



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

### TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA AUTOMATIZACION Y CONTROL

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENTRENAMIENTO BASADO EN UNA TARJETA DE DESARROLLO EMBEBIDA, PARA EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN Y SENSORES DEL DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE”.**

**AUTORES:** CARLA JOHANNA FUENMAYOR BOADA  
JHORDY KRISTOFER LEÓN GAONA

**DIRECTOR:** MGS. RITA PAOLA LEÓN PÉREZ



# SUMARIO

**1** INTRODUCCIÓN

**2** OBJETIVOS

**3** MARCO TEÓRICO

**4** DISEÑO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO

**5** IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO

**6** GUÍAS DE LABORATORIO

**7** PRUEBAS Y RESULTADOS

**8** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

# INTRODUCCIÓN

Los quipos del laboratorio de instrumentación y sensores no ha podido ser actualizado al igual que las guías de laboratorio

Rediseño de la malla curricular

La universidad adquirió equipos de National Instruments que no han sido utilizados

Los egresados de las carrera no están familiarizados con esta tecnología

Contribuye con la misión de la Universidad de las Fuerzas Armadas

Permite la implementación de equipos ya adquiridos para el beneficio de los estudiantes

Las guías de laboratorio propuestas se basan en el la guía de estudio de las asignaturas

El tablero diseñado proporcionará un ambiente de trabajo didáctico, seguro, fácil de usar y práctico

La implementación de este sistema sienta las bases para el desarrollo de nueva tecnología

Tablero didáctico que permita la conexión inalámbrica con la tarjeta MyRIO

### Guías de Laboratorio

- Práctica de inducción
- Prácticas de sensores de temperatura
- Práctica de sensor de posición angular
- Práctica de sensor de iluminación
- Práctica de sensor de infrarrojos
- Práctica de sensor de Fuerza
- Práctica de giroscopio
- Práctica de encoders
- Proyecto de Tercer Parcial
- Práctica de control de Velocidad de un Motor DC

### General

Diseñar e implementar un sistema de entrenamiento basado en tarjeta de desarrollo embebida, para el laboratorio de Instrumentación y Sensores del Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

### Específicos

Analizar las características y funcionalidades que engloba el módulo de desarrollo embebido y el entorno de programación.

Realizar la conexión entre los sensores, actuadores con la tarjeta myRIO con sus protecciones eléctricas.

Implementar un tablero didáctico, basado en normativa industrial, que contenga los elementos, sensores y actuadores, conectados al controlador

Establecer la comunicación inalámbrica de la estación de trabajo del estudiante con el sistema de entrenamiento.

Desarrollar guías de prácticas que fortalezca el proceso de aprendizaje de los diferentes contenidos presentados en el sílabo de las asignaturas.

# MARCO TEÓRICO

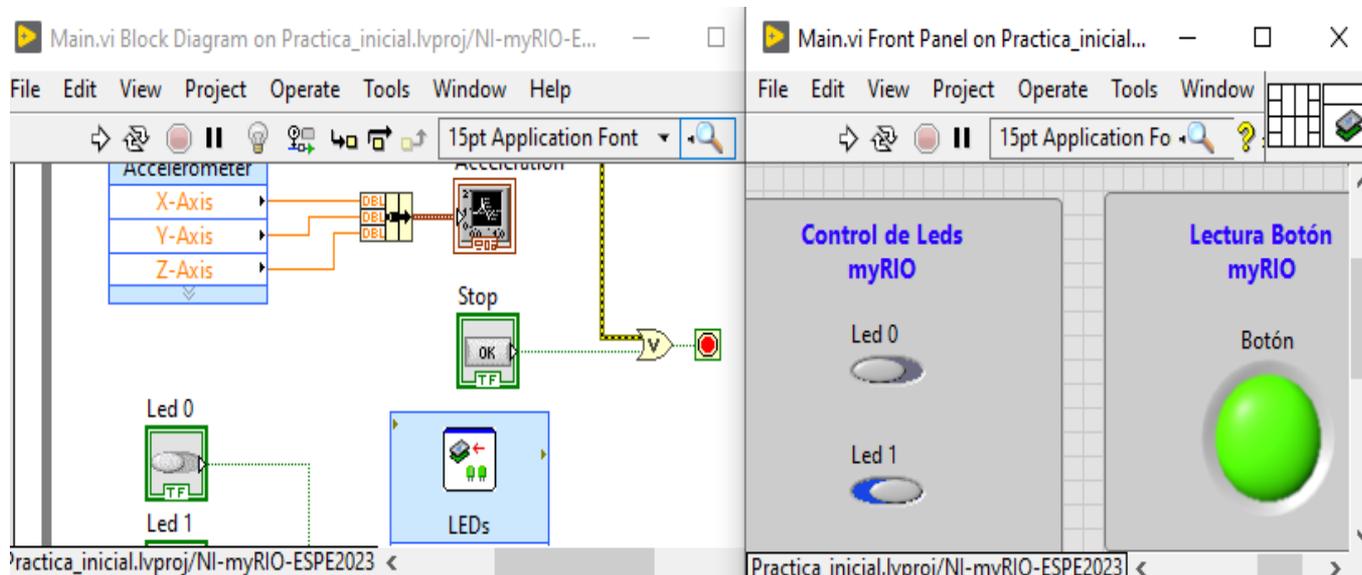
La tarjeta embebida myRIO-1900 es un dispositivo portable con entradas y salidas reconfigurables. Su programación se realiza mediante el software LabVIEW o C



- 10 entradas analógicas
- 6 salidas analógicas
- Entradas y Salidas Digitales
- Acelerómetro integrado
- Botón e indicadores integrados
- Comunicación Wifi
- Entrada y Salida de Audio
- Conectores tipo MXP y MSP

### *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*

Es un lenguaje y entorno de programación gráfico con gran versatilidad debido al reemplazo de líneas de código por iconos gráficos, por lo que se obtiene de manera eficaz y rápida un instrumento virtual. Los programas que se realizan en LabVIEW se conocen comúnmente como VI's (*Virtual Instrument*)



# DISEÑO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

### Sistema de Entrenamiento

Ensamblado en gabinete

Conexión inalámbrica con el controlador

Tamaño y posición accesibles

Elementos etiquetados y marcados

Equipos de protección eléctrica

### Guías de Laboratorio

Práctica inicial

Código comentado

Manuales de instalación

### Eléctricos

Interruptor máster

Fuente de 5V Adicional

Interruptor interno de fácil acceso

Borneras para riel Din



### Equipos incluidos en el kit

Tarjeta Embebida myRIO

Sensor PmodTMP3

Sensor Infrarrojo de rango

Sensor PmodALS

Giroscopio PmodGYRO

Motor DC con Puente H

Servo motor estándar

Teclado y Display LCD

### Sensores Adicionales

Módulo de sensor de  
Temperatura Sumergible

Sensor de Posicionamiento  
Angular

Módulo de sensor de Fuerza

Voltímetro

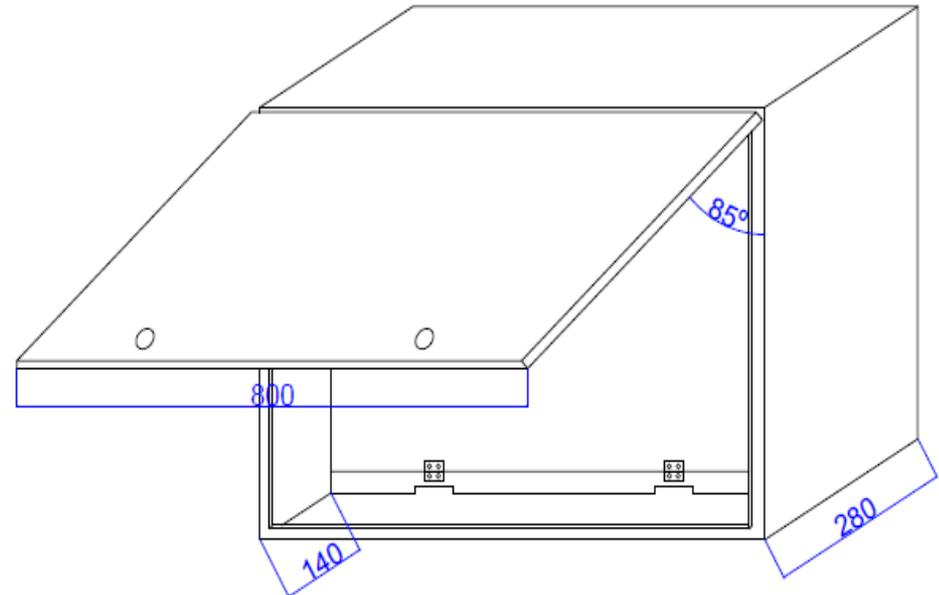
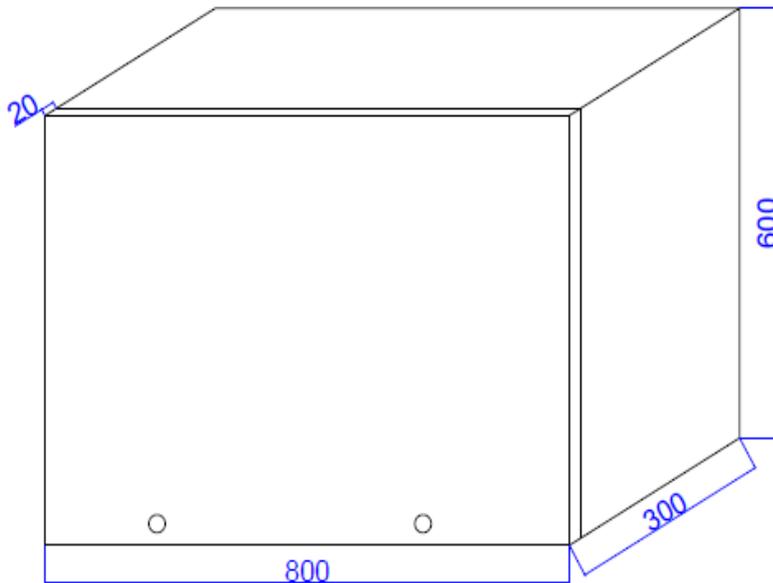
Encoder Incremental

Encoder Absoluto



# Gabinete metálico

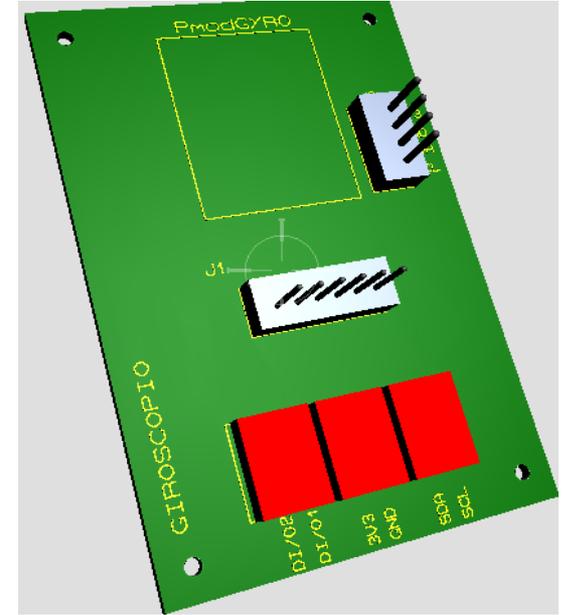
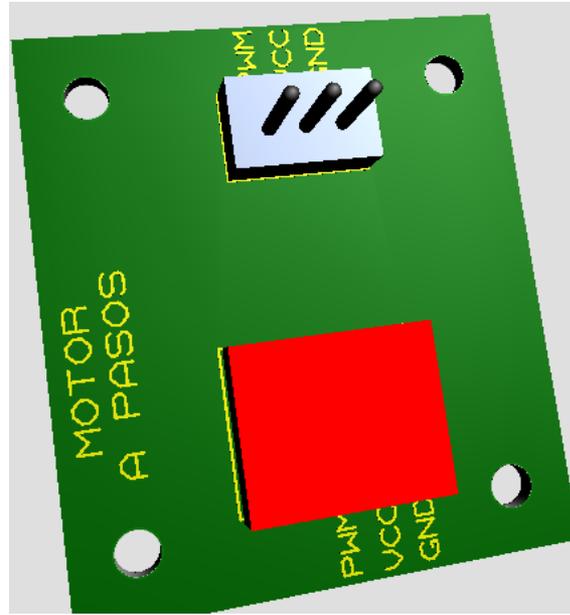
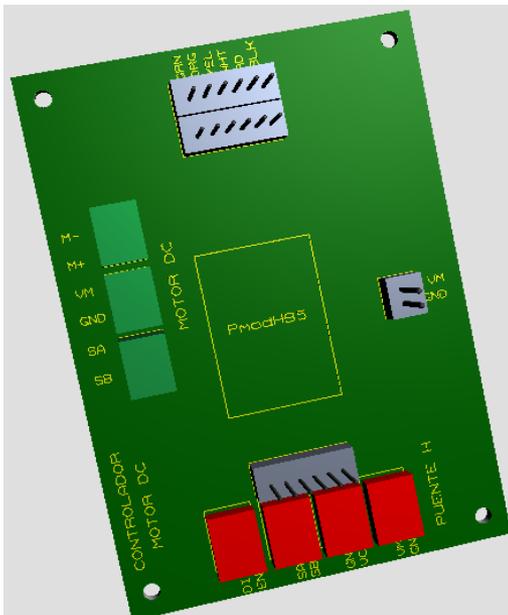
Se escogió un gabinete metálico comercial de la marca Beaucoup de 80 cm x 60 cm y una profundidad de 30 cm. Adicionalmente se ha colocado una puerta interna a 14 cm del borde para colocar los elementos electrónicos. En la parte posterior del tablero existe un doble fondo en el están los elementos de protección eléctrica y fuentes adicionales para el sistema



# Placas PCB

Los módulos del kit no están elaborados para que se puedan sujetar al gabinete metálico o que se pueda realizar una manipulación práctica por parte del estudiante.

Se elaboraron placas PCB para permitir el acople de estos elementos y con el uso de las borneras sin resorte la conexión sea más sencilla y en caso de mantenimiento, estos elementos puedan ser reemplazados fácilmente. En total se diseñaron 14 Placas



# Piezas en 3D

De igual manera, existen elementos que no se puede sujetar al metal fácilmente, por lo que se diseñaron piezas en 3D

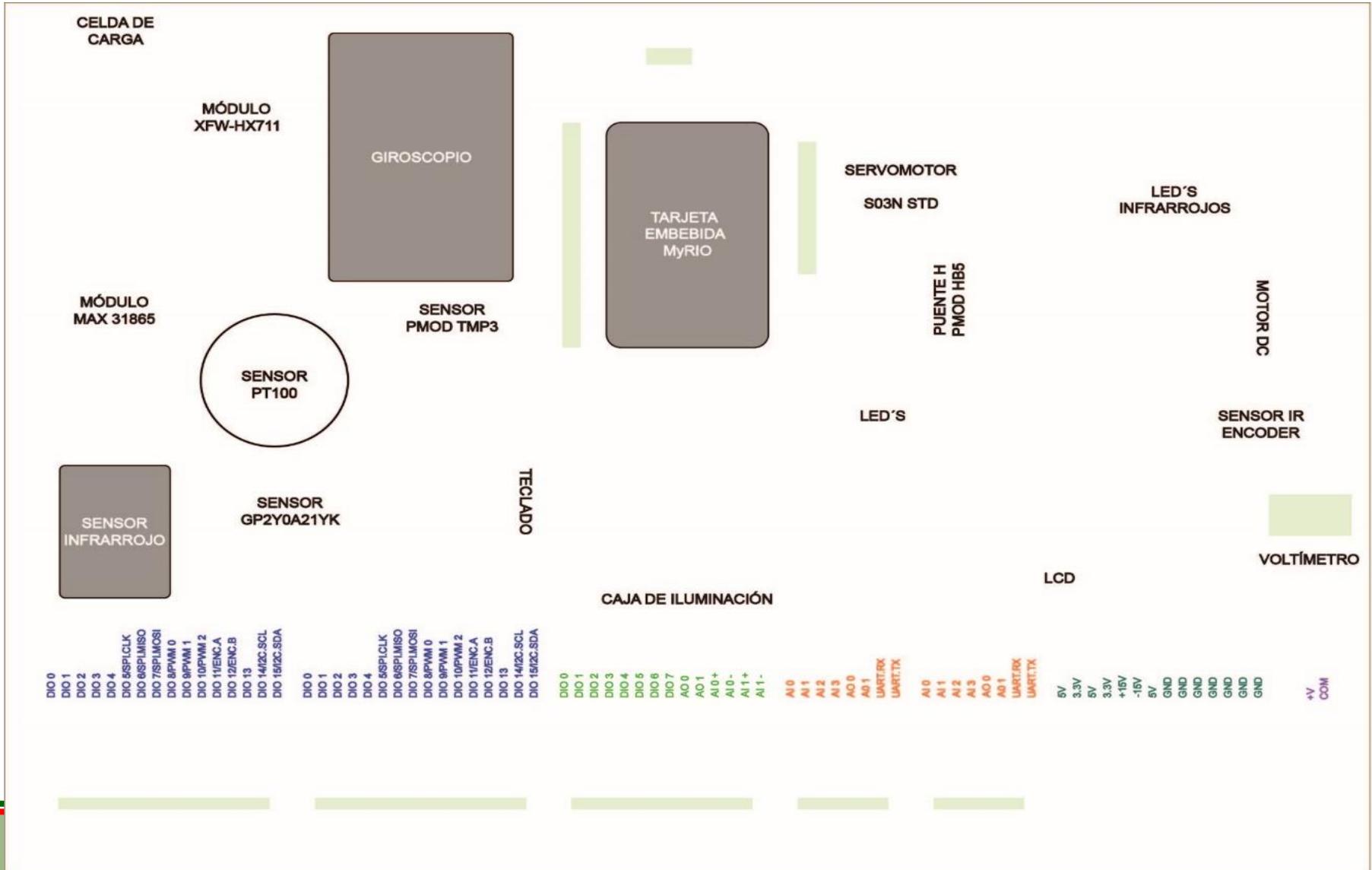






# Distribución de elementos

### Cubierta de puerta interna



Cubierta de puerta externa

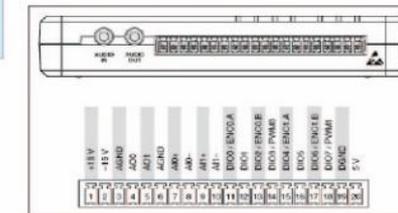
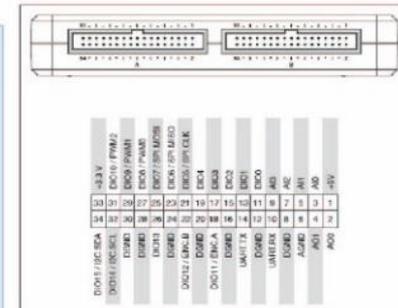
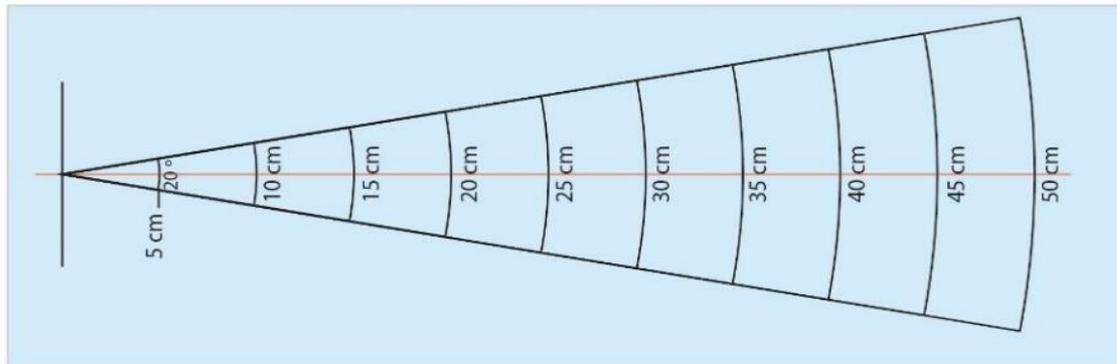


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Trabajo de Titulación  
Carla Fuenmayor  
Jhordy León  
Dir: Paola León

Laboratorio de Instrumentación y Sensores

# Sistema de Entrenamiento MyRIO



# IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO

# Estructura metálica



Parte Interna



- Gabinete metálico 80x60x30 cm
- Doble fondo
- Puerta interna
- Brazos mecánicos



Brazos neumático

Gabinete Final

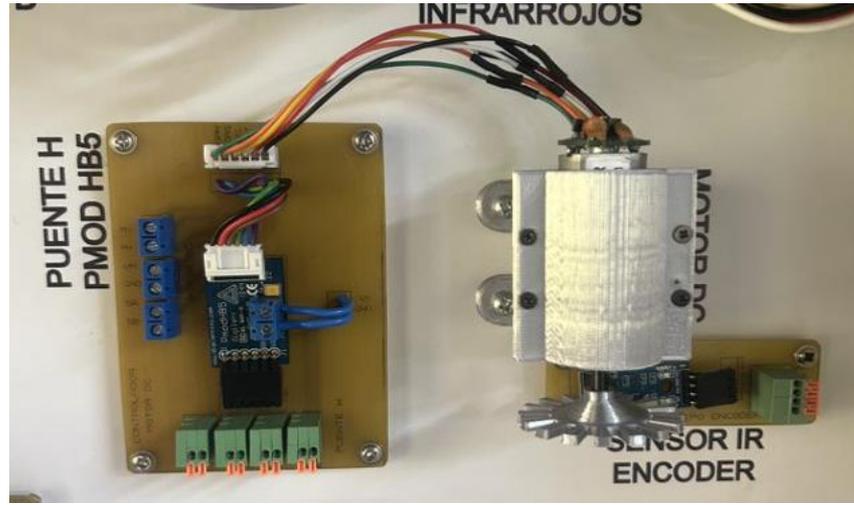


# Montaje de elementos

Tarjeta myRIO



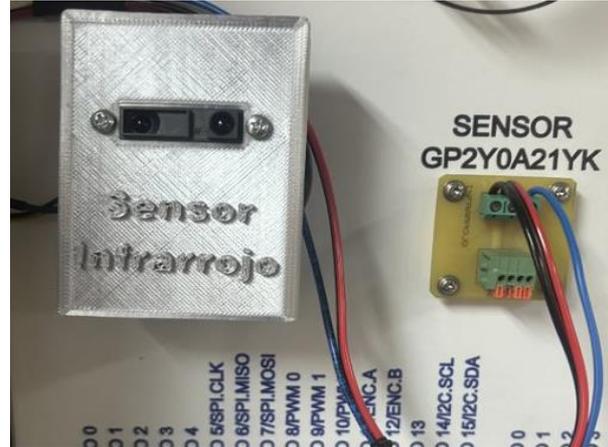
Tarjeta PCB y diseño 3D



Borneras



Acople Sensor



Montaje al tablero

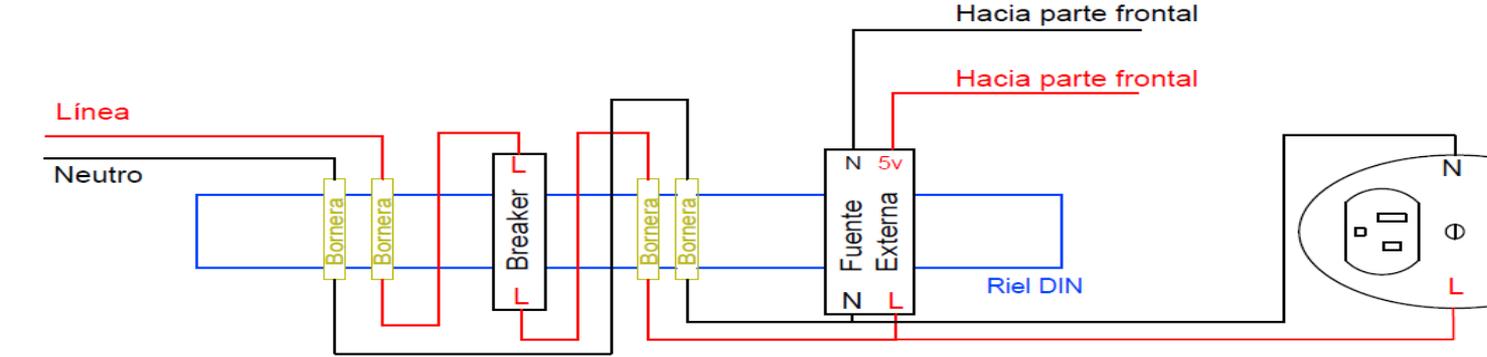
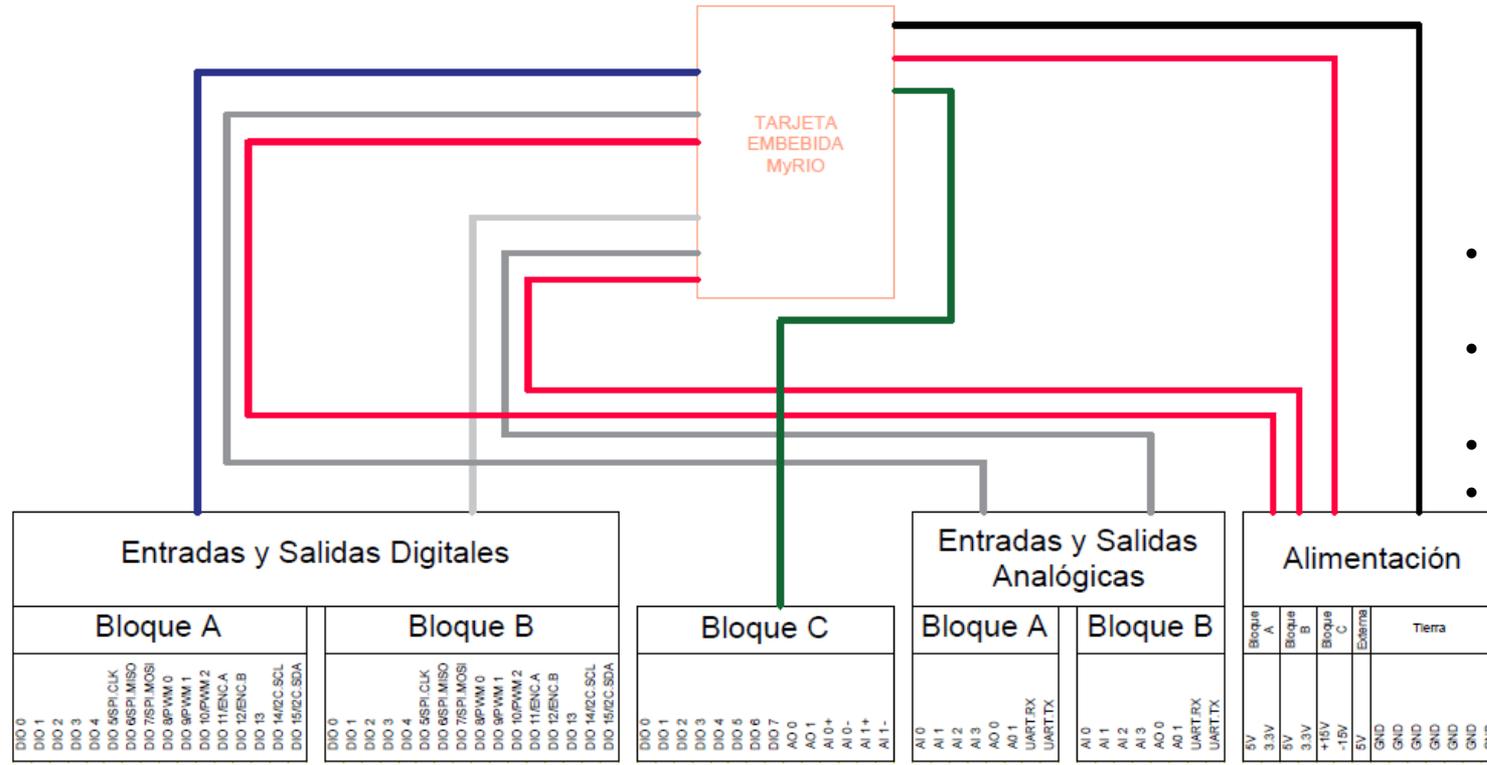


# Cableado

## IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO

### Conexión Interna Tarjeta - Bornas

- Azul y gris (Bloque Digital)
- Rojo y negro (Alimentación)
- Verde (Bloque C)
- Gris oscuro (Bloque análogo)



### Conexión Protección

Tomacorriente  
120 VAC



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



### Cableado Final

- Cable AWG #22
- Cable color azul-rojo-negro-gris claro-gris oscuro-verde.
- Canaleta plástica ranurada mediana.

# Puesta en Marcha

## IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO

Instalación Final



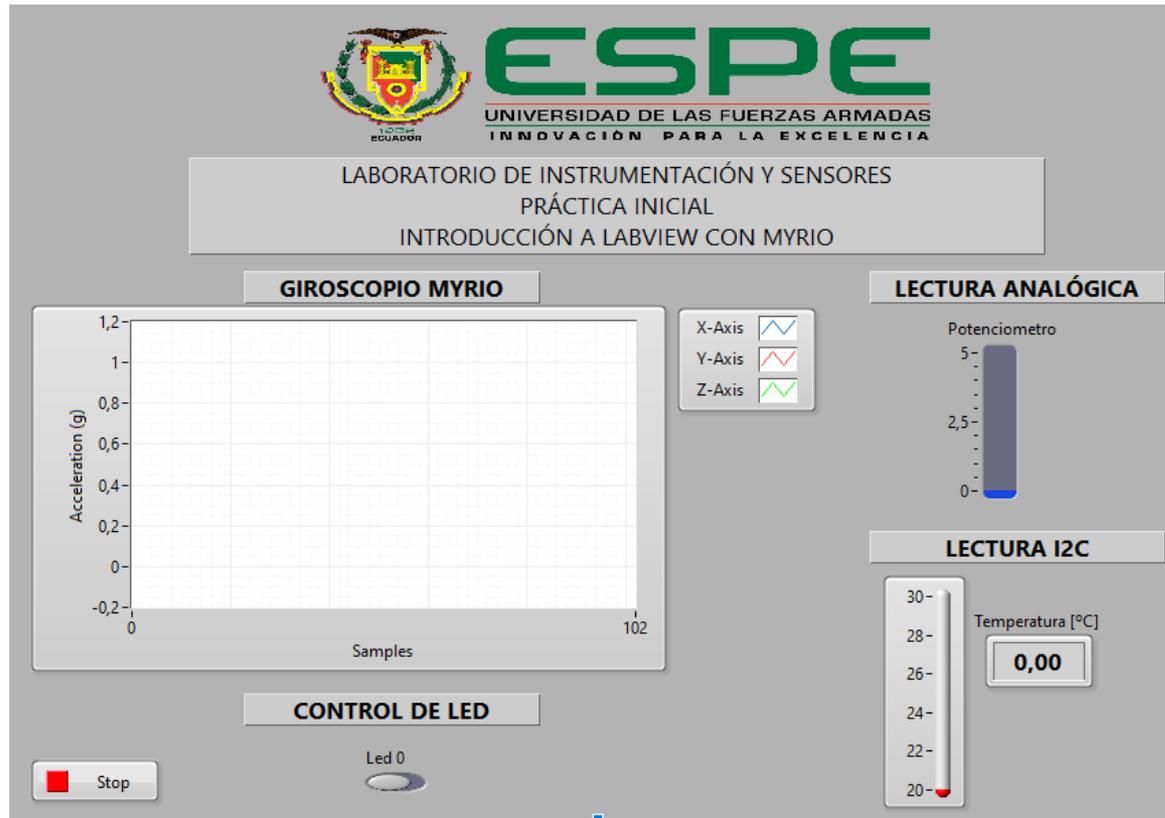
Laboratorio de Instrumentación y Sensores



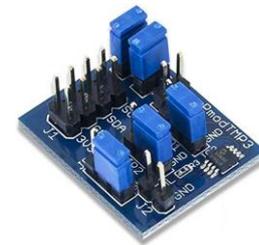


# GUÍAS DE LABORATORIO

Las prácticas de Laboratorio se realizaron teniendo como objetivo el integrar y complementar los conocimientos teóricos y prácticos de los estudiantes que cursan la asignatura de Instrumentación y Sensores.

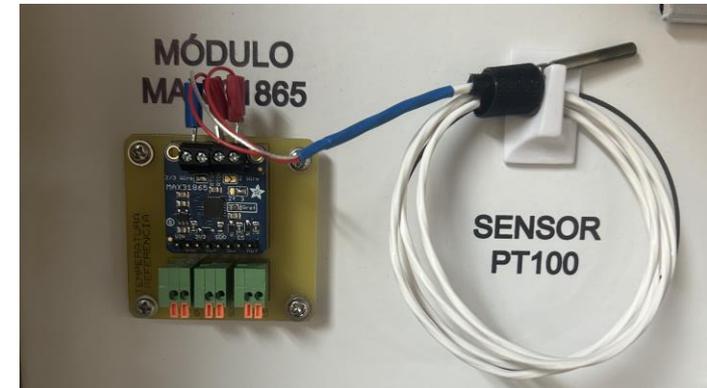
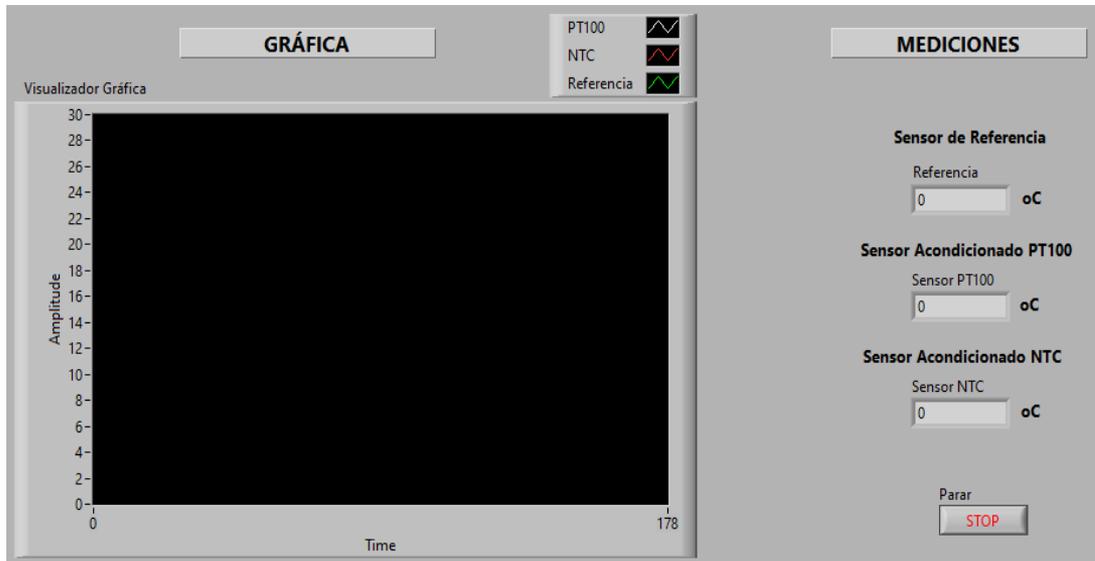


Esta práctica inicial se centra en iniciar al estudiante en el entorno de programación LabVIEW, conocer el proceso de instalación y configurar los principales paquetes que serán necesarios a lo largo de todo el desarrollo de las diferentes prácticas de laboratorio, también familiarizarse con las funciones, características que posee, se puede realizar una revisión de esta guía inicial



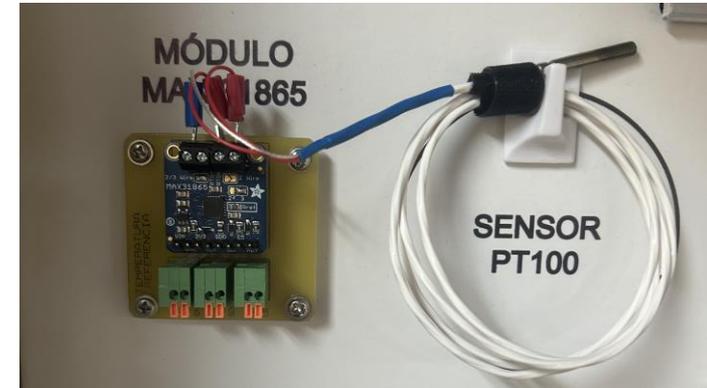
### Practica con Sensor RTD y Termistor.

Esta práctica tiene como objetivo primordial encaminar al estudiante a que diseñe e implemente los circuitos de acondicionamiento para un sensor resistivo RTD y un sensor Termistor, con lo que podrá realizar una comparación del acondicionamiento junto a la forma de calibración y las medidas experimentales que cada uno



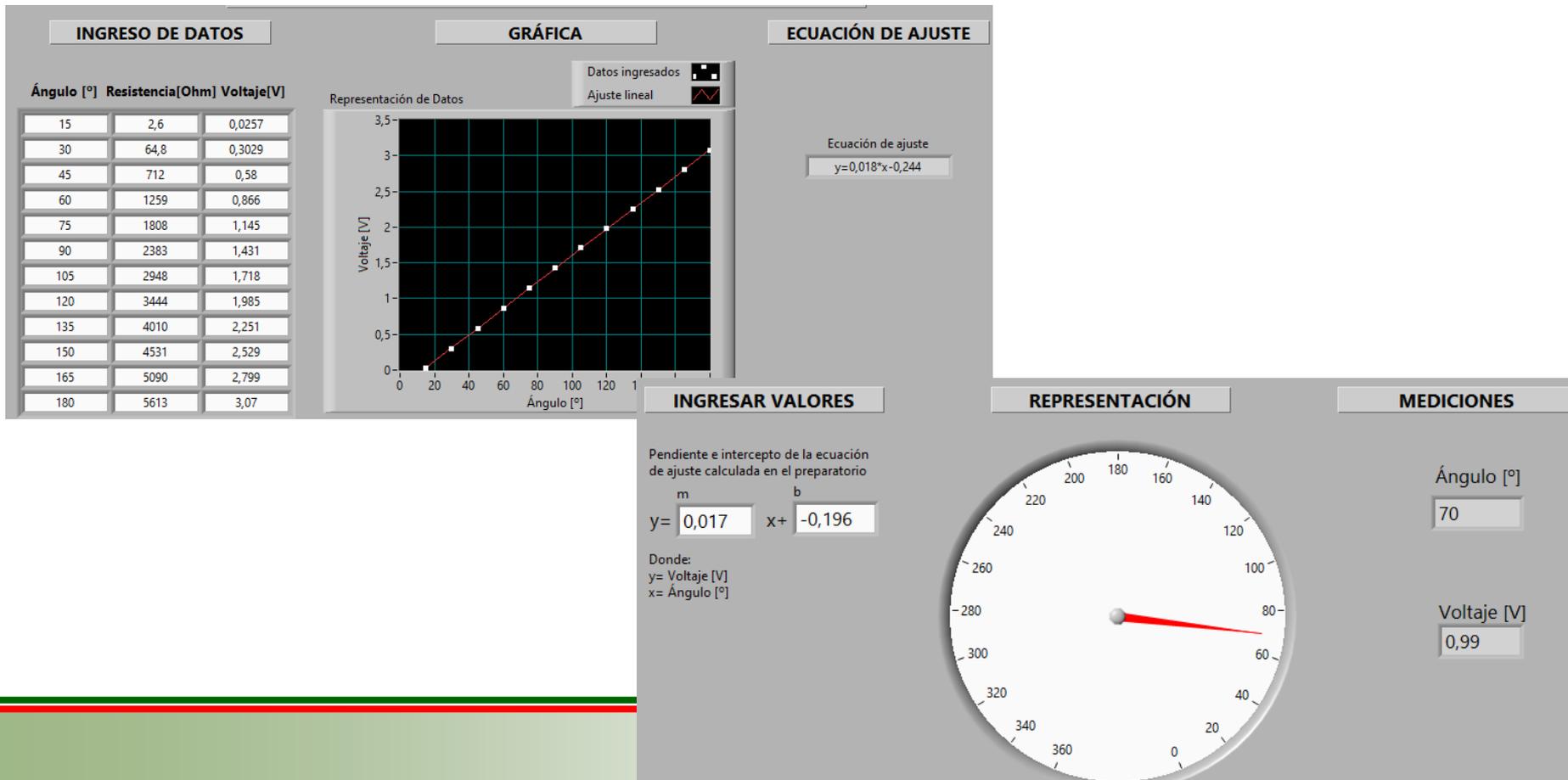
### Practica con Sensor Termopar

Esta práctica tiene como objetivo primordial encaminar al estudiante a que diseñe e implemente los circuitos de acondicionamiento para un sensor termopar, con lo que podrá realizar una comparación del acondicionamiento junto a la forma de calibración y las medidas experimentales que cada uno



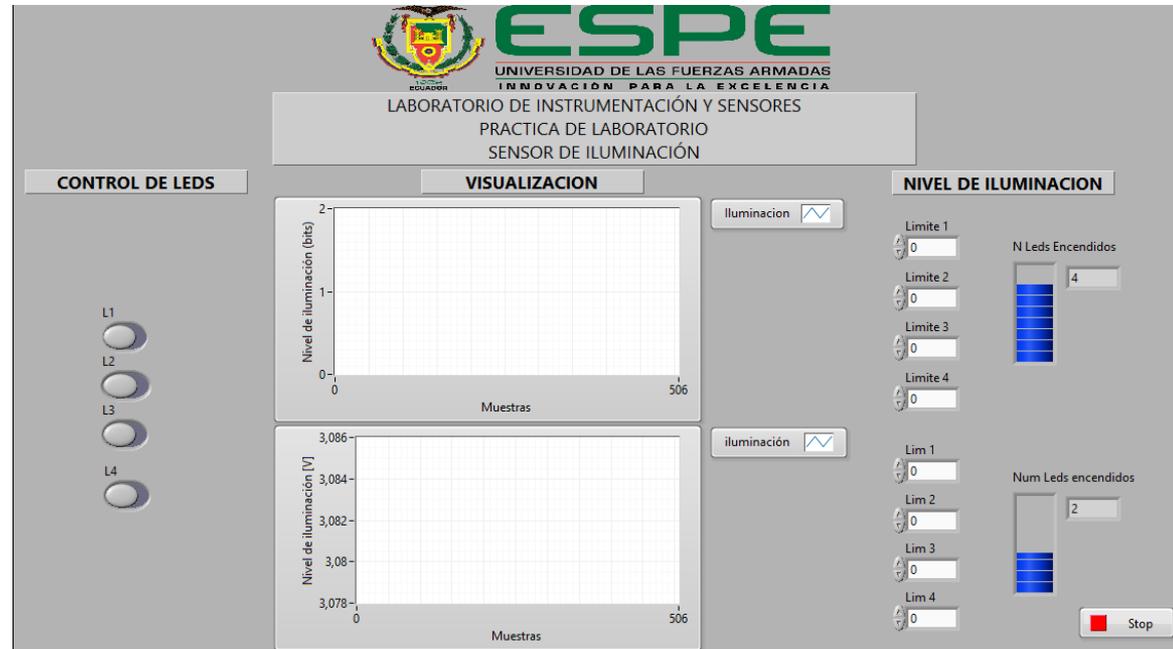
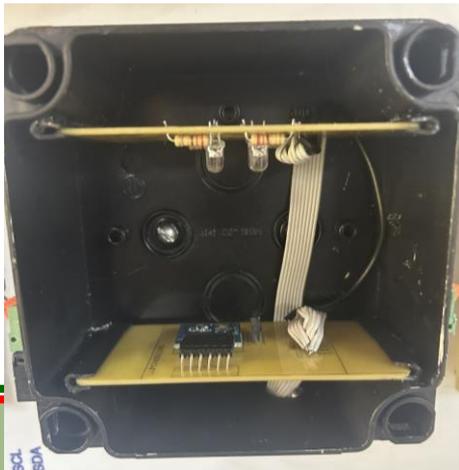
### Practica con Sensor de posición Angular

Esta práctica tiene como objetivo implementar un sistema de instrumentación para medir la variable de posición angular con el uso de un potenciómetro un circuito de acondicionamiento en un rango de 0 a 5V y con la ayuda de instrumentación virtual poder visualizar los datos obtenidos



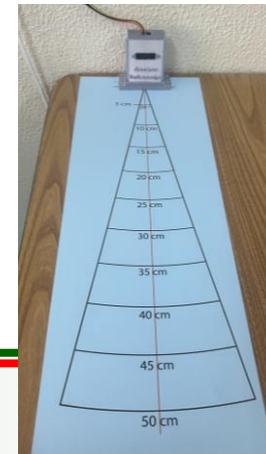
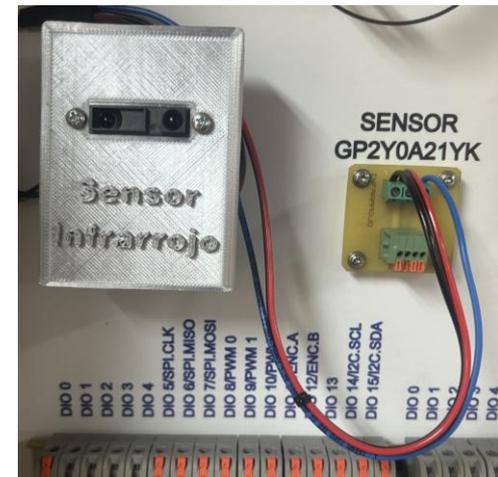
### Practica con Sensor de iluminación

Esta práctica tiene como objetivo implementar un sistema de instrumentación para medir la variable de nivel de iluminación ambiental, es decir verificar la cantidad de luz que incide sobre el sensor, con el uso de un arreglo de leds y el diseño e implementación de un circuito de acondicionamiento



### Practica con Sensor infrarrojo

Esta práctica tiene como objetivo realizar una búsqueda bibliográfica con la finalidad de analizar el comportamiento de un sensor infrarrojo, luego poder estimar distancias en un rango menor a 50 [cm], tomando en cuenta las variaciones ambientales que se puedan presentar



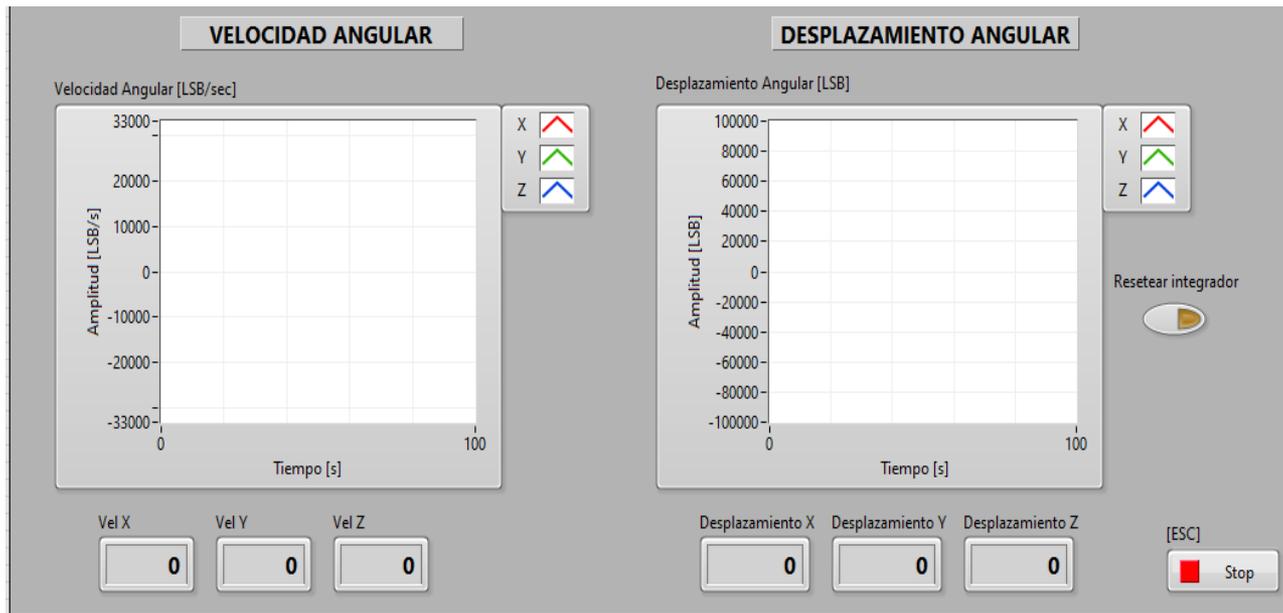
### Practica con Sensor de Fuerza

Esta práctica tiene como objetivo realizar una búsqueda bibliográfica con la finalidad de analizar el comportamiento de un sensor infrarrojo, luego poder estimar distancias en un rango menor a 50 [cm], tomando en cuenta las variaciones ambientales que se puedan presentar



## Practica con Giroscópio

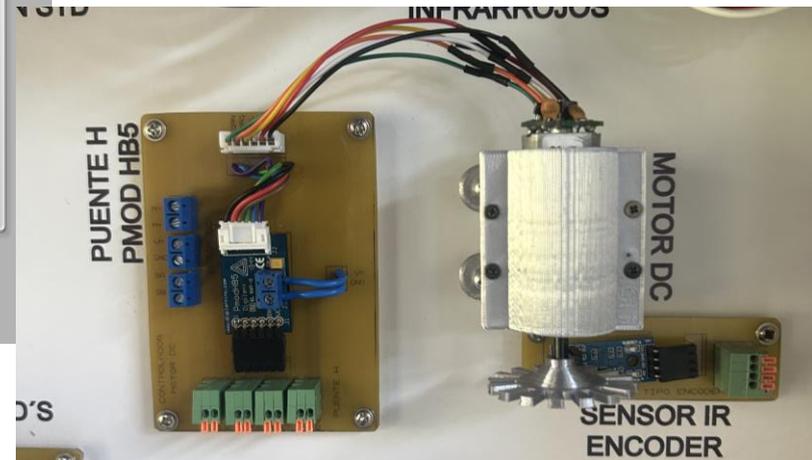
Esta práctica tiene como objetivo analizar el comportamiento y los modos de funcionamiento, en base a conceptos teóricos y pruebas experimentales, con los que cuenta la tarjeta PMODGYRO, este se trata de un giroscopio que se encuentra disponible en el propio kit de desarrollo NI myRIO



## Practica con Encoders

Esta práctica tiene como objetivo analizar el comportamiento y los modos de funcionamiento, en base a una búsqueda bibliográfica, acerca del encoder absoluto y el encoder incremental, estos se diseñaron a partir de un motor DC y un motor a pasos, estos se encontraron en el kit de desarrollo NI myRIO

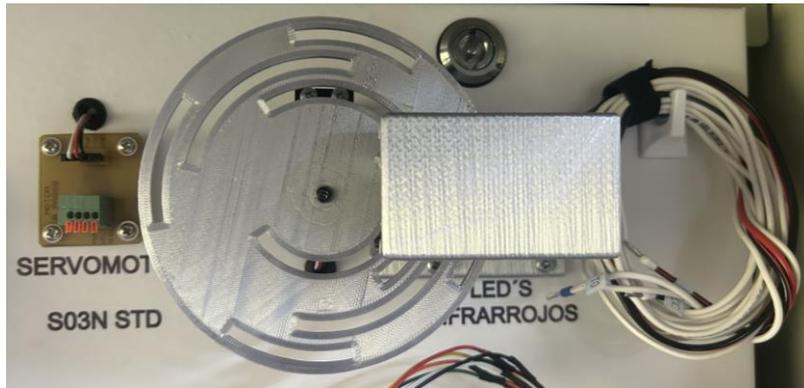
### Encoder incremental



### Practica con Encoders

Esta práctica tiene como objetivo analizar el comportamiento y los modos de funcionamiento, en base a una búsqueda bibliográfica, acerca del encoder absoluto y el encoder incremental, estos se diseñaron a partir de un motor DC y un motor a pasos, estos se encontraron en el kit de desarrollo NI myRIO

### Encoder absoluto



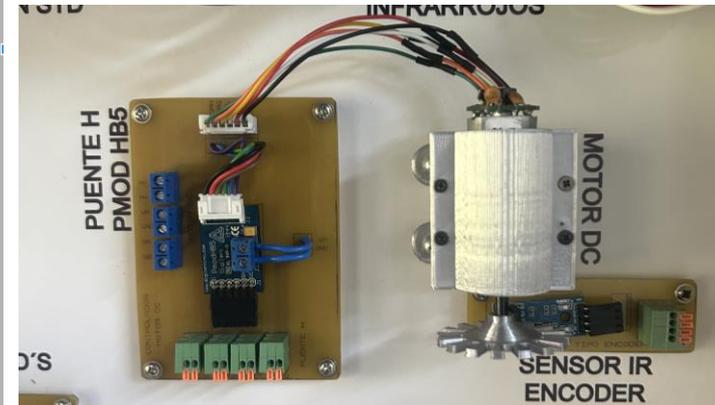
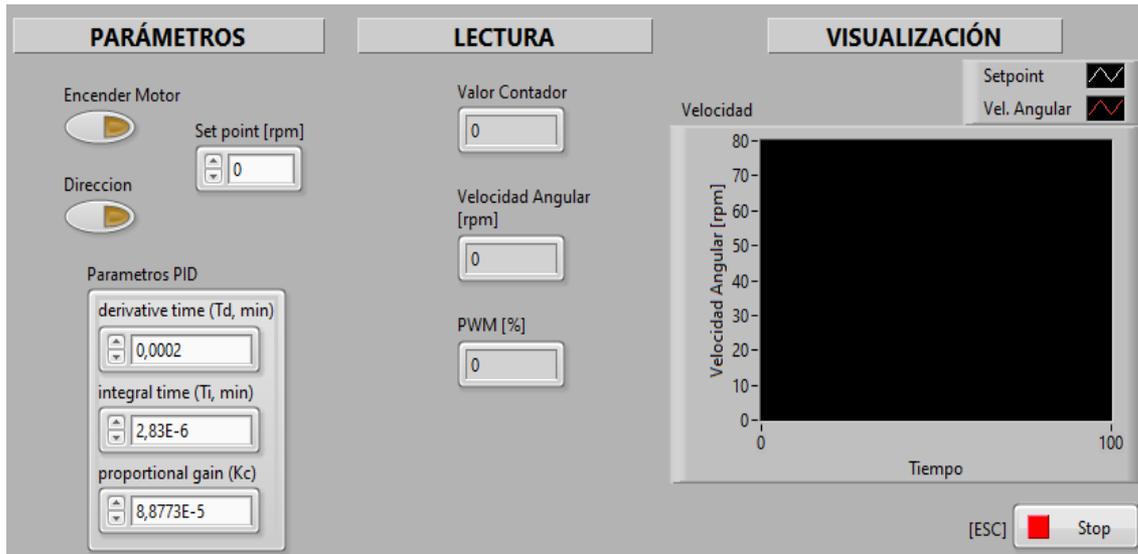
The screenshot shows a software control interface with three main sections: **PARÁMETROS**, **LECTURA DE BITS**, and **LECTURA DEL TECLADO**.

- PARÁMETROS:** Includes a dropdown for 'PWM channel' set to 'B/PWM0', a frequency input of '50' Hz, a pulse width input of '1,5' ms, a duty cycle input of '0' %, and a full scale input of '0' %.
- LECTURA DE BITS:** Shows four bit indicators: 'Bit 0 (LSB)', 'Bit 1', 'Bit 2', and 'Bit 3 (MSB)', each with a green LED indicator.
- LECTURA DEL TECLADO:** Features a 4x4 grid of green buttons labeled 'Botón presionado' and a 'Stop' button with a red square icon.

Additional controls include an 'offset' input set to '0' and an 'Establecer Offset' button.

### Practica de control de Velocidad de un motor DC

Esta práctica tiene como objetivo realizar el control de velocidad de un motor DC que se la asociará a una planta del proceso. El control será a través de un controlador PID diseñado en el software LabVIEW



# Proyecto Instrumentación

Esta guía de laboratorio se trata de un proyecto final, en donde el estudiante se debe enfocar en el diseño de una plataforma multisensado, esta debe contar con un visualizador gráfico en LabVIEW para la adquisición y monitoreo de todas las señales de los sensores que se utilizarán y que estarán conectados con la ayuda de la tarjeta embebida myRIO



# PRUEBAS Y RESULTADOS

### Sensor de Fuerza

Peso Patrón [gr]	Medición en LabVIEW [gr]	Error [%]
50	51,05	2,10
100	102,17	2,17
150	152,06	1,37
200	198,95	0,53
250	247,84	0,86
300	301,73	0,58
350	353,63	1,04
400	401,52	0,38
450	448,54	0,32
500	500,43	0,09

### Sensor de Temperatura MAX 31865

Temperatura sensor comercial [°C]	Temperatura medida [°C]	Error Porcentual [%]
20	19,96	0,20
25	25,01	0,04
30	29,77	0,77
35	34,67	0,94
40	40,37	0,92
45	44,73	0,60
50	50,4	0,80
55	54,63	0,67
60	60,46	0,77
65	65,22	0,34
70	69,71	0,41

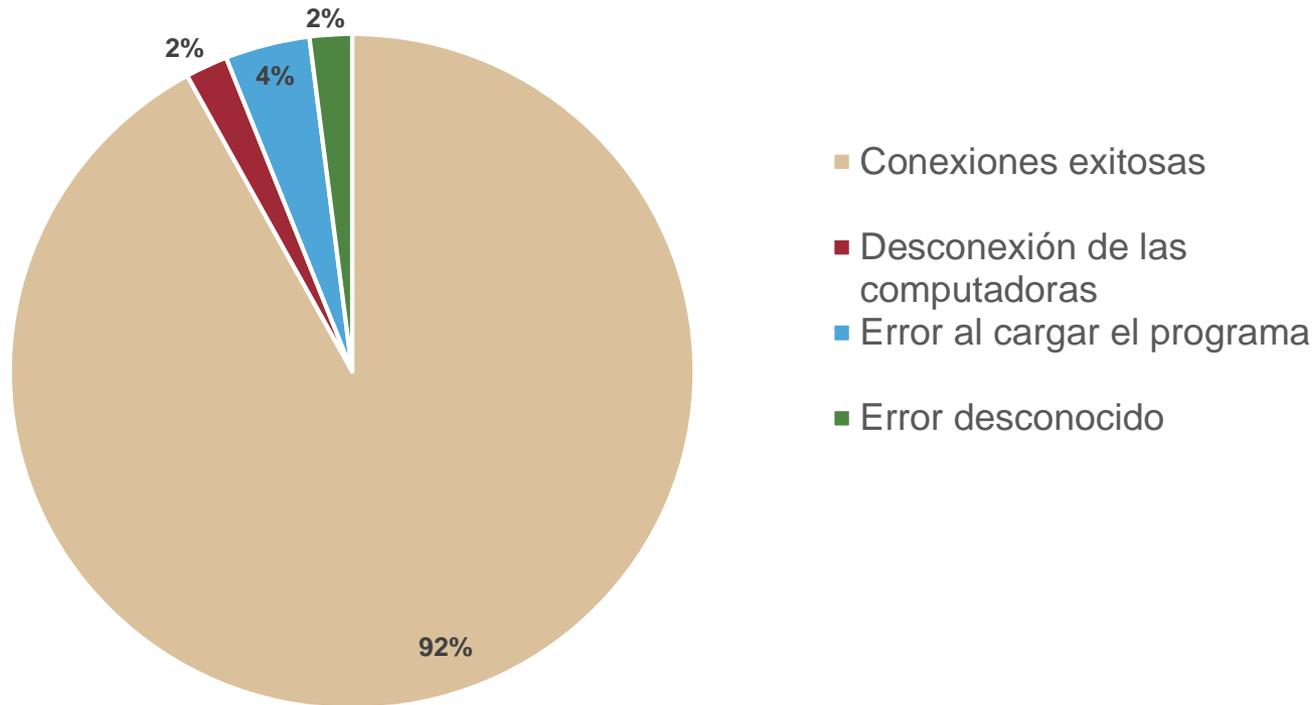


### Giroscopio

Ángulo de giro			Ángulo de giro Medido			Error Absoluto		
[°]			[°]			[°]		
Eje x	Eje y	Eje z	Eje x	Eje y	Eje z	Eje x	Eje y	Eje z
90	0	0	92,294	-3,150	2,624	-2,294	3,150	-2,624
-90	0	0	-89,645	2,044	3,154	-0,355	-2,044	-3,154
0	90	0	-3,324	87,133	3,237	3,324	2,867	-3,237
0	-90	0	3,066	-87,346	3,379	-3,066	-2,654	-3,379
0	0	90	3,764	-2,396	91,844	-3,764	2,396	-1,844
0	0	-90	0,787	0,151	-86,841	-0,787	-0,151	-3,159

La comunicación del computador con la tarjeta embebida se lo hace inalámbricamente mediante Wifi, para lograr esto se configuró el controlador como router, es decir que crea una red llamada “myRIO” y al que se deben conectar todos los estudiantes, para lo cual se procedió a realizar pruebas de conexión de varios estudiantes a la red al mismo tiempo y las fallas de comunicación con la tarjeta.

Pruebas de comunicación inalámbrica con la tarjeta



# TIEMPO DE EJECUCIÓN

Se tomó el tiempo de ejecución del apartado de práctica de laboratorio en dos estudiantes ya que uno de los grandes obstáculos al diseñar las guías de laboratorio es mantener el tiempo de ejecución de cada práctica dentro de las 2 horas de duración de una hora de clase

	Estudiante 1	Estudiante 2	Tiempo
	[min]	[min]	Promedio
			[min]
<b>Práctica 0</b>	35	29	32,0
<b>Práctica 1</b>	43	44	43,5
<b>Práctica 2</b>	42	43	42,5
<b>Práctica 3</b>	32	30	31,0
<b>Práctica 4</b>	41	39	40,0
<b>Práctica 5</b>	28	31	29,5
<b>Práctica 6</b>	50	48	49,0
<b>Práctica 7</b>	29	29	29,0
<b>Práctica 8</b>	48	45	46,5
<b>Práctica 9</b>	36	38	37,0
Tiempo promedio de todas las prácticas			38



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a la investigación exhaustiva se diseñó un sistema de entrenamiento en conjunto con prácticas de laboratorio para los distintos sensores y actuadores para el laboratorio de Instrumentación y Sensores.

El diseño del tablero eléctrico cuenta con una protección IP68, por lo que cumple con las normativas industriales de protección eléctrica y protección contra polvo, además que se fabricaron placas PCB y elementos diseñados e impresos en 3D para obtener una distribución didáctica y accesible para los estudiantes

La conexión inalámbrica entre la tarjeta myRIO y el computador permite una interacción rápida y confiable entre el sistema de entrenamiento y las estaciones de trabajo de los estudiantes con una confiabilidad del 92% y una amplia cobertura en todo el espacio del laboratorio para que los estudiantes pueden interactuar con el controlador desde cualquier mesa del laboratorio.

Las actividades prácticas implementadas utilizando la tecnología myRIO y el entorno de programación de LabVIEW, tales son un recurso efectivo para fortalecer las habilidades de los estudiantes en el área de instrumentación. Además, estas prácticas les permiten adquirir conocimientos sobre la tecnología de National Instruments que no ha sido abordada previamente en las mallas curriculares.

Se elaboraron diez guías de laboratorio que detallan las características del circuito electrónico a utilizar, conexión de los sensores, programación, toma de datos y el análisis de los datos obtenidos utilizando la tarjeta embebida myRIO. Cumplen con los objetivos de las asignaturas abarcando el contenido del sílabo de las materias y su tiempo de ejecución en el laboratorio es en promedio de 38 minutos, lo que permite finalizar dentro del horario establecido

Los sensores utilizados para la construcción del tablero son adecuados para esta aplicación ya que los sensores adquiridos presentan un error menor al 5% según las pruebas realizadas y aquellos que incluye el kit myRIO poseen un error menor al 2%.

Llevar a cabo el mantenimiento preventivo de manera periódica en los equipos, a fin de asegurar el correcto funcionamiento del tablero electrónico.

Revisar y reemplazar los componentes que presenten fallas, con el fin de evitar interrupciones en el proceso de enseñanza y garantizar un uso eficiente y prolongado del sistema.

Replicar más sistemas de entrenamientos para que cada grupo de estudiantes tenga acceso a este sistema y puedan realizar las prácticas de laboratorio de manera eficiente y en un menor tiempo.

Reemplazar el servomotor utilizado en el encoder absoluto por un servomotor que permita el giro completo de 360° para una mejor experiencia en la práctica de laboratorio.

Revisar constantemente las actualizaciones del software de LabVIEW y el firmware de la tarjeta myRIO para garantizar la compatibilidad y el correcto funcionamiento del sistema de entrenamiento.

*Muchas  
Gracias*

*Carla Fuenmayor & Jhordy León*



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA