | 1        | Uni.   |
| 18         | Tarjeta ni 6009                | 1        | Uni.   |
| 20         | Resistencias diferentes        | 20       | Uni.   |
| 21         | Potenciómetros de precisión    | 6        | Uni.   |
| 22         | Lm358n                         | 3        | Uni.   |
| 23         | Borneras de 2                  | 9        | Uni.   |
| 24         | Diodo rápido                   | 3        | Uni.   |
| 25         | Capacitores 10uf 25v           | 3        | Uni.   |
| 26         | Baquelita virgen               | 30x10    | cm.    |
| 27         | Percloruro ferrico             | 3        | Uni.   |

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

### 3.8.2. Herramientas.

Tabla 4.

*Lista de herramientas*

| HERRAMIENTAS |                       |          |
|--------------|-----------------------|----------|
| #            | NOMBRE                | CANTIDAD |
| 1            | Taladro dremel        | 1        |
| 2            | Estilete              | 1        |
| 3            | Cortadora             | 1        |
| 4            | Playo                 | 1        |
| 5            | Alicate               | 1        |
| 6            | Brocas                | 3        |
| 7            | Sierra                | 1        |
| 8            | Destornillador        | 2        |
| 9            | Cautín                | 2        |
| 10           | Multímetro            | 1        |
| 11           | Pistola de silicona   | 1        |
| 12           | Calibrador            | 1        |
| 13           | Pistola de calor 600w | 1        |

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

### 3.9. Conexión de los sensores al módulo DAQ USB-6009

A continuación se detalla la conexión entre la tarjeta de adquisición de datos DAQ 6009 y los sensores Sharp (infrarrojo), Festo (ultrasónico) y Festo (óptico).

*Figura 40. Pines de la tarjeta DAQ USB-6009*

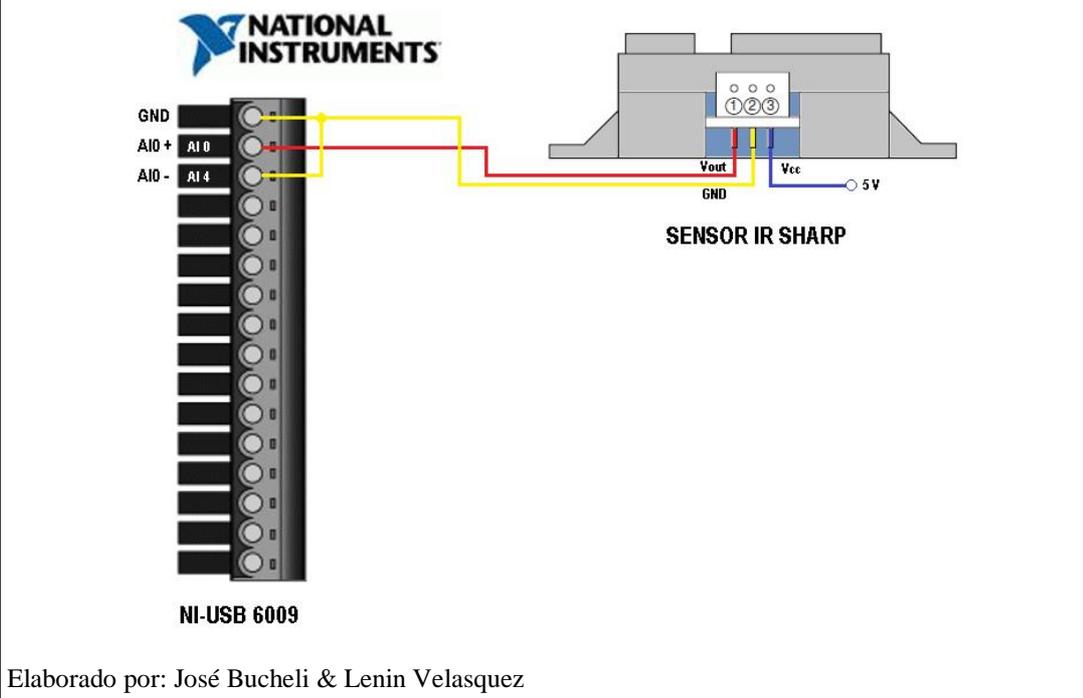
|     |    |    |        |
|-----|----|----|--------|
| GND | 1  | 17 | PO.0   |
| AI0 | 2  | 18 | PO.1   |
| AI4 | 3  | 19 | PO.2   |
| GND | 4  | 20 | PO.3   |
| AI1 | 5  | 21 | PO.4   |
| AI5 | 6  | 22 | PO.5   |
| GND | 7  | 23 | PO.6   |
| AI2 | 8  | 24 | PO.7   |
| AI6 | 9  | 25 | P1.0   |
| GND | 10 | 26 | P1.1   |
| AI3 | 11 | 27 | P1.2   |
| AI7 | 12 | 28 | P1.3   |
| GND | 13 | 29 | PFI0   |
| AO0 | 14 | 30 | +2.5 V |
| AO1 | 15 | 31 | +5 V   |
| GND | 16 | 32 | GND    |

Fuente: DAQ Assistant

### 3.9.1. Conexión con el sensor infrarrojo sharp.

Para la conexión del sensor infrarrojo no se usó un circuito de acondicionamiento, debido a que el sensor suministra una señal de voltaje, por lo tanto se realizó una conexión directa entre el sensor infrarrojo y la tarjeta DAQ 6009. En la tarjeta DAQ 6009 se conecta el terminal 1 (GND) con el terminal 3 (AI 0-) y la tierra del sensor, para mantener el mismo punto de referencia. El terminal 2 (AI 0+) de la tarjeta DAQ 6009 a la señal de salida del sensor infrarrojo (Vout).

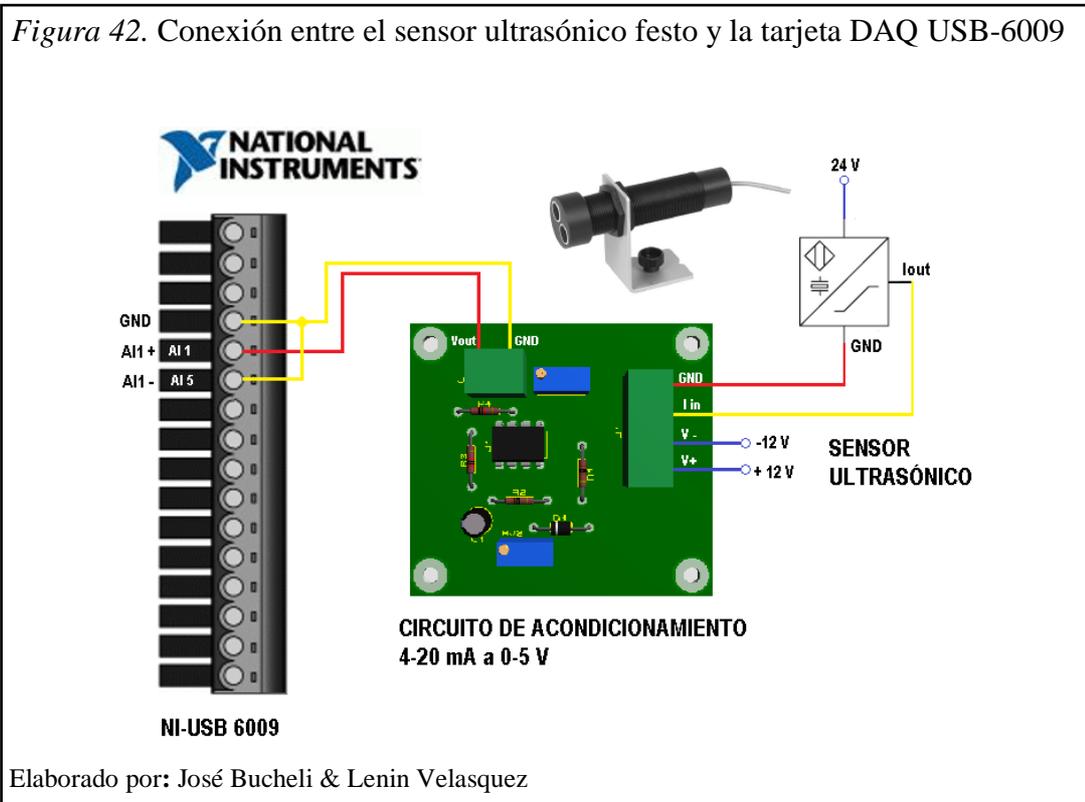
Figura 41. Conexión entre el sensor infrarrojo sharp y la tarjeta DAQ USB-6009



### 3.9.2. Conexión con el sensor ultrasónico festo.

Para la conexión del sensor ultrasónico se usó un circuito de acondicionamiento entre el sensor y la tarjeta DAQ 6009. La señal de salida del sensor (cable de color negro  $V_o$ ) debe conectarse a la entrada ( $I_{in}$ ) del circuito de acondicionamiento y la tierra del sensor (cable de color azul) a GND, la fuente de alimentación se conecta de acuerdo a las especificaciones técnicas del sensor (cable de color rojo). La tarjeta DAQ 6009 está conectada en modo de referencia a tierra entre el terminal 6 (AI 1-) y GND para que mantengan el mismo punto de referencia, la señal acondicionada (Vout) debe

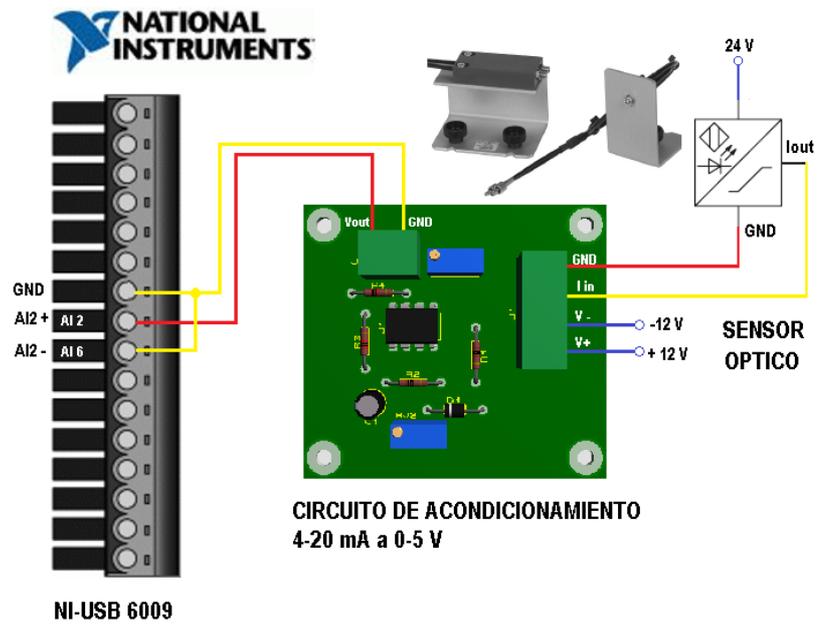
conectarse al terminal 5 (AI 1+) y la tierra del circuito de acondicionamiento (GND) al terminal 6 (AI 1-).



### 3.9.1. Conexión con el sensor óptico festo.

Para la conexión del sensor óptico se usó un circuito de acondicionamiento entre el sensor y la tarjeta DAQ 6009. La señal de salida del sensor (cable de color negro  $V_o$ ) debe conectarse a la entrada ( $I_{in}$ ) del circuito de acondicionamiento y la tierra del sensor (cable de color azul) a GND, la fuente de alimentación se conecta de acuerdo a las especificaciones técnicas del sensor (cable de color rojo). La tarjeta DAQ 6009 está conectada en modo de referencia a tierra, entre el terminal 9 (AI 2-) y GND para que mantengan el mismo punto de referencia, la señal acondicionada ( $V_{out}$ ) debe conectarse al terminal 8 (AI 1+) y la tierra del circuito de acondicionamiento (GND) al terminal 7 (AI 1-).

Figura 43. Conexión entre el sensor óptico festo y la tarjeta DAQ USB-6009



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

## CAPÍTULO 4

### DESARROLLO DEL ALGORITMO DE MONITOREO Y CONTROL

En este capítulo, se presentará la configuración y programación implementada en el software, con una clara explicación sobre los diferentes entornos de la programación desarrollada en LabVIEW, para la creación del interfaz Hombre-Máquina (HMI).

#### 4.1. LabVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) es una plataforma de desarrollo y entorno de programación visual creado por National Instruments. Posee un lenguaje de programación gráfico llamado “G”. LabVIEW es utilizado comúnmente para el control y monitoreo de una gran variedad de instrumentos, adquisición de datos y en la automatización industrial. Además LabVIEW incorpora una serie de librerías que permite al programador realizar una infinidad de algoritmos de programación ya sea de bajo, medio y alto nivel. (Halvorsen, 2013, pág. 1)

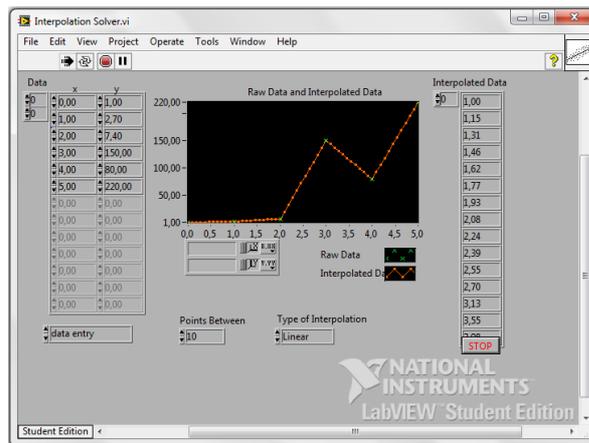
Este software fue desarrollado originalmente para el control de equipos de instrumentos eléctricos en sistemas de instrumentación, debido a esto toma su nombre instrumentación virtual o VI. Por esta razón los programas que se desarrollan en LabVIEW son guardados en ficheros con nombre y extensión “VI”.

Un VI poseen dos partes muy importantes como son:

- 1.- Panel frontal: Este consta de botones, alarmas, pantallas, indicadores, medidores, y la interfaz con el usuario.
- 2.-Diagrama de bloques: Este contiene la programación, circuitería interna y terminales de los objetos creados en el panel frontal.

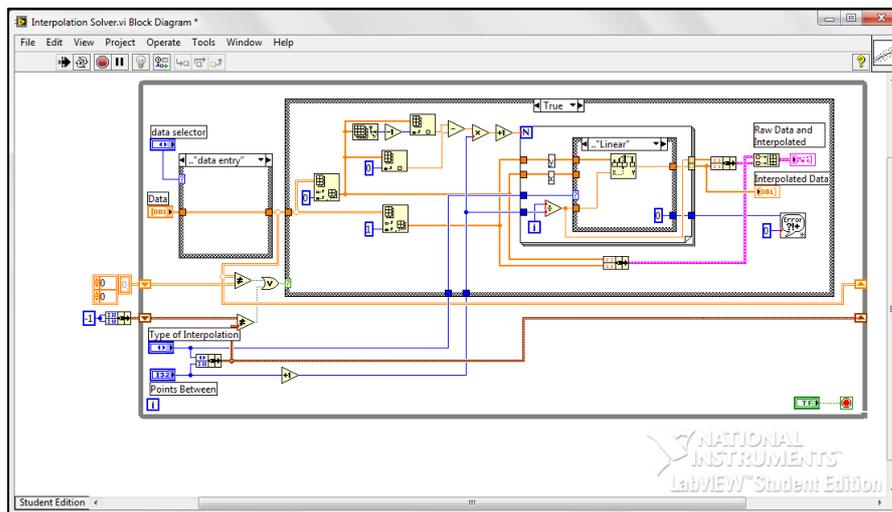
El Panel frontal se enlaza al Diagrama de bloques a través de terminales, que son puertos de entrada y salida que intercambian datos o información entre ambas pantallas. (Vizcaino & Sebastián, 2007, pág. 4)

Figura 44. Panel frontal



Fuente: National Instruments (LabVIEW 2012).

Figura 45. Diagrama de bloques



Fuente: National Instruments (LabVIEW 2012)

## 4.2. Adquisición de datos

El propósito de adquirir datos es medir una señal eléctrica o un fenómeno físico, sea corriente, voltaje, audio o presión. La adquisición de datos se encuentra en combinación tanto de hardware como software para recopilar información.

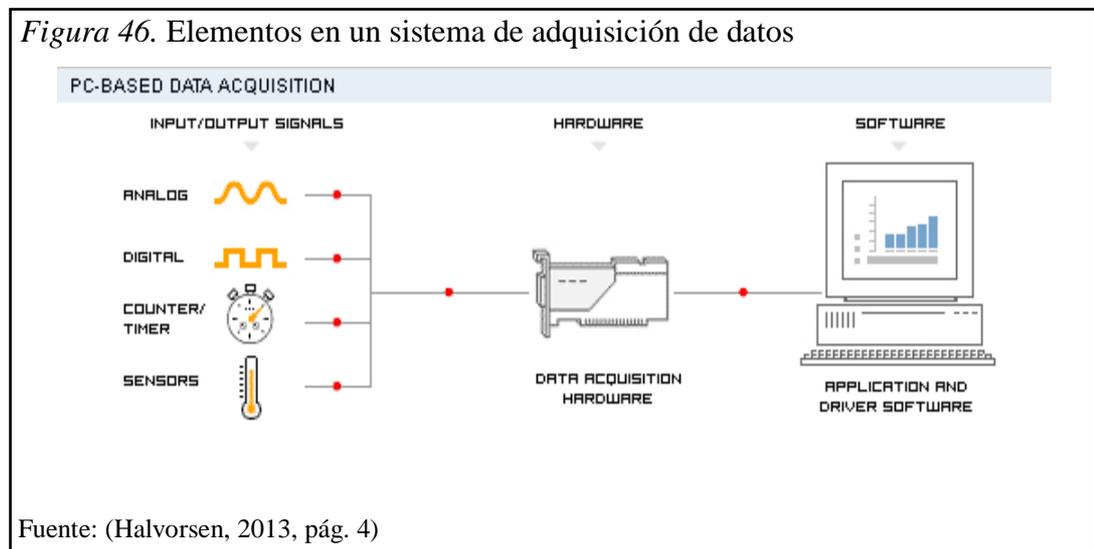
Al adquirir datos se pueden definir varias aplicaciones como digitalización, análisis y presentación de la información, la misma que puede ser utilizada para incorporar a sistemas de control, sensores, actuadores, aplicaciones de software, etc.

Un sistema de adquisición de datos está conformado por los siguientes elementos:

1.- Señales de entrada/salida: una señal de entrada o salida física es normalmente de tensión o corriente. La señal de tensión suele ser 0-5v, 0-10v y la señal de corriente entre 4-20mA, 0-20mA.

2.- Hardware: la tarjeta de adquisición de datos es la interfaz de comunicación entre el software y el mundo exterior, también digitaliza las señales analógicas recopiladas para que puedan ser interpretadas por el ordenador.

3.- Software: visualizar, analizar, monitorear los datos adquiridos, desarrollar algoritmos de control y la comunicación directa con el hardware. (Halvorsen, 2013, págs. 4-6)



### 4.3. NI Measurement & Automation Explorer (MAX)

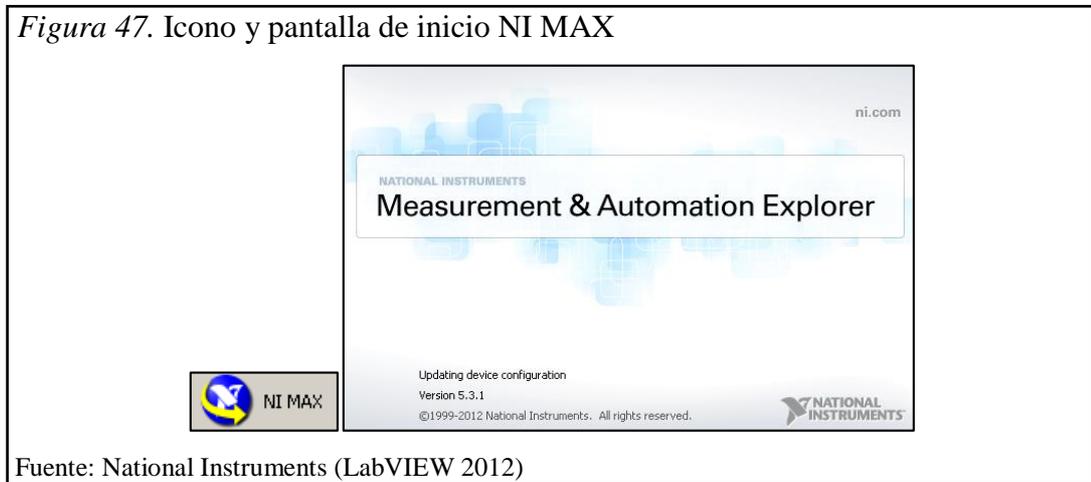
Measurement & Automation Explorer es una herramienta estándar de MAX, la misma que proporciona acceso a los dispositivos y sistemas de National Instruments, como: CAN, DAQ, FieldPoint, GPIB, IMAQ, IVI, Modular Instruments, VISA, etc...

Características MAX:

- Configurar hardware como software.
- Generar copias de seguridad o reproducir datos de configuración.
- Crear y modificar canales, tareas, interfaces de los instrumentos virtuales.
- Ejecutar diagnósticos del sistema.

- Visualizar dispositivos e instrumentos vinculados al sistema.
- Actualizar el software de National Instrumentes.

Figura 47. Icono y pantalla de inicio NI MAX

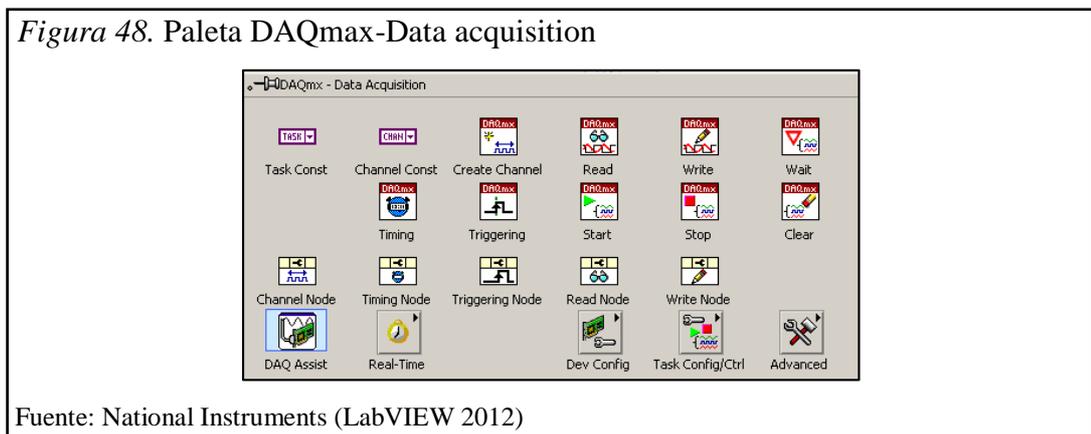


Fuente: National Instruments (LabVIEW 2012)

#### 4.4. NI-DAQmax

El NI-DAQmax es la capa de comunicación intermedia entre el software y el hardware, una interfaz que permite la programación de entradas y salidas análogas como digitales, contadores y diferentes tipos de mediciones incluidas en varios dispositivos o instrumentos DAQ multifunción. (Halvorsen, 2013, págs. 7,8)

Figura 48. Paleta DAQmax-Data acquisition



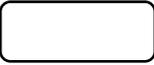
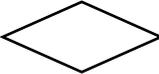
Fuente: National Instruments (LabVIEW 2012)

#### 4.5. Diseño y desarrollo del programa en LabVIEW

Para presentar los algoritmos de control y monitoreo se utiliza diagramas de flujo, que ayudarán a explicar gráficamente el proceso detallado de cada subrutina para tener un correcto funcionamiento del Módulo, para entender con mayor claridad los diagramas de flujo se considera el uso de la simbología descrita en la siguiente tabla:

Tabla 5.

*Simbología para diagramas de flujo*

| SÍMBOLO   | FUNCIÓN                |
|---|------------------------|
|    | Proceso                |
|    | Inicio / Fin           |
|    | Proceso Alternativo    |
|    | Decisión               |
|    | Datos (I/O)            |
|   | Subrutina              |
|  | Almacenamiento interno |
|  | Datos almacenados      |
|  | Y<br>O                 |

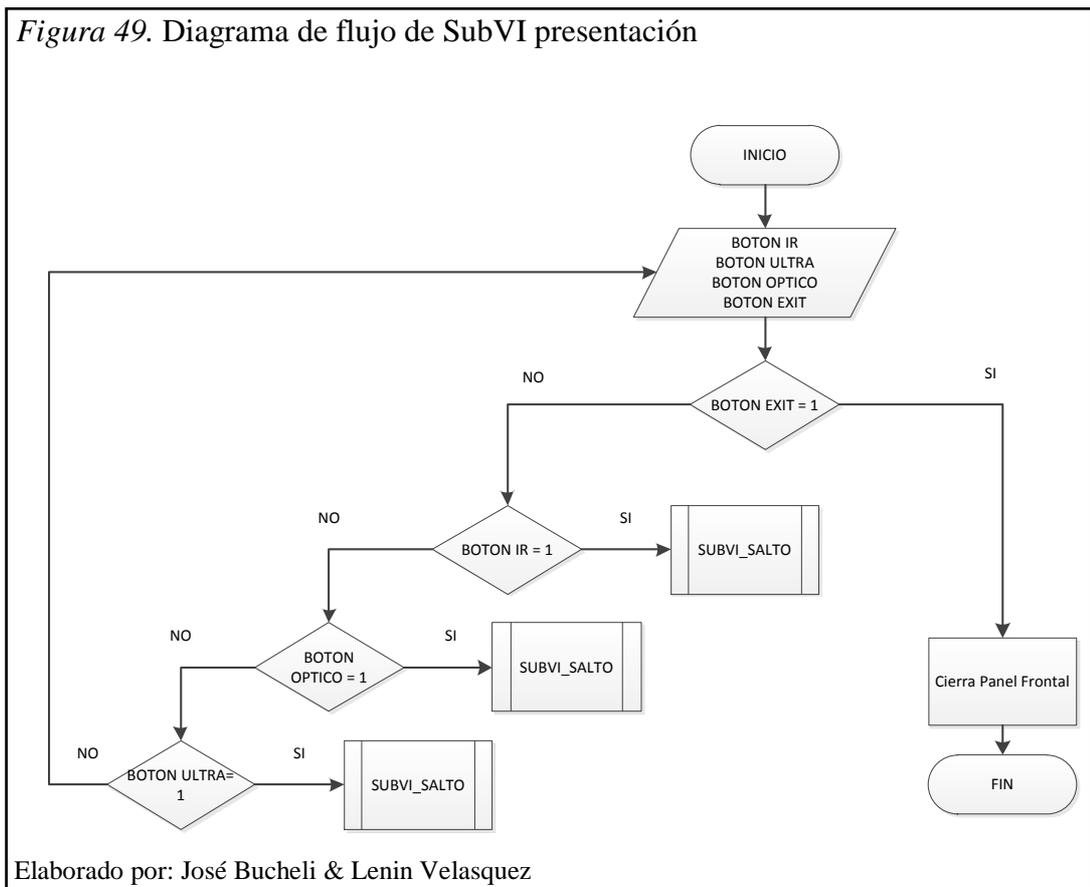
Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

Para el algoritmo de control y monitoreo se implementaron varios subVIs en LabView, como son:

- SubVI presentación
- SubVI salto de ventana
- SubVI motor stepper.
- SubVI sensor infrarrojo
- SubVI sensor óptico
- SubVI sensor ultrasónico

## 5.1. SubVI presentación

A continuación se muestra el proceso que realiza la subrutina SubVI presentación, este SubVI posee botones de acceso a las diferentes subrutinas de cada sensor que forman parte del módulo didáctico como son: infrarrojo, óptico y ultrasónico, de igual forma posee un botón de salida, el cual detiene y cierra totalmente el proceso de la SubVI o subrutina.

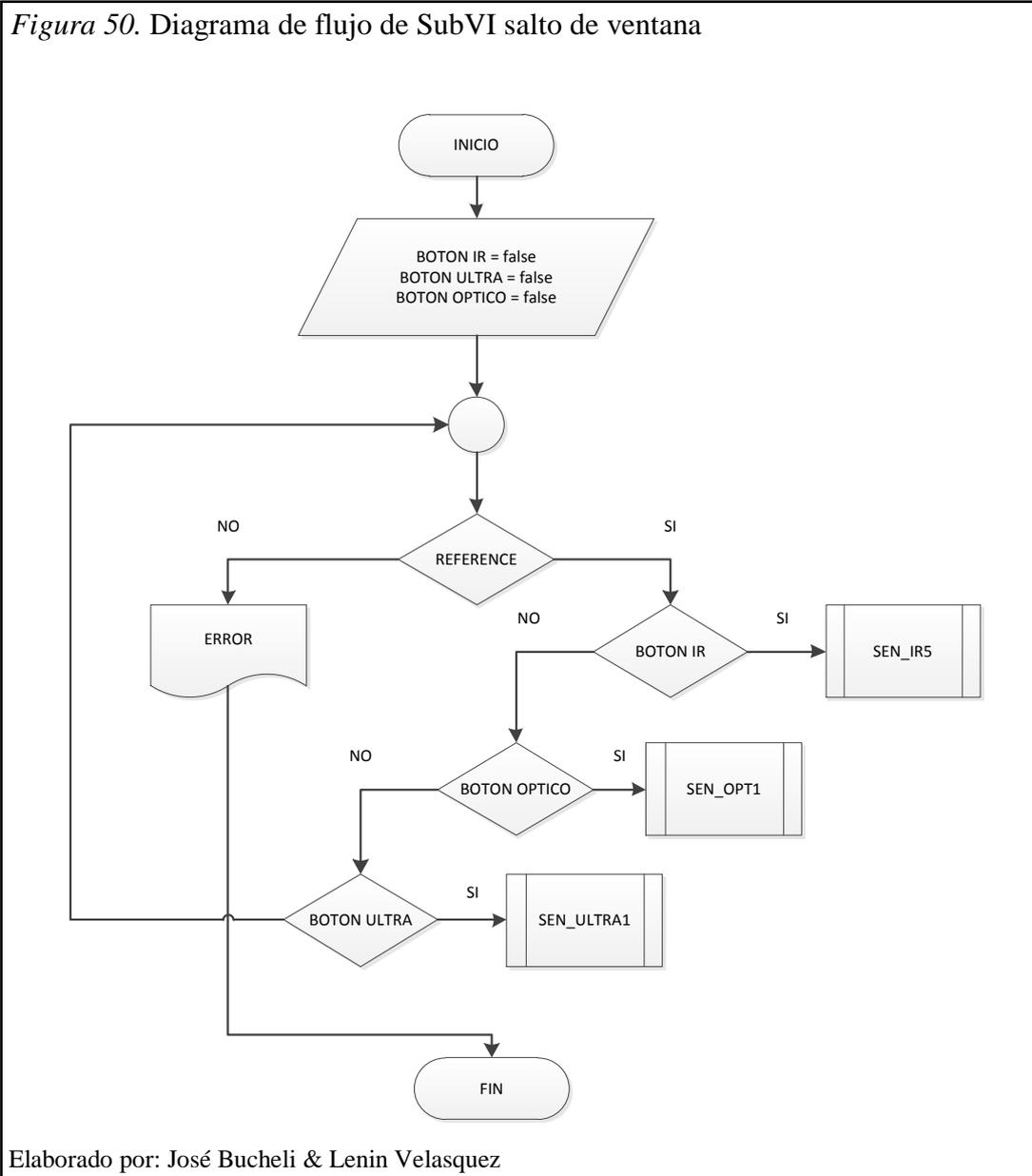


## 5.2. SubVI salto de ventana

A continuación se muestra el proceso que realiza la subrutina SubVI Salto de ventana en el diagrama de flujo, este SubVI abre o despliega directamente el panel de control de cada subrutina de acuerdo al botón seleccionado.

Esta subrutina está conformada por varias funciones de la paleta de Application Control de LabVIEW, las cuales permiten llamar VIs referidos o enlazados con la

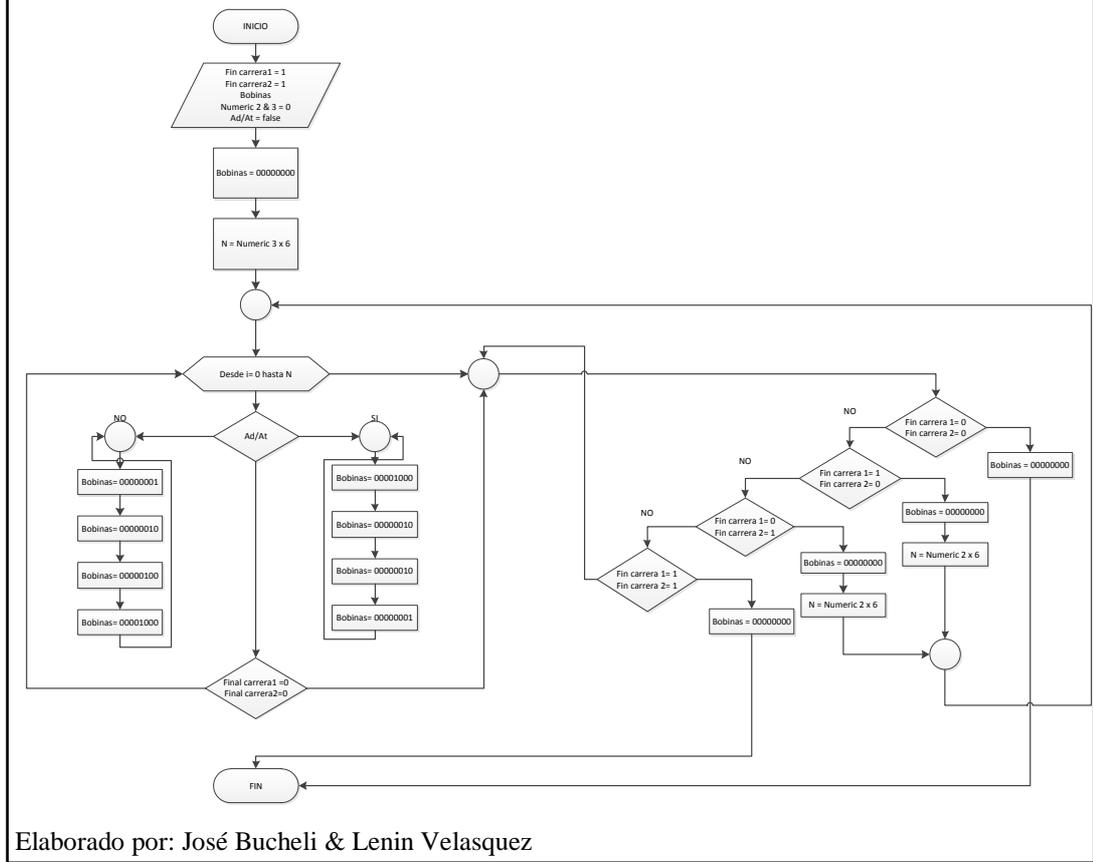
función invoke node del programa y de igual forma configurar el uso de múltiples VIs al mismo tiempo.



### 5.3. SubVI motor stepper

A continuación se muestra el proceso que realiza la subrutina SubVI motor stepper en el diagrama de flujo, este SubVI controla el proceso de posicionamiento angular a lineal, y efectuar un control de seguridad cuando se encuentra en desplazamiento, tanto la distancia mínima como la máxima.

Figura 51. Diagrama de flujo SubVI motor stepper



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

- 1.- Las variables utilizadas por el algoritmo son puestas en marcha de acuerdo a las condiciones iniciales de funcionamiento hasta que se ejecute la siguiente instrucción.
- 2.- Se envía una trama de 8 bits para todo el puerto digital P0.0-P0.7= 00000000.
- 3.- Se ingresa el valor de desplazamiento en mm en la variable Numeric 3 y se selecciona el sentido de desplazamiento a realizar.
- 4.- Como condición de seguridad, si el valor de desplazamiento excede del rango de trabajo y se acciona el final de carrera de INICIO o FIN, el sistema cambia el sentido de desplazamiento y lo posiciona en el valor ingresado en la variable Numeric 2.

## 5.4. SubVI sensor infrarrojo

A continuación se muestra el proceso que realiza la subrutina SubVI sensor infrarrojo en el diagrama de flujo, este SubVI controla el posicionamiento del obstáculo, y la adquisición de datos en un rango asignado por el usuario.

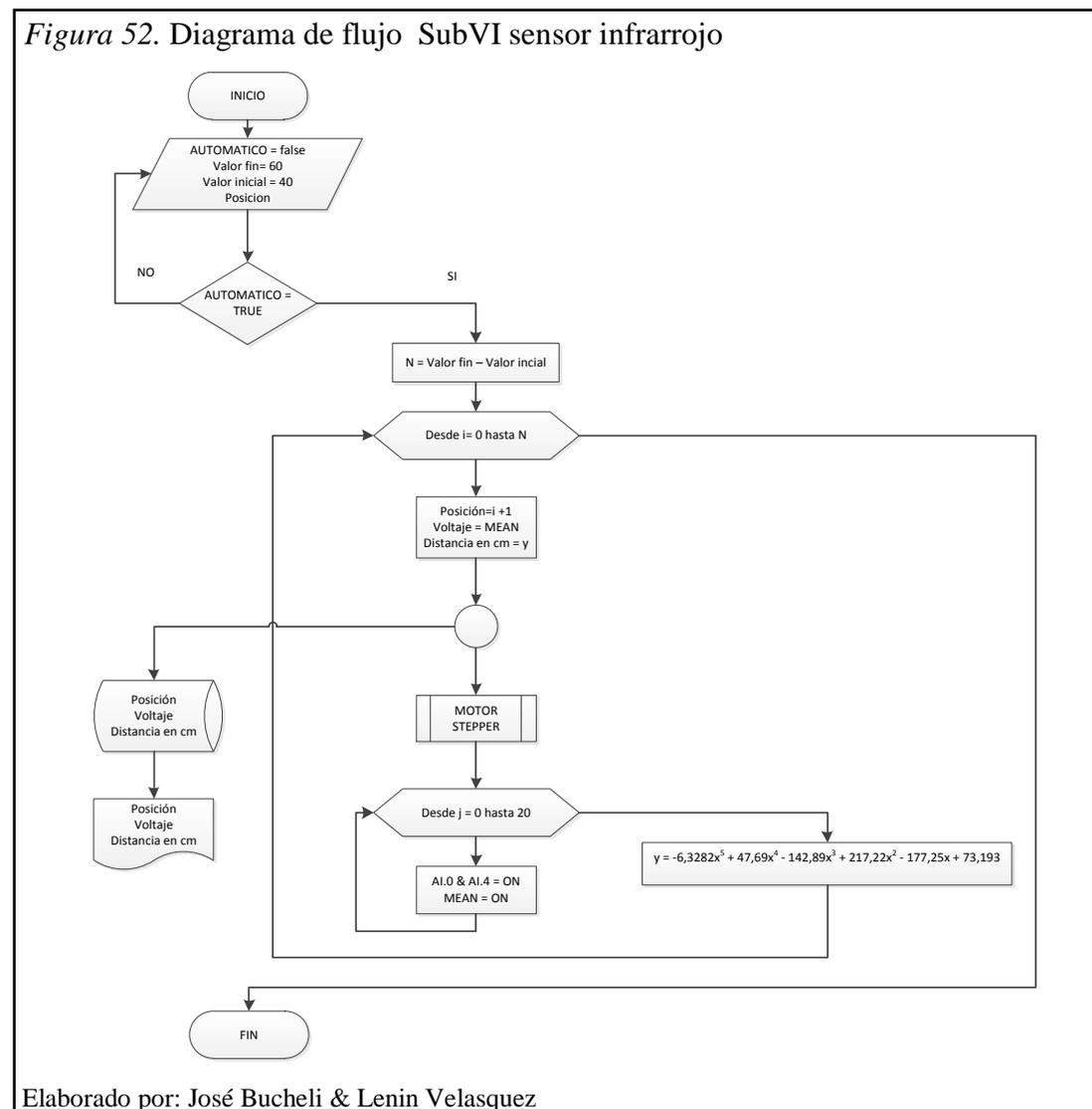
Tabla 6.

*Rango de trabajo sensor infrarrojo*

| RANGO DE TRABAJO |        |
|------------------|--------|
| Mínimo           | 40 mm  |
| Máximo           | 255 mm |

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

*Figura 52. Diagrama de flujo SubVI sensor infrarrojo*



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

- 1.- Las variables utilizadas por el algoritmo son puestas en marcha de acuerdo a las condiciones iniciales de funcionamiento ingresando el valor inicial y final de desplazamiento, hasta que se ejecute la siguiente instrucción.
- 2.- Cuando la variable AUTOMATICO = 1, realiza la diferencia de los valores ingresados, para conocer la distancia de desplazamiento y adquirir datos cada 1mm.
- 4.- Al iniciar la secuencia del ítem 3, ingresa en un lazo que se encarga de adquirir 20 valores de voltaje medidos por sensor infrarrojo los mismos que ingresan en secuencia al bloque de función MEAN que entrega un valor promedio de los valores de voltaje recopilados.
- 5.- Al tener el valor promedio de los datos adquiridos, este valor se ingresa a la ecuación obtenida de la curva característica para conseguir el valor de distancia en función a la ecuación del sensor infrarrojo.
- 6.- El almacenamiento de las variables posición, voltaje y distancia en cm se realiza cada vez que el obstáculo se desplaza 1mm y al terminar el rango asignado por el usuario los datos son almacenados en una hoja de Excel.

### 5.5. SubVI sensor óptico

A continuación se muestra el proceso que realiza la subrutina SubVI sensor óptico en el diagrama de flujo, este SubVI controla el posicionamiento del obstáculo y la adquisición de datos en un rango asignado por el usuario. Además genera un archivo con cada dato adquirido por la tarjeta DAQ 6009.

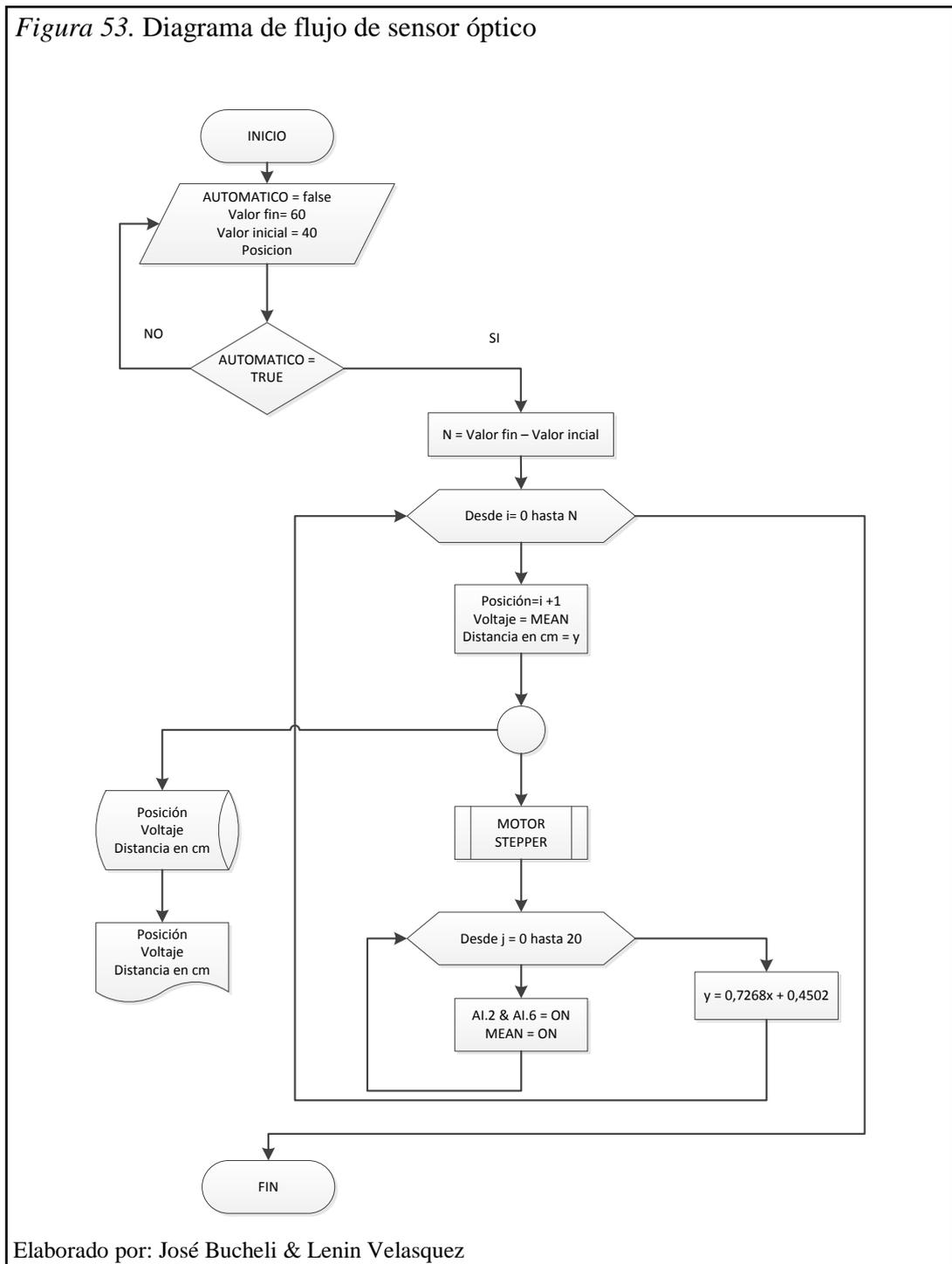
Tabla 7.

*Rango de trabajo sensor óptico*

| RANGO DE TRABAJO |       |
|------------------|-------|
| Mínimo           | 11 mm |
| Máximo           | 45 mm |

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

Figura 53. Diagrama de flujo de sensor óptico



- 1.- Se inicializa las variables utilizadas en el algoritmo y son puestas en marcha de acuerdo a las condiciones iniciales de funcionamiento
- 2.- Se debe ingresar el valor inicial y final de desplazamiento hasta que se ejecute la siguiente instrucción.
- 3.- Se realiza la adquisición de datos cada 1 mm con la variable AUTOMATICO.

4.- Cada 20 datos adquiridos se realiza un promedio.

5.- Al tener el valor promedio se ingresa a la ecuación para obtener el valor de distancia.

6.- Al terminar el proceso de adquisición de datos, el software indicará una ruta de almacenamiento para el archivo de adquisición.

### **5.6. SubVI sensor ultrasónico**

A continuación se muestra el proceso que realiza la subrutina SubVI sensor ultrasónico en el diagrama de flujo, este SubVI controla el posicionamiento del obstáculo y la adquisición de datos en un rango asignado por el usuario.

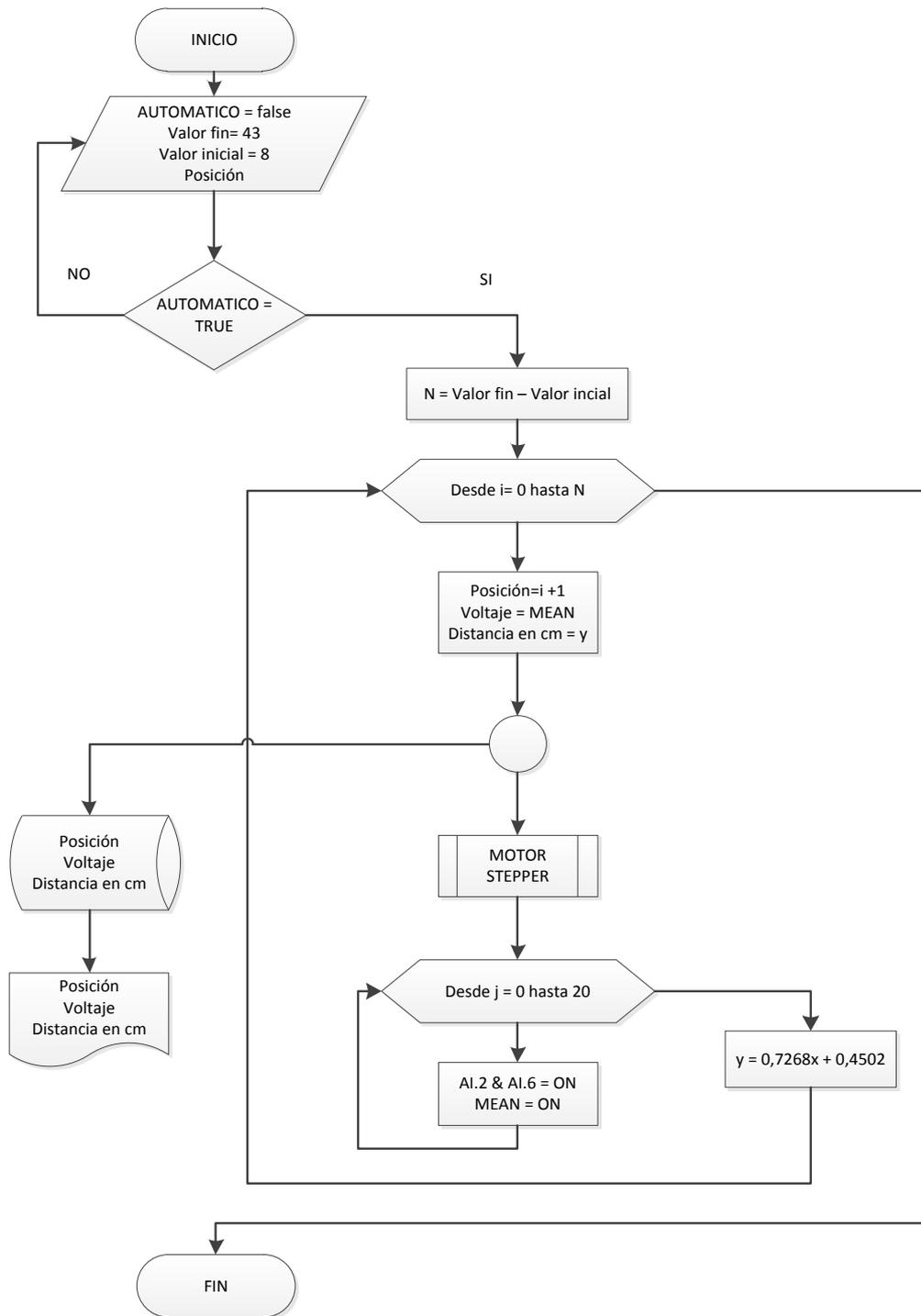
Tabla 8

*Rango de trabajo sensor ultrasónico*

| RANGO DE TRABAJO |        |
|------------------|--------|
| Mínimo           | 146 mm |
| Máximo           | 255 mm |

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

Figura 54. Diagrama de flujo SubVI sensor infrarrojo



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

## CAPÍTULO 5

### ANÁLISIS DE DATOS

En este capítulo se presenta los datos referentes a la adquisición de datos en la tarjeta DAQ 6009 tanto en voltaje como en medidas, para determinar el margen de error y el comportamiento frente a diferentes materiales.

#### 5.1. Descripción de materiales para censar

Se colocó una letra para diferenciar los diferentes materiales comenzando en la A hasta la letra G a continuación una breve descripción.

Tabla 9.

*Diferentes materiales*

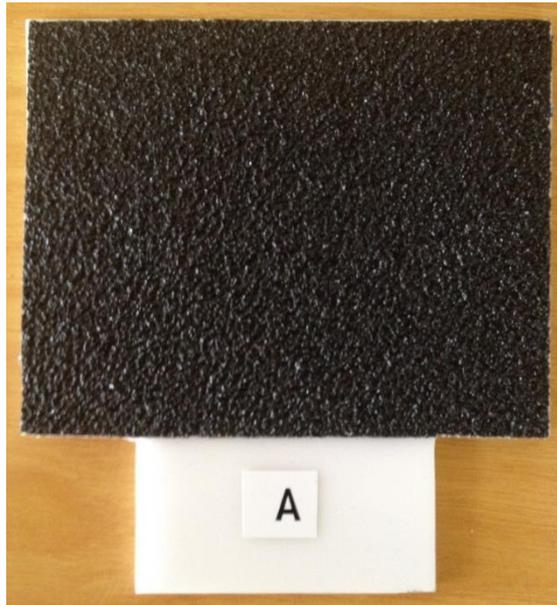
| MATERIAL                | ASIGNACIÓN |
|-------------------------|------------|
| Superficie muy aspera   | A          |
| Superficie aspera       | B          |
| Superficie transparente | C          |
| Tela                    | D          |
| Aluminio                | E          |
| Plastico color negro    | F          |
| Carton                  | G          |

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

Para describir mejor los materiales se va a dar a conocer un poco de cada uno de ellos:

A: superficie muy áspera, este material es grumoso de color negro con partes brillantes, fue utilizada una lija de metal en tela # 36, como se muestra a continuación.

*Figura 55. Material para pruebas (A)*



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

B: Superficie áspera, este material es un poco áspero color gris con partes brillantes, fue utilizada una lija de agua # 400.

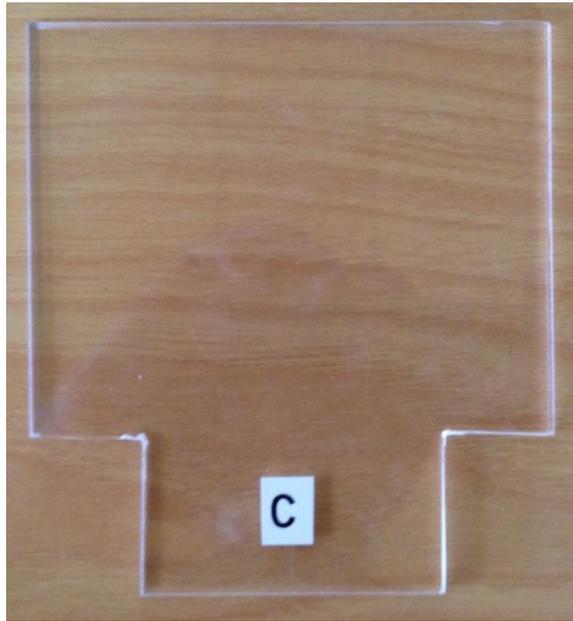
*Figura 56. Material para pruebas (B)*



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

C: Superficie transparente, este material es mica acrílica transparente muy similar a vidrio.

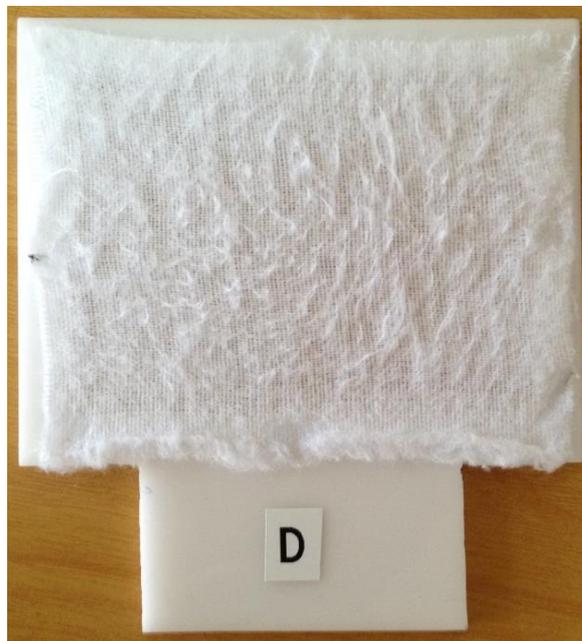
*Figura 57. Material para pruebas (C)*



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

D: Tela, este material es de algodón 90% y poliéster 10%, colocado en un marco de acrílico.

*Figura 58. Material para pruebas (D)*



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

E: Aluminio, material tipo papel semimetálico generalmente doméstico, usado para recubrir el acrílico.

*Figura 59. Material para pruebas (E)*



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

F: Plástico color negro, material semi brillante, recubriendo la paleta de acrílico.

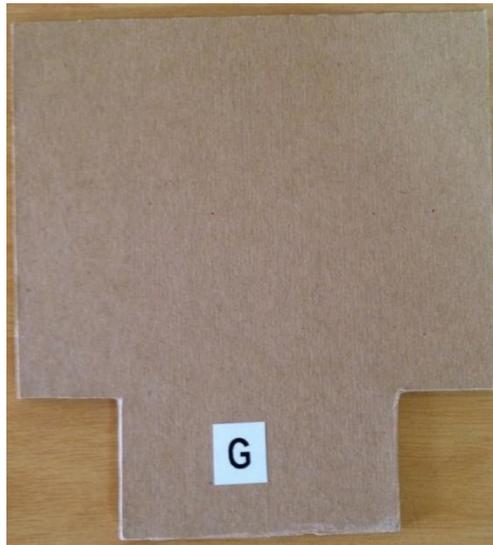
*Figura 60. Material para pruebas (F)*



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

G: Cartón, material a base de papel reciclado formando un elemento sin capas (cartón prensado).

Figura 61. Material para pruebas (G)



Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

## 5.2. Análisis de los materiales frente a los sensores

Se analizó cada material con cada uno de los sensores determinando con cual se puede obtener datos con mejor resultado, obteniendo una tabla para cada sensor y determinando así un claro funcionamiento de los mismos frente a los materiales.

Tabla 10.

*Análisis de pruebas con el sensor óptico y los materiales*

| VALORES CON EL SENSOR ÓPTICO |                  |        |        |        |        |        |        |  |
|------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| Distancia real               | Distancia medida |        |        |        |        |        |        |  |
| (cm)                         | cm (A)           | cm (B) | cm (C) | cm (D) | cm (E) | cm (F) | cm (G) |  |
| 0.2                          | 1.67             | 0.85   | 0.86   | FR     | FR     | 0.88   | FR     |  |
| 0.4                          | 2                | 1.35   | 1.81   | FR     | FR     | 1.5    | FR     |  |
| 0.6                          | 2.56             | 1.86   | 2.25   | 0.88   | FR     | 2      | FR     |  |
| 0.8                          | 3.16             | 2.73   | 2.86   | 1.2    | 0.85   | 2.8    | FR     |  |
| 1                            | 3.5              | 3.4    | 3.16   | 1.35   | 0.95   | 3.5    | 0.8    |  |
| 1.2                          | 4.5              | 4.43   | 4.4    | 1.6    | 1.1    | 4.5    | 1      |  |
| 1.5                          | FR               | FR     | FR     | 2      | 1.3    | FR     | 1.2    |  |
| 2                            |                  |        |        | 2.4    | 1.54   |        | 1.8    |  |
| 2.5                          |                  |        |        | 2.7    | 1.95   |        | 2.2    |  |
| 3                            |                  |        |        | 3.5    | 2.32   |        | 3.7    |  |
| 3.5                          |                  |        |        | 4.3    | 2.86   |        | 4      |  |
| 4                            |                  |        |        | 4.6    | 3.4    |        | 4.6    |  |
| 4.5                          |                  |        |        | FR     | 3.7    |        | FR     |  |
| 5                            |                  |        |        |        | 4.2    |        |        |  |
| 5.5                          |                  |        |        |        | 4.6    |        |        |  |

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

### Análisis por material:

A: esta superficie refleja la luz del sensor en varias direcciones y es un material negro que absorbe la luz, esto hace que se pierda datos y no es posible tener un dato real.

B: se comporta de igual forma que el material A, pero a diferencia que la pérdida de datos es aparentemente un poco menor y no es posible tener un valor real.

C: al ser un material transparente brillante se pierde datos reales similar a los ásperos negros, pero en este caso la luz atraviesa el cuerpo y parte de los datos se pierden, por tanto no se puede tener valores reales.

D: al ser un material donde la luz pasa a través de este por ser la unión de hilos o fibras no es óptima para obtener datos en este caso no es posible tener valores reales de medición.

E: al ser un material reflejante se pierde profundidad y envía los datos más luz adicional haciendo que el valor de medición sea mayor, no se recomienda usar este ya que no se obtiene valores reales.

F: al ser un material a base de petróleo como el plástico y mayormente color negro, este absorbe la luz de tal manera que no tenemos valores reales de medición.

G: al ser un derivado del papel este material prácticamente es ideal para la mayoría de pruebas, es consistente, liso, no absorbe la luz y se obtuvo valores reales de medición en base a la curva característica del sensor.

Esto demuestra que en el sensor óptico FESTO tiene mejor resultado con el material G: cartón, obteniendo los mejores resultados a diferencia de los otros. Tomando en cuenta que cada material tiene su curva y ecuación, es decir se podría medir cada material haciendo los cálculos correspondientes. A continuación sensor Infrarrojo.

Tabla 11.

*Análisis de pruebas con el sensor infrarrojo y los materiales*

| VALORES CON EL SENSOR INFRARROJO |                  |        |        |        |        |        |        |
|----------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Distancia real                   | Distancia medida |        |        |        |        |        |        |
| (cm)                             | cm (A)           | cm (B) | cm (C) | cm (D) | cm (E) | cm (F) | cm (G) |
| 4                                | 2.07             | 2.2    | 8.55   | 2.11   | 4.9    | 3.77   | 2.11   |
| 6                                | 6.12             | 6.1    | 11.36  | 6.08   | 7      | 6.7    | 6.12   |
| 8                                | 8.2              | 8.3    | 15     | 8.2    | 9.1    | 8.6    | 8.2    |
| 10                               | 10.14            | 10.3   | 20.8   | 10.3   | 11.05  | 10.7   | 10.2   |
| 12                               | 12.1             | 12.24  | 24.7   | 12.2   | 13.6   | 12.8   | 12.2   |
| 14                               | 14.27            | 14.2   | 28.47  | 14.2   | 15.4   | 14.8   | 14.2   |
| 16                               | 16.2             | 16.2   | 34.5   | 16.1   | 17.9   | 17.3   | 16.3   |
| 18                               | 18.7             | 18.6   | 34.7   | 18.5   | 19.5   | 19.5   | 18.7   |
| 20                               | 20.8             | 20.8   | FR     | 20.6   | 22.5   | 21.5   | 21     |
| 22                               | 23               | 22.9   |        | 23     | 24.7   | 24     | 23     |
| 24                               | 25               | 24.8   |        | 25     | 26     | 25     | 25     |
| 26                               | 26.9             | 26.89  |        | 27     | 27.9   | 27.32  | 27     |

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

**Análisis por material:**

A: se obtuvo datos reales de medición por ser un material sólido color negro es óptimo para censar.

B: se obtuvo datos reales de medición por ser un material sólido color gris es óptimo para censar.

C: no es posible censar este material, al ser transparente los datos son incorrectos.

D: se obtuvo datos reales de medición, indicando que la tela es un material óptimo para censar.

E: al ser un material reflejante se pierde profundidad y envía los datos, más luz adicional haciendo que el valor de medición sea mayor, no se recomienda usar este debido a que no se tiene valores reales.

F: se pierde profundidad por ser un material negro semi brillante por ende no es posible obtener valores correctos.

G: se obtuvo datos reales de medición por lo que es un material óptimo para censar.

Esto demuestra que en sensor infrarrojo Sharp se está utilizando tiene óptimos resultados con A, B, D y G. A continuación el análisis de pruebas con el sensor ultrasónico FESTO.

Tabla 12

*Análisis de pruebas con el sensor ultrasónico y los materiales*

| VALORES CON EL SENSOR ULTRASONICO |                  |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Distancia real                    | Distancia medida |        |        |        |        |        |        |
| valor cm                          | cm (A)           | cm (B) | cm (C) | cm (D) | cm (E) | cm (F) | cm (G) |
| 10                                | FR               | FR     | FR     | 12.7   | 10.8   | FR     | 10.6   |
| 13                                | 14.5             | 14.5   | 14.5   | 15     | 14.5   | 14.5   | 14.5   |
| 14                                | 14               | 14.2   | 14.1   | 19     | 14.5   | 14     | 14.5   |
| 16                                | 16.2             | 16.28  | 16.28  | 20     | 16.28  | 16.29  | 16.28  |
| 18                                | 16.5             | 16.8   | 16.5   | 18     | 16.5   | 16.5   | 18.64  |
| 20                                | 20.6             | 21.5   | 21.5   | 21.3   | 21.4   | 21     | 21.6   |
| 22                                | 22.08            | 22.08  | 22.09  | 23.61  | 22     | 21.3   | 22     |
| 24                                | 23.28            | 23.31  | 23.3   | 23.61  | 23.3   | 23.3   | 23.3   |

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

Análisis por material:

A: se obtuvo datos reales de medición por ser un material tangible y sólido, es óptimo para censar.

B: se obtuvo datos reales de medición por ser un material sólido donde el sonido rebota, es óptimo para censar.

C: se obtuvo datos reales de medición, sin importar que este sea transparente por lo tanto permite que el sonido rebote, es óptimo para censar.

D: se tiene datos irregulares no es posible censar debido a que el sonido atraviesa la tela.

E: se obtuvo datos reales de medición, el aluminio es un material sólido, es óptimo para censar.

F: se obtuvo datos reales de medición, el plástico es un material sólido, es óptimo para censar.

G: se obtuvo datos reales de medición, el cartón es un material sólido, es óptimo para censar.

Llegando al análisis de datos se pudo observar que los materiales como la tela, al no ser sólidos el sonido atraviesa por las fibras, a diferencia de los materiales sólidos que tienen valores reales de medición.

### 5.3. Cálculo de error en los sensores

Ecuación 3 cálculo de error porcentual

$$\frac{(x) * 100\%}{y} = error$$

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

Se analizó de manera general cada sensor por cada uno de los elementos y se consideró el error únicamente con los que se podían censar usando el promedio de los materiales y sacando el margen de error en base al 100% como se detalla en la ecuación 3:

Para conseguir el error se debe obtener un valor promedio de los valores medido en los distintos materiales, que en este caso será la variable (x) y el valor a comparar siendo la variable (y).

Para esto se realizó las siguientes tablas comparativas empezando con la tabla 13, que es del sensor óptico FESTO, donde se tiene que el material E fue el único que tenía valores óptimos en el censado.

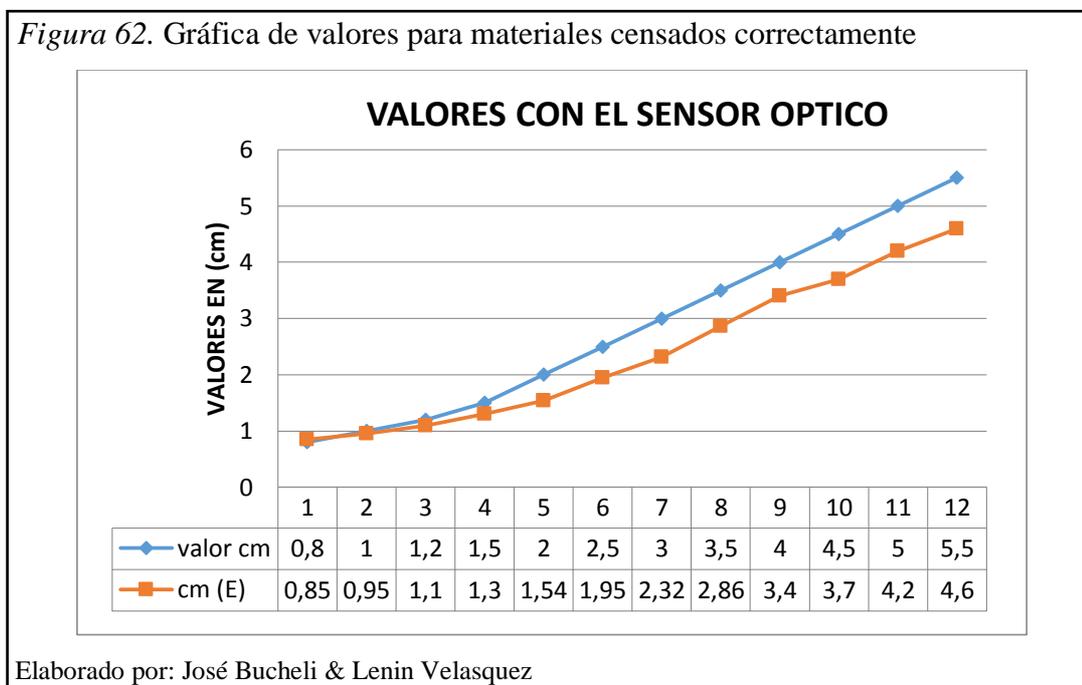
Tabla 13.

*Análisis de error con el sensor óptico con el material (E)*

| VALORES CON EL SENSOR OPTICO |                       |         |
|------------------------------|-----------------------|---------|
| Distancia real (cm)          | Distancia medida (cm) | Error % |
|                              | Material (E)          |         |
| 0.8                          | 0.85                  | 1.06    |
| 1                            | 0.95                  | 0.95    |
| 1.2                          | 1.1                   | 0.92    |
| 1.5                          | 1.3                   | 0.87    |
| 2                            | 1.54                  | 0.77    |
| 2.5                          | 1.95                  | 0.78    |
| 3                            | 2.32                  | 0.77    |
| 3.5                          | 2.86                  | 0.82    |
| 4                            | 3.4                   | 0.85    |
| 4.5                          | 3.7                   | 0.82    |
| 5                            | 4.2                   | 0.84    |
| 5.5                          | 4.6                   | 0.84    |

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

A continuación se presenta los resultados obtenidos de forma gráfica y se detalla el comportamiento entre el valor real y el obtenido en el material E, donde se obtuvo los valores óptimos de censado.



A continuación se analizará, el margen de error en el sensor Infrarrojo Sharp.

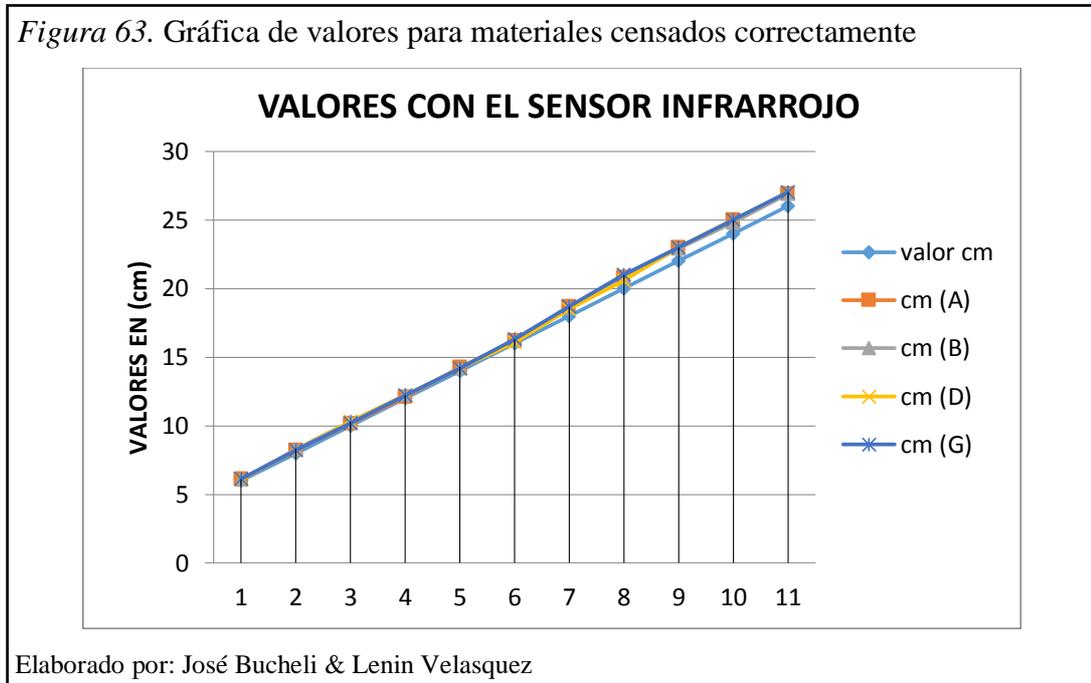
Tabla 14.

*Análisis de error con el sensor Infrarrojo con los materiales (A, B, D y G)*

| VALORES CON EL SENSOR INFRARROJO |                       |              |              |              |         |
|----------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|---------|
| Distancia real (cm)              | Distancia medida (cm) |              |              |              | Error % |
|                                  | Material (A)          | Material (B) | Material (D) | Material (G) |         |
| 6                                | 6.12                  | 6.1          | 6.08         | 6.12         | 1.02    |
| 8                                | 8.2                   | 8.3          | 8.2          | 8.2          | 1.03    |
| 10                               | 10.14                 | 10.3         | 10.3         | 10.2         | 1.02    |
| 12                               | 12.1                  | 12.24        | 12.2         | 12.2         | 1.02    |
| 14                               | 14.27                 | 14.2         | 14.2         | 14.2         | 1.02    |
| 16                               | 16.2                  | 16.2         | 16.1         | 16.3         | 1.01    |
| 18                               | 18.7                  | 18.6         | 18.5         | 18.7         | 1.03    |
| 20                               | 20.8                  | 20.8         | 20.6         | 21           | 1.04    |
| 22                               | 23                    | 22.9         | 23           | 23           | 1.04    |
| 24                               | 25                    | 24.8         | 25           | 25           | 1.04    |
| 26                               | 26.9                  | 26.89        | 27           | 27           | 1.04    |

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

En la siguiente figura se presenta los resultados obtenidos de forma gráfica y detalla el comportamiento entre el valor real y el valor obtenido en los material A, B, C, D y G, donde se obtuvo los valores óptimos de censado.



A continuación se analizará, el margen de error en el sensor Ultrasónico FESTO.

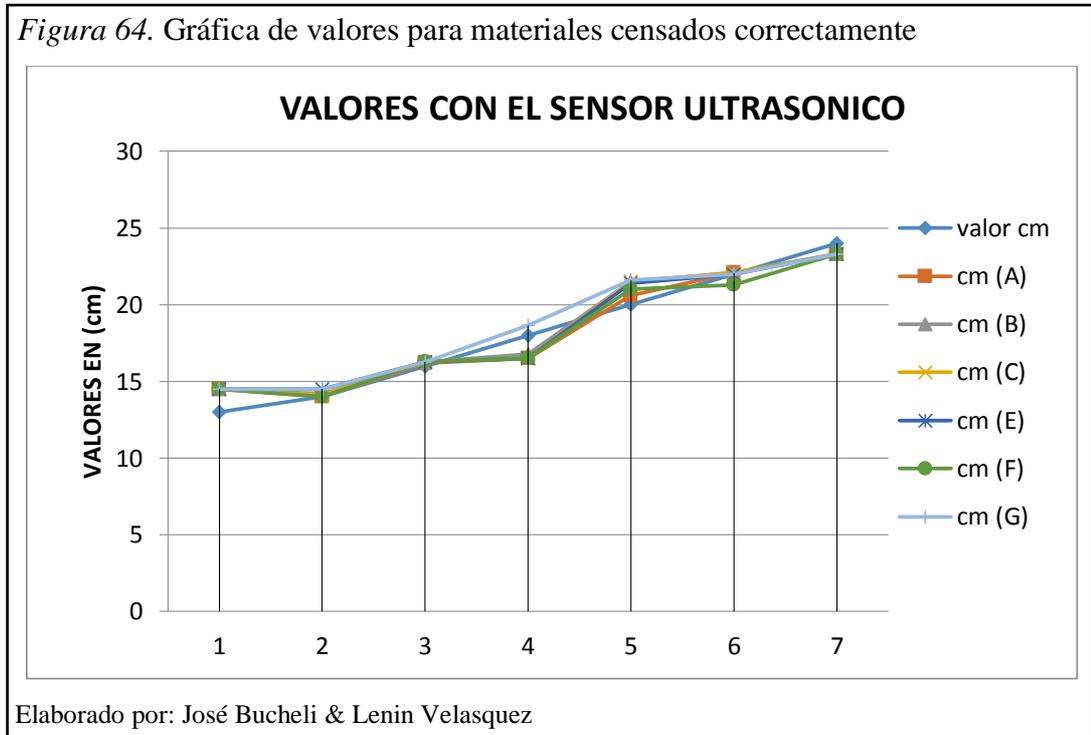
Tabla 15.

*Análisis de error con el sensor Ultrasónico con los materiales (A, B, C, E, F y G)*

| VALORES CON EL SENSOR ULTRASONICO |                       |              |              |              |              |              |         |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|
| Distancia real (cm)               | Distancia medida (cm) |              |              |              |              |              | Error % |
|                                   | Material (A)          | Material (B) | Material (C) | Material (E) | Material (F) | Material (G) |         |
| 13                                | 14.5                  | 14.5         | 14.5         | 14.5         | 14.5         | 14.5         | 1.67    |
| 14                                | 14                    | 14.2         | 14.1         | 14.5         | 14           | 14.5         | 1.52    |
| 16                                | 16.2                  | 16.28        | 16.28        | 16.28        | 16.29        | 16.28        | 1.53    |
| 18                                | 16.5                  | 16.8         | 16.5         | 16.5         | 16.5         | 18.64        | 1.41    |
| 20                                | 20.6                  | 21.5         | 21.5         | 21.4         | 21           | 21.6         | 1.60    |
| 22                                | 22.08                 | 22.08        | 22.09        | 22           | 21.3         | 22           | 1.49    |
| 24                                | 23.28                 | 23.31        | 23.3         | 23.3         | 23.3         | 23.3         | 1.46    |

Elaborado por: José Bucheli & Lenin Velasquez

En la siguiente figura se presenta los resultados obtenidos de forma gráfica y detalla el comportamiento entre el valor real y el obtenido en los materiales A, B, C, E, F y G, donde se obtuvo los valores óptimos de censado.



## CONCLUSIONES

- Se cumplió satisfactoriamente con los objetivos de este proyecto al diseñar e implementar un módulo didáctico con Interfaz Hombre Máquina (HMI), para el análisis y estudio de sensores de proximidad analógicos con un correcto funcionamiento tanto del control de posición y la adquisición de datos.
- El sensado es afectado por los elementos mecánicos de los Sistemas Modulares de Producción (MPS), produciendo errores en los resultados finales, pudiendo ser corregidos con escalamientos realizados en software.
- Se comprobó que los sensores de proximidad analógicos (óptico, ultrasónico e infrarrojo), tiene un buen funcionamiento, un amplio rango de trabajo, velocidad de respuesta y están disponibles en el mercado, además de que su montaje en el módulo no presenta mayor dificultad. Excluyendo los sensores inductivos y capacitivos, debido a su limitado rango de trabajo y baja capacidad de detección de diversos materiales no metálicos.
- Una Interfaz Hombre Maquina (HMI), desarrollada en LabVIEW facilita el análisis y adquisición de datos de distintos tipos de sensores analógicos, debido a que se trabaja con periféricos (DAQ 6009) propios del fabricante, agilitando el tiempo de desarrollo.
- El margen de error porcentual presente en este proyecto se debe a algunos factores como son: el circuito de acondicionamiento, la caja de reducción del motor y factores ambientales. El error porcentual de cada sensor varía dependiendo del material al que es expuesto, por esta razón se obtuvieron los siguientes resultados porcentuales: el sensor óptico tiene un error entre 0.84-1.06%, el infrarrojo 1.02-1.04% y el ultrasónico 1.46-1.67% por consiguiente los sensores presentan un error no mayor al 2% tomando en cuenta que se usó una ecuación de manera general para reducir este error a menos del 1% se debe usar una ecuación por cada material.

- En algunos sensores los datos enviados a la tarjeta de adquisición varían según algunos aspectos como: el tipo de material que se maneje y la distancia, de igual forma pueden intervenir otros factores como el color, la forma y la contextura. El sensor ultrasónico utilizado en este proyecto tiene un rango de trabajo amplio de 146-255mm, además de una resolución de 0.2%. El sensor óptico trabaja en un rango de distancia entre 11-43mm y tiene una resolución del 5% y finalmente el sensor infrarrojo trabaja desde una distancia de 40mm a 255mm.
- Una función de transferencia facilita un rápido análisis de los mismos con respecto a los materiales, pero estableciendo ecuaciones específicas para cada material, los resultados erróneos se reducen drásticamente.
- Se realizó un manual técnico que permite comprender el manejo del módulo didáctico de forma rápida y sencilla para el usuario, en el análisis y estudio de sensores de proximidad analógicos por medio de la tarjeta de adquisición de datos DAQ NI.

## RECOMENDACIONES

- Tener cuidado con las conexiones de voltaje tanto de los sensores como de la Tarjeta DAQ NI 6009, al ser equipos delicados y costosos son muy sensibles a voltajes que no sean adecuados a su funcionamiento, por esto se debe revisar las hojas de datos.
- Es necesario colocar una tierra o masa general para todas las conexiones, debido a los siguientes motivos: tanto los acondicionadores como el driver del motor UL2003 al estar en una tierra diferente, la fuente de y la tarjeta generan una señal parasita que no permite el correcto funcionamiento del módulo, por este motivo al hacer una tierra general el módulo se estabiliza y el ruido se reduce drásticamente.
- No exceder en el número de muestras que adquiere la tarjeta DAQ, ya que podría ocasionar un sobre desbordamiento de la memoria del dispositivo y genera errores en nuestro programa.
- Se recomienda seguir la guía técnica que permite comprender el manejo de forma rápida y sencilla del módulo, dando a conocer el análisis y el estudio de sensores de proximidad analógicos por medio de la tarjeta de adquisición de datos DAQ NI.
- No trabajar con más de un sensor a la vez debido a que la velocidad de transferencia se divide para las entradas que se están utilizando y al tener en el dispositivo un exceso de datos se puede producir la pérdida de estos.
- El uso de cables tipo malla o apantallado para evitar el ingreso de señales parasitas.
- Se debe utilizar la configuración de la tarjeta DAQ-6009 en modo (RSE) que se refiere a una conexión entre la tierra de la tarjeta con el pin negativo de la

entrada analógica de la tarjeta DAQ 6009, esta conexión hace que el circuito sea inmune a las señales de ruido (EMI).

## LISTA DE REFERENCIAS

- Areny, R. P. (2003). Sensores y Acondicionadores de Señal. Barcelona: Marcombo.
- Bradley, A. (2000). Fundamentos del sensado o detección de presncia. : Copyrigh  
Rocwell international.
- Brandley, A. (10 de 11 de 2010). Fundamentos del sensado o detección de presencia.  
Obtenido de <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/index.jsp>
- BricoGeek. (s.f.). Recuperado el 13 de noviembre de 2013, de  
<http://www.bricogeek.com/shop/motores/75-motor-paso-a-paso-24kg-cm.html>
- Campos, P. A. (Diciembre de 2008). Sensores analógicos utilizados en la  
Automatizacion Industria. (TESIS PREGRADO). San Pedro, Montes de Oca,  
Costa Rica.
- Conti, F. (2011). Motor paso a paso. España: Ediciones Tecnicbook.
- Electra-silge. (s.f.). [www.silge.com.ar](http://www.silge.com.ar). Recuperado el 10 de diciembre de 2013
- F. Coughlin, R., & F.Driscoll, F. (1999). Amplificadores operacionales y circuitos  
integrados lineales (5 ed.). México D.F.: PRENTICE HALL.
- FESTO. (s.f.). Festo. Recuperado el 10 de noviembre de 2013, de  
[http://www.festo.com/rep/es\\_corp/assets/pdf/Robotino\\_de.pdf](http://www.festo.com/rep/es_corp/assets/pdf/Robotino_de.pdf)
- FESTO. (s.f.). Festo Didactic. Recuperado el 10 de noviembre de 2013, de  
<http://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/learning-factories,cim-fms-systems/mps-500-fms/mps-500-fms-flexible-production-compatible,modular-and-versatile.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC42MzkuNDI2MQ>
- Halvorsen, H. P. (16 de Agosto de 2013). Hans-Petter Halvorsen Blog. Recuperado el  
8 de Febrero de 2014, de <http://home.hit.no/~hansha/?tutorial=daq>
- Instruments, N. (s.f.). National Instruments. Recuperado el 9 de febrero de 2014, de  
<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/201987#>
- Instruments, N. (s.f.). National Instruments. Recuperado el 9 de febrero de 2014, de  
<http://digital.ni.com/manuals.nsf/websearch/CE26701AA052E1F0862579AD0053BE19>
- Mayné, J. (2003). Sensores acondicionadores y procesadores de señal. SILICA.
- Organizacion de servicio - SEAT, S. S. (1998). Gestiones Electronicas. Sensores y  
Actuadores (C.B. n° 6). Granada: TECFOTO, S.L.

- Ruiz, A. S., Garcia, F. A., & Noguera, J. C. (2010). Guia practica de sensores. España: CREACIONES COPYRIGHT.
- Sánchez, L. G. (1999). Introducción a la electrónica digital. Valencia: SERVICIO DE PUBLICACIONES Camino de Vera, s/n.
- Sole, A. C. (1997). Instrumentación Industrial (6<sup>a</sup> ed.). Barcelona, España: MARCOMBO, S.A.
- Tomasi, W. (2003). Sistemas de comunicaciones electrónicas. Mexico: Pearson Educación.
- Vizcaino, J. R., & Sebastián, J. P. (2007). LabVIEW Entorno gráfico de programación . Barcelona: MARCOMBO S.A.

# Anexo 1. Tarjeta de adquisición de datos NI-USB 6009



Technical Sales  
United States  
(866) 531-6285  
Info@ni.com

[Requirements and Compatibility](#) | [Ordering Information](#) | [Detailed Specifications](#)  
For user manuals and dimensional drawings, visit the product page resources tab on ni.com.

Last Revised: 2013-07-10 09:55:53.0

## Low-Cost, Bus-Powered Multifunction DAQ for USB 12- or 14-Bit, Up to 48 kS/s, 8 Analog Inputs



- 8 analog inputs at 12 or 14 bits, up to 48 kS/s
- 2 analog outputs at 12 bits, software-timed
- 12 TTL/CMOS digital I/O lines
- One 32-bit, 5 MHz counter
- Digital triggering
- Bus-powered
- 1-year warranty

### Overview

With recent bandwidth improvements and new innovations from National Instruments, USB has evolved into a core bus of choice for measurement applications. The NI-USB-6008 and NI-USB-6009 are low-cost DAQ devices with easy screw connectivity and a small form factor. With plug-and-play USB connectivity, these devices are simple enough for quick measurements but versatile enough for more complex measurement applications.

[Back to Top](#)

### Requirements and Compatibility

#### OS Information

Mac OS X  
Windows 2000/XP  
Windows 7  
Windows CE  
Windows Mobile  
Windows Vista 32-bit  
Windows Vista 64-bit

#### Driver Information

NI-DAQmx  
NI-DAQmx Base

#### Software Compatibility

ANSI C/C++  
LabVIEW  
LabWindows/CVI  
Measurement Studio  
SignalExpress  
Visual Basic .NET  
Visual C#

## Analog Input

|  |   |
|--|---|
| Converter type                             | Successive approximation  |
| Analog inputs                              | 8 single-ended, 4 differential, software selectable                 |
| Input resolution                           |   |
| NI USB-6008                                | 12 bits differential, 11 bits single-ended                          |
| NI USB-6009                                | 14 bits differential, 13 bits single-ended                          |
| Max sampling rate (aggregate) <sup>1</sup> |   |
| NI USB-6008                                | 10 kS/s   |
| NI USB-6009                                | 48 kS/s   |
| AI FIFO                                    | 512 bytes   |
| Timing resolution                          | 41.07 ns (24 MHz timebase)  |
| Timing accuracy                            | 100 ppm of actual sample rate                                       |
| Input range                                |   |
| Single-ended                               | ±10 V   |
| Differential                               | ±20 V <sup>2</sup> , ±10 V, ±5 V, ±4 V, ±2.5 V, ±2 V, ±1.25 V, ±1 V |
| Working voltage                            | ±10 V   |
| Input impedance                            | 144 kΩ  |
| Overvoltage protection                     | ±35   |
| Trigger source                             | Software or external digital trigger                                |
| System noise <sup>3</sup>                  |   |
| Single-ended                               |   |
| ±10 V range                                | 5 mVrms   |
| Differential                               |   |
| ±20 V range                                | 5 mVrms   |
| ±1 V range                                 | 0.5 mVrms   |

| Absolute accuracy at full scale, single-ended              |                       |                               |
|--|-----------------------|-------------------------------|
| Range  | Typical at 25 °C (mV) | Maximum over Temperature (mV) |
| ±10  | 14.7                  | 138                           |
| Absolute accuracy at full scale, differential <sup>4</sup> |                       |                               |
| Range  | Typical at 25 °C (mV) | Maximum over Temperature (mV) |
| ±20  | 14.7                  | 138                           |
| ±10  | 7.73                  | 84.8                          |
| ±5   | 4.28                  | 58.4                          |
| ±4   | 3.59                  | 53.1                          |
| ±2.5   | 2.58                  | 45.1                          |
| ±2   | 2.21                  | 42.5                          |
| ±1.25  | 1.70                  | 38.9                          |
| ±1   | 1.53                  | 37.5                          |

## Analog Output

|                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| Analog outputs      | 2                      |
| Output resolution   | 12 bits                |
| Maximum update rate | 150 Hz, software-timed |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Output range                | 0 to +5 V                                   |
| Output impedance            | 50 $\Omega$                                 |
| Output current drive        | 5 mA  |
| Power-on state              | 0 V   |
| Slew rate                   | 1 V/ $\mu$ s                                |
| Short circuit current       | 50 mA                                       |
| Absolute accuracy (no load) | 7 mV typical, 36.4 mV maximum at full scale |

#### Digital I/O

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Digital I/O                    |   |
| P0.<0..7>                      | 8 lines   |
| P1.<0..3>                      | 4 lines   |
| Direction control              | Each channel individually programmable as input or output   |
| Output driver type             |   |
| NI USB-6008                    | Open collector (open-drain)   |
| NI USB-6009                    | Each channel individually programmable as active drive (push-pull) or open collector (open-drain) |
| Compatibility                  | TTL, LVTTTL, CMOS   |
| Absolute maximum voltage range | -0.5 to 5.8 V with respect to GND   |
| Pull-up resistor               | 4.7 k $\Omega$ to 5 V   |
| Power-on state                 | Input   |

| Digital logic levels   |      |     |         |
|--|------|-----|---------|
| Level  | Min  | Max | Units   |
| Input low voltage  | -0.3 | 0.8 | V       |
| Input high voltage   | 2.0  | 5.8 | V       |
| Input leakage current  | —    | 50  | $\mu$ A |
| Output low voltage (I = 8.5 mA)  | —    | 0.8 | V       |
| Output high voltage  |      |     |         |
| Active drive (push-pull), I = -8.5 mA                                    | 2.0  | 3.5 | V       |
| Open collector (open-drain), I = -0.6 mA, nominal                        | 2.0  | 5.0 | V       |
| Open collector (open-drain), I = -8.5 mA, with external pull-up resistor | 2.0  | —   | V       |

#### External Voltage

|                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| +5 V output (200 mA maximum) | +5 V typical, +4.85 V minimum |
| +2.5 V output (1 mA maximum) | +2.5 V typical                |
| +2.5 V accuracy              | 0.25% max                     |
| Reference temperature drift  | 50 ppm/ $^{\circ}$ C max      |

#### Counter

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| Number of counters       | 1                            |
| Resolution               | 32 bits                      |
| Counter measurements     | Edge counting (falling-edge) |
| Counter direction        | Count up                     |
| Pull-up resistor         | 4.7 k $\Omega$ to 5 V        |
| Maximum input frequency  | 5 MHz                        |
| Minimum high pulse width | 100 ns                       |
| Minimum low pulse width  | 100 ns                       |

|                   |       |
|-------------------|-------|
| Input low voltage | 0.8 V |
|-------------------|-------|

#### Power Requirements

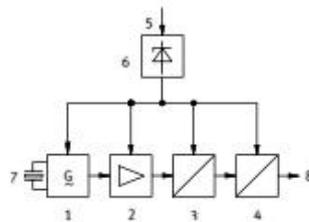
##### USB

|                  |                                      |
|------------------|--------------------------------------|
| 4.10 to 5.25 VDC | 80 mA typical, 500 mA max            |
| USB suspend      | 300 $\mu$ A typical, 500 $\mu$ A max |

## Anexo 2. Sensor ultrasónico festo

177469

Analog ultrasonic distance sensor



- |                              |                                    |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1 Oscillator                 | 5 External voltage                 |
| 2 Amplifier                  | 6 Internal constant voltage supply |
| 3 Evaluation unit            | 7 Ultrasonic transducer            |
| 4 Output signal conditioning | 8 Output: Current signal           |

**Design** The ultrasonic sensor is mounted on an aluminium bracket. Assembly is effected by means of a T-head nut and a knurled screw.

**Function** The operational principle of an ultrasonic sensor is based on the generation of acoustic waves and their detection when reflected by an object. Normally, atmospheric air serves as a carrier of the ultrasonic waves.

A transducer is actuated briefly and emits an ultrasonic pulse, which is inaudible to the human ear. After emission, the ultrasonic pulse is reflected by an object within the range of the sensor and reflected back to the receiver. The transit time of the ultrasonic pulse is subsequently electronically evaluated. Within a defined range, the output signal is proportional to the signal transit time of the ultrasonic pulse.

## 177469

### Analog ultrasonic distance sensor

The object to be detected can be made of a wide range of materials. Shape and colour or material type, whether it be solid, liquid or powder form, has little or no effect on detection. Objects of a smooth, even surface must be aligned vertically to the ultrasonic emission.

#### Note

Prior to operation, note the polarity of the connected voltage. Connecting cables and plugs are identified by colour coding as follows:

**Operating voltage:** Positive pole plug: red cable: white  
Negative pole plug: blue cable: brown  
**Analogue output signal:** Current plug: black cable: green

The sensor is protected against reverse polarity.

The sensor output supplies a load-independent current and is operated in short-circuit mode. Ideally, the output load resistor is  $R_L = 0 \Omega$ .

#### Technical data

| Electrical, Sensorial              |                                       |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| Permissible operating voltage      | 24 V DC                               |
| Current consumption (without load) | <35 mA                                |
| Load resistor                      | <400 $\Omega$                         |
| Current output                     | 6 – 20 mA                             |
| Measuring range                    | 150 – 500 mm                          |
| Ambient operating temperature      | -20 – +75 °C                          |
| Temperature drift                  | 0.1 %/°C                              |
| Linearity error                    | 0.2 % full scale deflection           |
| Measuring clock frequency          | 40 Hz                                 |
| Acceptance angle of sound cone     | ca. 5°                                |
| Reverse polarity protection        | yes                                   |
| Protection class                   | IP 65                                 |
| Materials (housing)                | plastic                               |
| Weight                             | 250 g                                 |
| Connection                         | Cable with 4 mm safety connector plug |

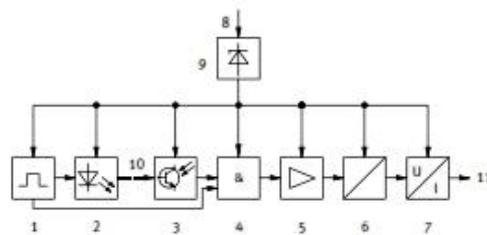
#### Note

The sound-reflecting surface must have a minimum size dictated by the shape of the sonic pulse and the distance from the sensor.

## Anexo 3. Sensor óptico festo

167051

Analog-optical distance sensor



- |                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| 1 Oscillator             | 6 Linearisation                    |
| 2 Photoelectric emitter  | 7 Voltage/Current converter        |
| 3 Photoelectric receiver | 8 External voltage                 |
| 4 Logic operation        | 9 Internal constant voltage supply |
| 5 Amplifier              | 10 Optical distance                |
|                          | 11 Output: Current signal          |

### Design

The optoelectronic diffuse reflective sensor and the associated fibre-optics are mounted on two separate aluminium brackets. Assembly on to the profile plate is by means of T-head nuts and knurled screws.

**167051**

**Analog-optical distance sensor**

Technical data

| <b>Electrical, Sensorial</b>   |  |
|--|--|
| Permissible operating voltage  | 10 – 30 V DC                           |
| Current consumption (without load)                                       | <50 mA                                 |
| Current output   | 4 – 20 mA                              |
| Max. load resistance   | 900 $\Omega$                           |
| Measuring range with fibre-optic cable<br>(adjustable via potentiometer) | 8 – 40 mm                              |
| Response time  | <1 ms                                  |
| Ambient operating temperature  | -20 – +70 °C                           |
| Linearity error  | <5 % full scale deflection             |
| Reproducibility  | $\leq 0.2$ mm                          |
| Reverse polarity protection  | yes                                    |
| Material (housing)   | plastic                                |
| Protection class   | IP65                                   |
| Weight   | 340 g                                  |
| Connection   | Cable with 4 mm safety connector plugs |

## Anexo 4. Sensor infrarrojo sharp

**SHARP**

### GP2D120 Optoelectronic Device

#### FEATURES

- Analog output
- Effective range: 4 to 30 cm
- Typical response time: 39 ms
- Typical start up delay: 44 ms
- Average Current Consumption: 33 mA

#### DESCRIPTION

The GP2D120 is a distance measuring sensor with integrated signal processing and analog voltage output.

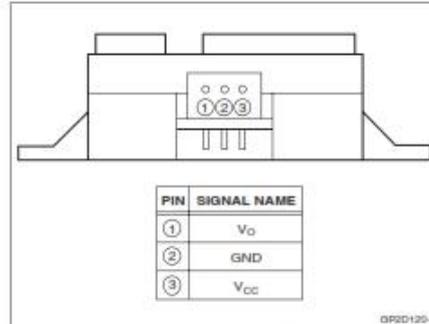


Figure 1. Pinout

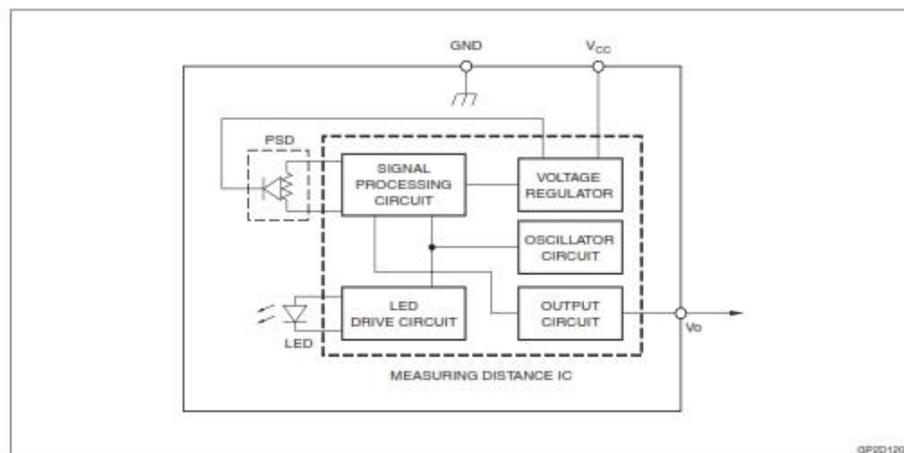


Figure 2. Block Diagram

**ELECTRICAL SPECIFICATIONS****Absolute Maximum Ratings**Ta = 25°C, V<sub>CC</sub> = 5 VDC

| PARAMETER               | SYMBOL           | RATING                          | UNIT |
|-------------------------|------------------|---------------------------------|------|
| Supply Voltage          | V <sub>CC</sub>  | -0.3 to +7                      | V    |
| Output Terminal Voltage | V <sub>O</sub>   | -0.3 to (V <sub>CC</sub> + 0.3) | V    |
| Operating Temperature   | T <sub>opr</sub> | -10 to +60                      | °C   |
| Storage Temperature     | T <sub>stg</sub> | -40 to +70                      | °C   |

**Operating Supply Voltage**

| PARAMETER                | SYMBOL          | RATING     | UNIT |
|--------------------------|-----------------|------------|------|
| Operating Supply Voltage | V <sub>CC</sub> | 4.5 to 5.5 | V    |

**Electro-optical Characteristics**Ta = 25°C, V<sub>CC</sub> = 5 VDC

| PARAMETER                 | SYMBOL          | CONDITIONS                            | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT | NOTES |
|---------------------------|-----------------|---------------------------------------|------|------|------|------|-------|
| Measuring Distance Range  | ΔL              |                                       | 4    | —    | 30   | cm   | 1, 2  |
| Output Terminal Voltage   | V <sub>O</sub>  | L = 30 cm                             | 0.25 | 0.4  | 0.55 | V    | 1, 2  |
| Output Voltage Difference | ΔV <sub>O</sub> | Output change at ΔL<br>(30 cm – 4 cm) | 1.95 | 2.25 | 2.55 | V    | 1, 2  |
| Average Supply Current    | I <sub>CC</sub> | L = 30 cm                             | —    | 33   | 50   | mA   | 1, 2  |

**NOTES:**

- Measurements made with Kodak R-27 Gray Card, using the white side, (90% reflectivity).
- L = Distance to reflective object.

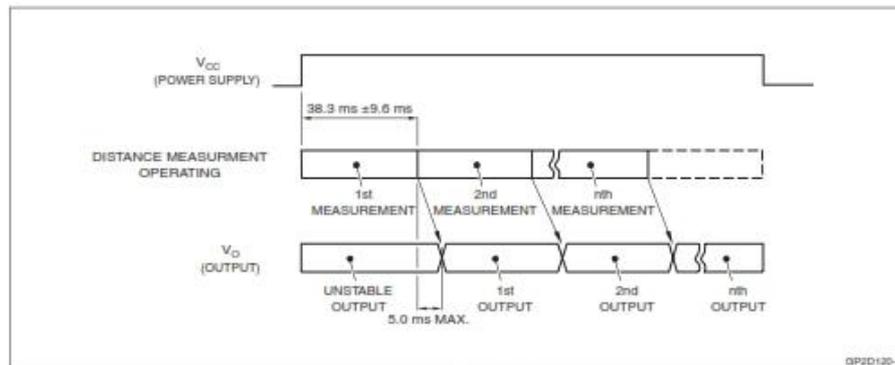


Figure 3. Timing Diagram

## Anexo 5. Manual técnico

|   |                          |                                       |               |
|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------|
|   |                          | REVISION 1/1                          | Página 1 de - |
|  <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b><br>ECUADOR |                          | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS |               |
| <b>LABORATORIO</b>  | SENSORES Y TRANSDUCTORES |                                       |               |
| <b>CARRERA</b>  | ELECTRONICA              |                                       |               |
| <b>SEDE</b>   | QUITO                    |                                       |               |

### DATOS INFORMATIVOS

- a. MATERIA : SENSORES Y TRANSDUCTORES
- b. No. DE PRÁCTICA:
- c. NÚMERO DE ESTUDIANTES EN MÓDULO:
- d. NOMBRE INSTRUCTOR:

### DATOS DE LA PRÁCTICA

- a. TEMA  
Módulo didáctico de sensores analógicos de proximidad.
- b. OBJETIVO GENERAL:
  - Conocer el principio de funcionamiento y comportamiento de sensores analógicos proximidad con la ayuda de un panel de experimentación (módulo didáctico).
- c. OBJETIVOS ESPECIFICOS:
  - Conocer el principio de funcionamiento del módulo didáctico.
  - Conocer las partes constitutivas módulo didáctico y realizar correctamente el montaje.
  - Conocer el principio y modo de funcionamiento de los sensores.
  - Determinar el comportamiento de respuesta de los sensores analógicos ante la exposición de diversos materiales.
- d. MARCO TEÓRICO:

#### NIUSB-6009

NI USB-6008/6009 es un dispositivo multifunción de adquisición, control y monitoreo de datos, de bajo costo y muy adecuado para propósitos educativos por su pequeño tamaño y fácil conexión USB.

Figura 1: NI USB-6009



Fuente: (Instruments, 2014)

|                      |                   |  |
|----------------------|-------------------|--|
| Elaborado por:       | Revisado por:     | Aprobado por:                            |
| Fecha de Elaboración | Fecha de Revisión | Número de Resolución Consejo de Carrera: |

|   |                          |                                       |                      |
|---|--------------------------|---------------------------------------|----------------------|
|   |                          | <b>REVISION 1/1</b>                   | <i>Página 1 de -</i> |
|  <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b><br>ECUADOR |                          | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS |                      |
| <b>LABORATORIO</b>  | SENSORES Y TRANSDUCTORES |                                       |                      |
| <b>CARRERA</b>  | ELECTRONICA              |                                       |                      |
| <b>SEDE</b>   | QUITO                    |                                       |                      |

NI USB-6009 tiene las siguientes especificaciones:

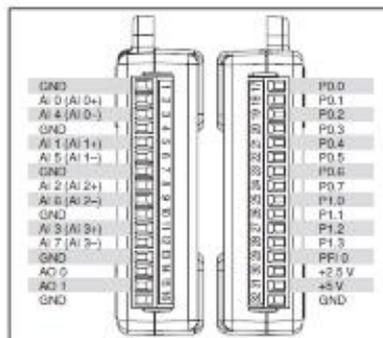
- 8 entradas analógicas (14 bits, 48 kS/s)
- salidas analógicas (12 bits a 150 S/s)
- 12 E/S digitales
- 1 contador de 32 bits de alta velocidad

(Halvorsen, 2013, pp. 8-9)

#### ENTRADAS Y SALIDAS NI USB -6009

La tarjeta NI USB-6009, está formada por dos bloques de terminales acoplados a los extremos de la tarjeta, uno que nos indica las señales analógicas y el otro para señales digitales.

Figura 2: PINOUT



Fuente: (Instruments, National Instruments, 2014, pág. 9)

#### SENSOR INFRARROJO

Es un dispositivo electrónico que tiene la capacidad de captar radiación electromagnética infrarroja generada por partículas eléctricas o magnéticas en movimiento. Estos rayos infrarrojos nos pueden ser detectados, debido a que el ojo humano no puede ver luz con longitudes de onda mayores a la luz visible ni menores a los rayos ultravioletas (Tomasi, 2003, págs. 6,7).

#### SENSOR ÓPTICO

El sensor óptico es básicamente un emisor y receptor de luz que puede ser de tipo natural o artificial, estos sensores pueden detectar cuerpos dependiendo del material, el cuerpo refleja la luz entonces el receptor podrá medir la distancia a la que se encuentra, es por esto que tenemos una gran cantidad de sensores fotoeléctricos con diferentes cualidades y diseños, para cada aplicación.

|                             |                          |   |
|-----------------------------|--------------------------|---|
| <b>Elaborado por:</b>       | <b>Revisado por:</b>     | <b>Aprobado por:</b>                            |
| <b>Fecha de Elaboración</b> | <b>Fecha de Revisión</b> | <b>Número de Resolución Consejo de Carrera:</b> |

|   |             |                                       |                          |
|---|-------------|---------------------------------------|--------------------------|
|   |             | REVISION 1/1                          | Página 1 de -            |
|  <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b><br>ECUADOR |             | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS |                          |
|   |             | <b>LABORATORIO</b>                    | SENSORES Y TRANSDUCTORES |
| <b>CARRERA</b>  | ELECTRONICA |                                       |                          |
| <b>SEDE</b>   | QUITO       |                                       |                          |

### SENSOR ULTRASONÍCO

Los sensores ultrasónicos se basan en el tiempo que demora en viajar una onda de sonido y rebotar con un objeto siendo la distancia directamente proporcional al tiempo al ser el sonido constante, las señales del sensor dependiendo de la aplicación puede ser digital o analógica también son muy usados ya que la humedad no les afecta, pero ciertos materiales no sirven para una medición como la tela o espuma al igual que otros sensores depende mucho de donde se va aplicar.

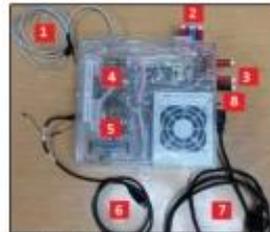
### MÓDULO DE CONTROL Y ADQUISICIÓN

Este módulo es el encargado de suministrar energía a todo el módulo didáctico, del posicionamiento de la riel guía desplazable para el proceso de prueba de materiales y además del acondicionamiento y adquisición de información captada por los diferentes sensores del tablero de sensores.

A continuación su estructura:

Figura 3: Módulo de control y adquisición

- 1.- Cable conexión motor Stepper y Finales de carrera.
- 2.- Entrada de Sensores IN1, IN2, IN3.
- 3.- Fuentes de alimentación sensores (5v, 24v).
- 4.- Driver de control motor Stepper.
- 5.- Circuitos de acondicionamiento
- 6.- NI USB-6009 y cable de conexión USB
- 7.- Cable d poder
- 8.- Interruptor de encendido



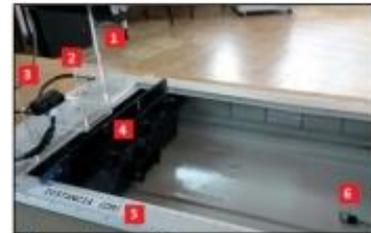
Elaborado por: Autores

### TABLERO DE SENSORES

Está compuesto por los sensores de proximidad, la regleta de medición, finales de carrera y la riel guía de desplazamiento como se muestra en la figura 4.

Figura 4: Módulo de control y adquisición

- 1.- Sensor ultrasónico (FESTO).
- 2.- Sensor óptico (FESTO).
- 3.- Sensor ultrasónico (SHARP)
- 4.- Riel guía de desplazamiento.
- 5.- Regleta de medición
- 6.- Final de Carrera.



Elaborado por: Autores

**¡No se debe aplicar ninguna tensión externa!**

**¡Existe peligro de sufrir magulladuras si se "manipula" el carro!**

|                      |                   |  |
|----------------------|-------------------|--|
| Elaborado por:       | Revisado por:     | Aprobado por:                            |
| Fecha de Elaboración | Fecha de Revisión | Número de Resolución Consejo de Carrera: |

|   |                          |                                       |               |
|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------|
|   |                          | REVISION 1/1                          | Página 1 de - |
|  <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b><br>ECUADOR |                          | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS |               |
| <b>LABORATORIO</b>  | SENSORES Y TRANSDUCTORES |                                       |               |
| <b>CARRERA</b>  | ELECTRONICA              |                                       |               |
| <b>SEDE</b>   | QUITO                    |                                       |               |

e. MARCO EXPERIMENTAL:

- Verificar que el módulo y los cables de conexión se encuentre en buen estado antes de empezar la práctica, para no causar desperfectos en el mismo u obtener medidas erróneas.
- Todas las conexiones se deben realizar con el equipo apagado.

**MONTAJE DEL PANEL DE EXPERIMENTACIÓN (MÓDULO DIDÁCTICO)**

1.- Conecte el cable de conexión del motor Stepper y finales de carrera al tablero de sensores.



Fuente: Autores

2.- Conecte los cables de conexión de los sensores a las entradas IN1, IN2, IN3 respectivamente y a su fuente de alimentación del módulo de control y adquisición.



a)



b)



c)

Elaborado por: Autores

**¡Conectar las entradas y fuentes de alimentación de acuerdo a la señalización!**

Tabla 1: Conexión de Sensores

| SENSOR         | CABLES | CONEXIÓN |
|----------------|--------|----------|
| S. Infrarrojo  | Azul   | Tierra   |
|                | Rojo   | 5 V      |
|                | Negro  | IN3      |
| S. Óptico      | Azul   | Tierra   |
|                | Rojo   | 24 V     |
|                | Negro  | IN2      |
| S. Ultrasónico | Azul   | Tierra   |
|                | Rojo   | 24 V     |
|                | Negro  | IN1      |

Elaborado por: Autores

|                      |                   |  |
|----------------------|-------------------|--|
| Elaborado por:       | Revisado por:     | Aprobado por:                            |
| Fecha de Elaboración | Fecha de Revisión | Número de Resolución Consejo de Carrera: |

|   |                          |                                       |               |
|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------|
|   |                          | REVISION 1/1                          | Página 1 de - |
|  |                          | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS |               |
| LABORATORIO   | SENSORES Y TRANSDUCTORES |                                       |               |
| CARRERA   | ELECTRONICA              |                                       |               |
| SEDE  | QUITO                    |                                       |               |

3.- Conecte el módulo de control y adquisición al PC por medio del cable USB de la tarjeta NI USB-6009.



Fuente: LabView 2012

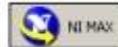
4.- Conectar el cable de poder al módulo de control y adquisición y coloque el interruptor de encendido en ON.



Elaborado por: Autores

5.- Comprobar que la tarjeta de adquisición de datos fue detectada por el ordenador o PC.

- Ejecutar el programa NI Measurement & Automation Explorer que se localiza en Menú Inicio >> Todos los programas >> National Instruments.



Fuente: LabView 2012

- En la pantalla de Inicio del Programa desplegar la raíz Devices and Interfaces, y verificar que la el icono de la tarjeta DAQ no se encuentre en (x), de lo contrario se tendrá que instalar los drivers para el correcto funcionamiento de la tarjeta.



Fuente: LabView 2012

|                      |                   |  |
|----------------------|-------------------|--|
| Elaborado por:       | Revisado por:     | Aprobado por:                            |
| Fecha de Elaboración | Fecha de Revisión | Número de Resolución Consejo de Carrera: |

|   |                          |                                       |               |
|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------|
|   |                          | REVISION 1/1                          | Página 1 de - |
|  <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b><br>ECUADOR |                          | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS |               |
| LABORATORIO   | SENSORES Y TRANSDUCTORES |                                       |               |
| CARRERA   | ELECTRONICA              |                                       |               |
| SEDE  | QUITO                    |                                       |               |

### GUIA DE LA PRÁCTICA

1.- Ya comprobada la comunicación entre PC y DAQ-6009, ejecute el programa HMI para el módulo didáctico. En el cual se puede seleccionar los sensores que posee el módulo y ser manipulados de manera individual e independientemente de los demás sensores.

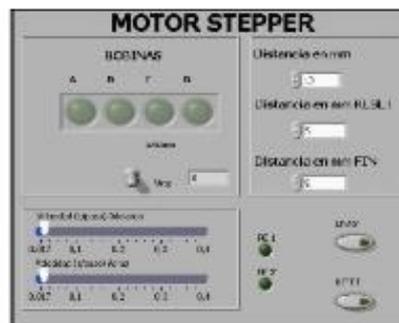


Elaborado por: Autores

2.- Seleccione el sensor con el que se desea trabajar, al ingresar a la pantalla de control y monitoreo, va a poder manipular el desplazamiento del carro de forma manual y para la adquisición de datos de forma automática.

#### Desplazamiento del carro de pruebas de material

Para el desplazamiento manual del carro de pruebas, se tiene un selector de dirección para desplazarse hacia adelante o para volver a su posición de origen, la distancia que se desea recorrer en (mm), la velocidad y la distancia a la que se desee posicionar cuando el desplazamiento del carro exceda en su rango de trabajo.



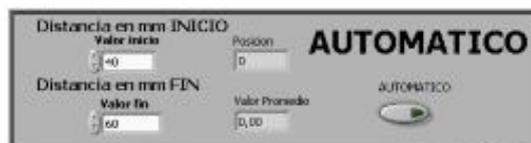
Elaborado por: Autores

|                      |                   |  |
|----------------------|-------------------|--|
| Elaborado por:       | Revisado por:     | Aprobado por:                            |
| Fecha de Elaboración | Fecha de Revisión | Número de Resolución Consejo de Carrera: |

|   |                          |                                       |               |
|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------|
|   |                          | REVISION 1/1                          | Página 1 de - |
|  <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b><br>ECUADOR |                          | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS |               |
| LABORATORIO   | SENSORES Y TRANSDUCTORES |                                       |               |
| CARRERA   | ELECTRÓNICA              |                                       |               |
| SEDE  | QUITO                    |                                       |               |

#### Adquisición de datos automáticamente

Para la adquisición de datos automáticamente, el usuario debe ingresar manualmente el rango de medición, colocando un valor de inicio y uno de fin en (mm), de lo contrario el programa lleva valores por default de 40 a 60 mm para evitar errores por parte del usuario, presionar el pulsador de AUTOMÁTICO y empezará el proceso de recopilación de datos. Al terminar el proceso de adquisición de datos el carro se detiene y desplegando una pantalla con la opción de almacenar los datos, y de esta forma ser analizados, comparados o manipulados en diversos software.



Elaborado por: Autores

### REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

#### SENSOR INFRARROJO

- 1.- Ejecute el HMI MODULO DE SENSORES.
- 2.- Seleccione el sensor Infrarrojo IR.
- 3.- Presione el botón RESET, para retornar a la posición inicial de medición.
- 4.- Coloque la paleta A en el carro de pruebas de material, comprobar que se encuentra perfectamente ubicado con el centro del sensor y fijelo por medio del tornillo, para que el material no pueda moverse en el transcurso de la prueba.

5.- Coloque un rango de desplazamiento, tomar en cuenta el rango de trabajo del tablero, del sensor y la posición en la que se encuentra el carro para que las posiciones concuerden con las adquiridas.

**¡Revisar datasheet del sensor!**

- 7.- Presione el botón AUTOMATICO, para que empiece el proceso de adquisición.
- 8.- Seleccione un nombre y la ruta para almacenar los datos recopilados.
- 9.- Repita el proceso desde el ítem 3, cambiando de paleta en orden alfabético (B,C,D,E,F,G).

|                      |                   |  |
|----------------------|-------------------|--|
| Elaborado por:       | Revisado por:     | Aprobado por:                            |
| Fecha de Elaboración | Fecha de Revisión | Número de Resolución Consejo de Carrera: |

|   |             |                                       |                          |
|---|-------------|---------------------------------------|--------------------------|
|   |             | REVISION 1/1                          | Página 1 de -            |
|  <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b><br>ECUADOR |             | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS |                          |
|   |             | <b>LABORATORIO</b>                    | SENSORES Y TRANSDUCTORES |
| <b>CARRERA</b>  | ELECTRONICA |                                       |                          |
| <b>SEDE</b>   | QUITO       |                                       |                          |

### SENSOR ÓPTICO

- 1.- Ejecute el HMI MODULO DE SENSORES.
- 2.- Seleccione el sensor Infrarrojo ÓPTICO.
- 3.- Presione el botón RESET, para retornar a la posición inicial de medición.
- 4.- Coloque la paleta A en el carro de pruebas de material, comprobar que se encuentra perfectamente ubicado con el centro del sensor y fijelo por medio del tornillo, para que el material no pueda moverse en el transcurso de la prueba.
- 5.- Coloque un rango de desplazamiento, tomar en cuenta el rango de trabajo del tablero, del sensor y la posición en la que se encuentra el carro para que las paciones concuerden con las adquiridas.  
**¡Revisar datasheet del sensor!**
- 7.- Presione el botón AUTOMATICO, para que empiece el proceso de adquisición.
- 8.- Seleccione un nombre y la ruta para almacenar los datos recopilados.
- 9.- Repita el proceso desde el ítem 3, cambiando de paleta en orden alfabético (B,C,D,E,F,G).

### SENSOR ULTRASÓNICO

- 1.- Ejecute el HMI MODULO DE SENSORES.
- 2.- Seleccione el sensor Infrarrojo ULTRASÓNICO.
- 3.- Presione el botón RESET, para retornar a la posición inicial de medición.
- 4.- Coloque la paleta A en el carro de pruebas de material, comprobar que se encuentra perfectamente ubicado con el centro del sensor y fijelo por medio del tornillo, para que el material no pueda moverse en el transcurso de la prueba.
- 5.- Coloque un rango de desplazamiento, tomar en cuenta el rango de trabajo del tablero, del sensor y la posición en la que se encuentra el carro para que las paciones concuerden con las adquiridas.  
**¡Revisar datasheet del sensor!**
- 7.- Presione el botón AUTOMATICO, para que empiece el proceso de adquisición.
- 8.- Seleccione un nombre y la ruta para almacenar los datos recopilados.
- 9.- Repita el proceso desde el ítem 3, cambiando de paleta en orden alfabético (B,C,D,E,F,G).

|                      |                   |  |
|----------------------|-------------------|--|
| Elaborado por:       | Revisado por:     | Aprobado por:                            |
| Fecha de Elaboración | Fecha de Revisión | Número de Resolución Consejo de Carrera: |

|   |                          |                                       |               |
|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------|
|   |                          | REVISION 1/1                          | Página 1 de - |
|  |                          | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS |               |
| LABORATORIO   | SENSORES Y TRANSDUCTORES |                                       |               |
| CARRERA   | ELECTRONICA              |                                       |               |
| SEDE  | QUITO                    |                                       |               |

f. RECURSOS UTILIZADOS (EQUIPOS, ACCESORIOS Y MATERIAL CONSUMIBLE):

- Modulo de control y adquisición



Elaborado por: Autores

- Tablero de sensores



Elaborado por: Autores

-Paleta de materiales

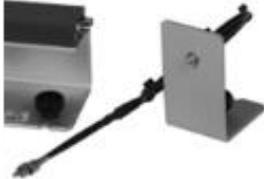


Elaborado por: Autores

|                      |                   |  |
|----------------------|-------------------|--|
| Elaborado por:       | Revisado por:     | Aprobado por:                            |
| Fecha de Elaboración | Fecha de Revisión | Número de Resolución Consejo de Carrera: |

|  |                          |                                       |               |
|--|--------------------------|---------------------------------------|---------------|
|  |                          | REVISION 1/1                          | Página 1 de - |
|  <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b><br><small>ECUADOR</small> |                          | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS |               |
| <b>LABORATORIO</b>   | SENSORES Y TRANSDUCTORES |                                       |               |
| <b>CARRERA</b>   | ELECTRÓNICA              |                                       |               |
| <b>SEDE</b>  | QUITO                    |                                       |               |

-Sensores de proximidad analógicos

|   |   |  |
|---|---|--|
| Infrarrojo Sharp<br>(GP2D120)   | Sensor Óptico Festo<br>(167051)   | Sensor Ultrasónico Festo<br>(177469)   |
|  |  |  |

Elaborado por: Autores

**g. REGISTRO DE RESULTADOS:**

-Completar la tabla de resultados por cada sensor, el usuario determinara cuantos datos selecciona para la medición.

| VALORES CON EL SENSOR INFRARROJO |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| valor cm                         | cm (A) | cm (B) | cm (C) | cm (D) | cm (E) | cm (F) | cm (G) |
|                                  |        |        |        |        |        |        |        |
|                                  |        |        |        |        |        |        |        |
|                                  |        |        |        |        |        |        |        |

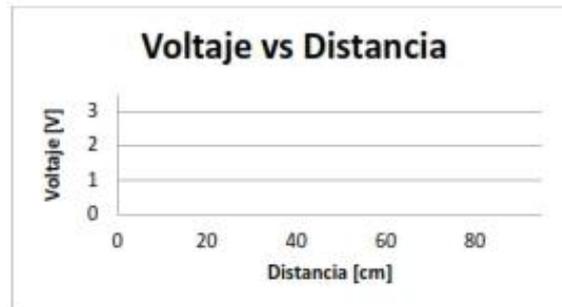
| VALORES CON EL SENSOR OPTICO |        |        |        |        |        |        |        |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| valor cm                     | cm (A) | cm (B) | cm (C) | cm (D) | cm (E) | cm (F) | cm (G) |
|                              |        |        |        |        |        |        |        |
|                              |        |        |        |        |        |        |        |
|                              |        |        |        |        |        |        |        |

| VALORES CON EL SENSOR ULTRASONICO |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| valor cm                          | cm (A) | cm (B) | cm (C) | cm (D) | cm (E) | cm (F) | cm (G) |
|                                   |        |        |        |        |        |        |        |
|                                   |        |        |        |        |        |        |        |
|                                   |        |        |        |        |        |        |        |

|                      |                   |  |
|----------------------|-------------------|--|
| Elaborado por:       | Revisado por:     | Aprobado por:                            |
| Fecha de Elaboración | Fecha de Revisión | Número de Resolución Consejo de Carrera: |

|   |                          |                                       |               |
|---|--------------------------|---------------------------------------|---------------|
|   |                          | REVISION 1/1                          | Página 1 de - |
|  <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b><br>ECUADOR |                          | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PRÁCTICAS |               |
| <b>LABORATORIO</b>  | SENSORES Y TRANSDUCTORES |                                       |               |
| <b>CARRERA</b>  | ELECTRONICA              |                                       |               |
| <b>SEDE</b>   | QUITO                    |                                       |               |

-Realizar la gráfica de Voltaje vs Distancia para cada material y obtener su ecuación.



- Verificar que sensor presenta mejores características de medición ante diversos materiales.
- Seleccionar un material por cada sensor y compararlo con su curva característica.
- Utilizando los datos del ítem anterior calcular el error porcentual entre el valor real y el medido.

#### h. ANEXOS

#### i. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

Allen-Brandley. (10 de 11 de 2010). *Fundamentos del sensado o detección de presencia*. Obtenido de <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/index.jsp>

Halvorsen, H. P. (2013, Agosto 16). *Hans-Petter Halvorsen Blog*. Retrieved Febrero 8, 2014, from <http://home.hit.no/~hansha/?tutorial=daq>

Instruments, N. (9 de febrero de 2014). *National Instruments*. Obtenido de <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/201987#>

Instruments, N. (9 de Febrero de 2014). *National Instruments*. Obtenido de <http://digital.ni.com/manuals.nsf/websearch/CE26701AA052E1F0862579AD0053BE19>

Tomasi, W. (2003). *SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS*. Mexico: Pearson Educación

|                      |                   |  |
|----------------------|-------------------|--|
| Elaborado por:       | Revisado por:     | Aprobado por:                            |
| Fecha de Elaboración | Fecha de Revisión | Número de Resolución Consejo de Carrera: |