

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO DE UN SISTEMA DE PRUEBA Y MEDICIÓN PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES TELEMÉTRICAS

MSc. Luis Fernando Rico Riveros, MSc. Victor Hugo Bernal Tristancho, MSc. Alexander Cortes Llanos

Universidad ECCI

coordinacion.electronica@ecc.edu.co, acortesll@ecc.edu.co, vbernal@ecc.edu.co

Abstract— A fin de obtener guías de laboratorio mediante una estrategia didáctica basada en aprendizaje colaborativo [1] se presenta el diseño e implementación de un sistema que permite la realización de pruebas y mediciones en forma alámbrica e inalámbrica en aplicaciones telemétricas, obteniendo información a distancia de variables involucradas en procesos de medición y control, como son: velocidad, aceleración, posicionamiento GPS, posicionamiento por Giroscopio, temperatura, presión entre otros, estableciendo el estado y comportamiento de un dispositivo fijo o en movimiento

Index Terms—Didáctica, Diseño, simulación, emulación, telemetría, posicionamiento GPS, RF

I. INTRODUCCIÓN

Con este diseño se presenta un procedimiento teórico, experimental y práctico para la caracterización e implementación de sensores transductores aplicados a sistemas de telemetría tanto por vía cable como por vía RF, obtener información de variables propias del proceso de medición como son: velocidad, aceleración, posicionamiento, temperatura, presión. Se presenta la utilización y caracterización de hardware y software, tanto básico como especializado, y su consecuente interacción para generar el sistema de prueba y medición correspondiente, esta información se consolida para el desarrollo de guías de laboratorio que son implementadas al interior de asignaturas de pregrado a nivel de tecnología e ingeniería.

El trabajo está orientado hacia una estructura académica como propuesta de desarrollo de guías de laboratorio para ser aplicables en los niveles de formación con estudiantes Tecnología y estudiantes de Ingeniería en diferentes asignaturas propias del área: mediciones, instrumentación, comunicaciones, control, basado en una estrategia metodológica que permita el trabajo de aprendizajes colaborativos, así mismo el objetivo es acercar tanto a los estudiantes de Tecnología e Ingeniería a entornos de medición más reales y aplicados en la industria, tal como son los sistemas DAQ que se explican más adelante.

Para la generación de las guías de laboratorio a nivel tecnológico se diseñó e implementó el sistema basado en hardware y software, siendo compuesto por dispositivos como sensores: termocupla, termistor, celda de carga, módulo GPS con su antena, módulo Giroscopio; como sistema de procesamiento: microcontroladores PIC, tarjeta de microcontrolador Arduino [2], tarjeta NI – USB 6008 [3]; dispositivos de comunicaciones: módulo transmisor de RF,

módulo receptor RF; medios de transmisión alámbrica (interfaz RS232) e inalámbrica, en la fig. 1 se presenta una imagen del sistema básico emulado bajo prueba en protoboard, logrado por estudiantes de los semestres cuarto y quinto de Tecnología

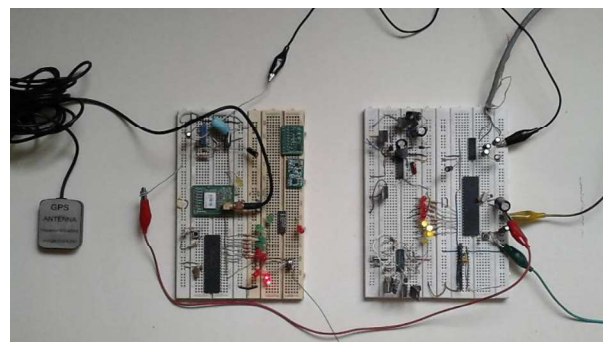


Fig 1. Sistema básico de prueba

Para la generación de guías de laboratorio a nivel de Ingeniería, se trabajó con estudiantes de noveno y décimo semestre al interior de las asignaturas: Instrumentación Industrial I e Instrumentación Industrial II, para lo cual se contó con un sistema de desarrollo tipo CompactDAQ, ver fig. 2, con módulos: de comunicaciones, de entradas analógicas-digitales, de salidas analógicas-digitales, módulo de termocuplas, y software de desarrollo basado en LabView [4].

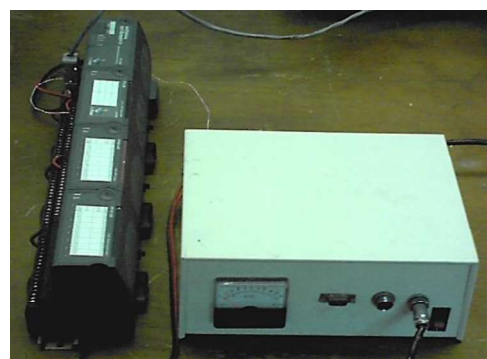


Fig 2. Sistema robusto de prueba

II. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

El diseño e implementación de las guías de laboratorio se sustentan en el seguimiento y cumplimiento de procedimiento metodológico experimental que se organiza por fases: propuesta, diseño, práctica experimental, emulación, simulación, que permite la caracterización e implementación

de sensores transductores aplicados a sistemas de telemetría tanto por vía cable como por vía RF, mediante los cuales permiten obtener información de variables propias del proceso de medición como son: velocidad, aceleración, posicionamiento, temperatura, presión.

III. PROPUESTA

Mediante un proceso lógico y sistemático de diseño e implementación de guías de laboratorio se consolida y tiene a disposición un sistema electrónico de medición, adquisición y visualización de señales de información, provenientes de variables físicas que intervienen en procesos de monitoreo que ocurren en forma remota y a distancia caracterizadas en aplicaciones telemétricas. Tomando como estrategia didáctica el aprendizaje colaborativo, siendo el docente un guía y los estudiantes en grupos de trabajo definidos en roles de participación para llegar a un proceso de evaluación formativa y de esa forma realizar una retroalimentación de las actividades desarrolladas.

Los estudiantes se apoyan mutuamente para cumplir con un doble objetivo: lograr ser expertos en el conocimiento del contenido y desarrollar habilidades de trabajo en equipo. Comparten metas, recursos, logros y entendimiento del rol de cada uno. Son responsables de su desempeño y del logro de la tarea común y evalúan cuales acciones les han sido útiles y cuales no para mejorar su desempeño en un futuro. [5].

IV. DISEÑO EXPERIMENTAL

Dada la necesidad de poder contar con un sistema electrónico para la realización de mediciones, adquisición y visualización de variables físicas que se generan a distancia, se propuso un diseño inicial, tanto de hardware como de software, lográndose un sistema que permitía obtener información de variables, como: temperatura, presión, aceleración, posicionamiento basado en GPS, giroscopio, además de la caracterización de los sensores, se desarrolló una interfaz gráfica basada en la herramienta computacional LabVIEW, con este sistema tanto de hardware como de software se realizaban procesos de simulación y emulación de aplicaciones de orientación en el área de la telemetría.

El diseño se basa en la implementación sistemática de guías de laboratorio en las asignaturas de Instrumentación Industrial de cuarto semestre y Adquisición de Datos de Quinto semestre de Tecnología en Electrónica Industrial de la Universidad ECCI, la secuencia de guías de laboratorio es la siguiente:

En instrumentación Industrial:

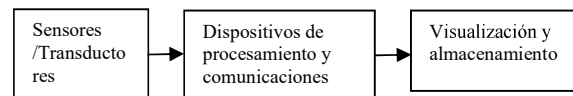
1. Caracterización de los sensores:
 - Temperatura: termocupla, Termistor
 - Presión, Celda de Carga
 - Aceleración
 - Giroscopio
2. Procesamiento de señales de los sensores:
 - Temperatura: termocupla, Termistor
 - Presión, Celda de Carga
 - Aceleración
 - Giroscopio

En Adquisición de Datos:

1. Trabajo con microcontrolador PIC y Arduino
 - Conversión analógica – digital
 - Interfaz de comunicaciones seriales
2. Visualización para monitoreo con interfaz gráfica:
 - Interfaz gráfica desarrollada en LabVIEW
3. Caracterización sistema RF
4. Caracterización GPS con interfaz gráfica

4.1. Diseño y aplicación componentes de Hardware y Software Nivel de formación en Tecnología

Para el diseño del primer sistema de medida, adquisición y monitoreo se implementó por etapas, dichas etapas se pueden visualizar en el siguiente diagrama a bloques:



La etapa de caracterización de los sensores se desarrolló al interior de la asignatura Instrumentación Industrial con estudiantes de cuarto semestre, se trabajó por grupos colaborativos, logrando la caracterización de los siguientes tipos de sensores y módulos, en la fig. 3 se observa alguno de los tipos de sensores de temperatura y presión.

- o Sensor de temperatura Termocupla tipo K [5]
- o Sensor de temperatura Termistor [6]
- o Celda de carga
- o Módulo Giroscopio [7]
- o Módulo Acelerómetro [8]



Fig. 3. Sensores temperatura y presión

La etapa de dispositivos de procesamiento y comunicaciones se desarrolló al interior de la asignatura Adquisición de Datos con estudiantes de quinto semestre, se trabajó por grupos colaborativos, logrando la caracterización de los siguientes dispositivos de procesamiento y comunicaciones, así como se observa en la fig. 4:

- o Tarjeta de adquisición de datos NI – USB 6008
- o Tarjeta de adquisición de datos Arduino
- o Microcontroladores PIC 18F450
- o Transmisor de RF
- o Receptor de RF
- o Módulo GPS con antena

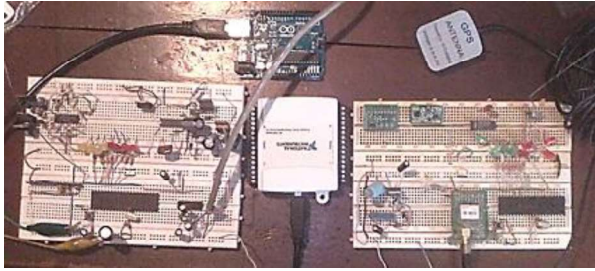


Fig. 4. Dispositivos de procesamiento y comunicaciones

En la fig. 4 se observa en protoboard los circuitos de prueba y desarrollo orientados a la caracterización y logro de prototipo, así mismo los dispositivos utilizados para lograr el sistema de medición, adquisición y almacenamiento propuesto.

4.1.1 Descripción Guía Laboratorio Caracterización GPS con Interfaz Gráfica.

En la figura 5 se presenta un diagrama a bloques del sistema de medición desarrollado, así mismo se realiza una presentación en forma resumida de la guía de laboratorio Caracterización GPS con interfaz gráfica.

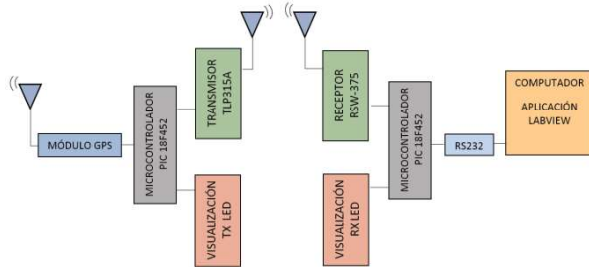


Fig. 5. Diagrama a bloques aplicación posicionamiento con GPS

1. La información de posicionamiento proviene del módulo GPS [9] configurado e instalado con su antena [10].

2. El módulo GPS se conecta al microcontrolador de transmisión PIC 18F452 [11], el cual toma la información y la procesa para ser transmitida por el módulo de RF y visualizada bit a bit por leds.

3. El transmisor TLP315A [12] con antena, envía la información en forma inalámbrica hasta el receptor de RF.

4. El receptor RWS-375 [13], captura la señal de información y la envía al microcontrolador de recepción.

5. El microcontrolador PIC 18F452 de recepción, toma la información la procesa y la transmite vía interfaz RS232 y convertidor USB al computador, así mismo la información recibida se puede visualizar bit a bit a través de los leds de recepción configurados para tal fin.

6. La información de posicionamiento obtenida es visualizada a través de la interfaz gráfica desarrollada en LabVIEW siendo adaptada a la aplicación específica, en las figuras 6 y 7, se observa impresión de pantalla del programa

utilizado, ilustrando en la fig. 6 el programa de la ventana de diagrama de bloques, y la fig. 7 el panel frontal.

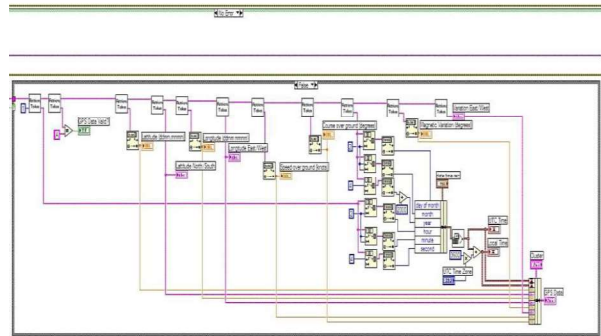


Fig. 6. Ventana Diagrama de bloques en LabVIEW – GPS

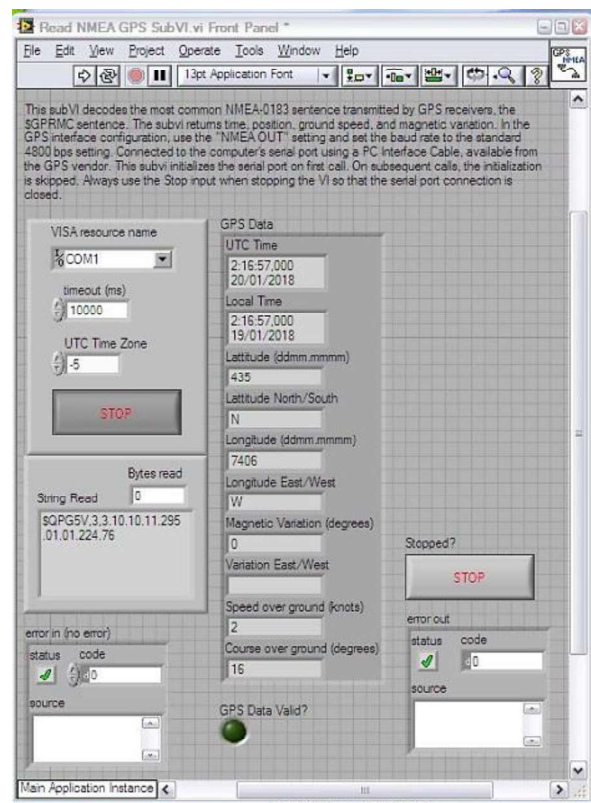


Fig. 7. Ventana panel frontal en LabVIEW – GPS

De las figuras 6 y 7 se observa el desarrollo y adaptación del programa de aplicación con dispositivos de posicionamiento como es el GPS, brindando información de la posición actual del dispositivo, esta información se adquiere codificada aplicando el protocolo NMEA-0703 sentencia transmitida por el GPS y recibida por la interface desarrollada en LabVIEW decodificada por la sentencia %GPRIMC, disponiendo en la interfaz los Sub Virtual Instruments (VI), configurados para brindar información de la fecha, hora, distancia, coordenadas de posicionamiento geográfica del dispositivo, bien sea en estado estático como dinámico.

4.1.2 Descripción Guía Laboratorio variables: temperatura, presión con Interfaz Gráfica

Previa caracterización de los sensores en la asignatura Instrumentación Industrial de cuarto semestre, se procede a realizar el procedimiento para poder visualizar, almacenar y analizar la información, se realiza al interior de la asignatura Adquisición de Datos de quinto semestre.

En la figura 8 se presenta un diagrama a bloques del sistema de medición desarrollado, así mismo se realiza una presentación en forma resumida de la guía de laboratorio variables: temperatura, presión con interfaz gráfica.

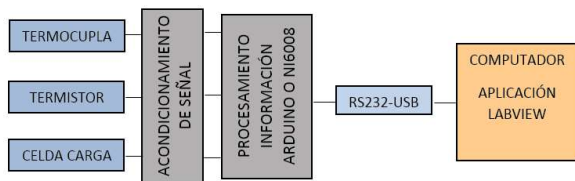


Fig. 8. Diagrama a bloques aplicación variables: Temperatura y Presión

1. Caracterización y acondicionamiento de señal [14] de los sensores: Termocupla [15], termistor y celda de carga.

2. Procesamiento de información: para la práctica y lograr comparación se utilizan dos tipos de dispositivos: Arduino y/o tarjeta NI 6008, en ambos casos el estudiante puede utilizar las librerías particulares disponibles en LabVIEW.

3. Visualización y almacenamiento de información con interfaz gráfica programa de aplicación en LabVIEW desarrollado, en las figuras 9 y 10 se presenta impresión de pantalla del programa de diagrama de bloques y panel frontal respectivamente.

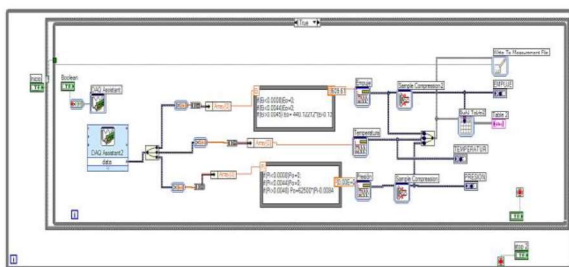


Fig. 9. Ventana Diagrama de bloques en LabVIEW – variables

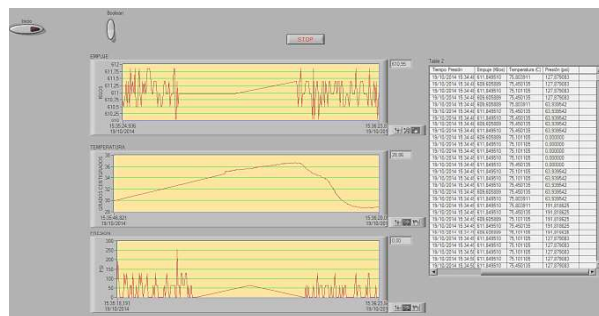


Fig. 10. Ventana panel frontal en LabVIEW - variables

El programa de aplicación presentado en las figuras 7 y 8 se implementó para obtener información de las variables de temperatura con los sensores de Temperatura: Termocupla [16], termistor, y presión: celda de carga [17], en forma simultánea se puede visualizar el comportamiento de cada variable, así mismo se crea un informe en Excel a través del VI correspondiente de generación de informes, dicha información se dispone en Excel para cálculos y análisis correspondiente.

4.1.3 Descripción Guía Laboratorio variables: Conteo, temporización y velocidad con Interfaz Gráfica

Siguiendo el procedimiento aplicado y explicado en las guías anteriores se presenta en la figura 11 diagrama a bloques del sistema de medición desarrollado para lograr obtener información de aplicaciones de conteo, temporización y velocidad, se explica en forma resumida el desarrollo de la guía de laboratorio Caracterización variables: conteo, temporización y velocidad con interfaz gráfica.

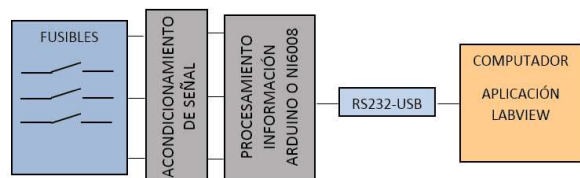


Fig. 11. Diagrama a bloques aplicación: Conteo, Temporización y velocidad

1. Para el caso se cuenta con actuadores que se denominaron fusibles, abren o cierran un circuito de aplicación para contar eventos, los cuales pueden ser temporizados, o aplicados para caracterizar un dispositivo que permite obtener la velocidad de un evento.

2. Procesamiento de información, se configuró las entradas digitales de los dispositivos: Arduino y/o tarjeta NI 6008, en ambos casos el estudiante puede utilizar las librerías particulares disponibles en LabVIEW [18], poder realizar comparaciones entre los dos dispositivos de procesamiento.

3. Visualización y almacenamiento de información con interfaz gráfica con programa de aplicación en LabVIEW desarrollado, en la figura 12 se presenta impresión de pantalla del programa del panel frontal.

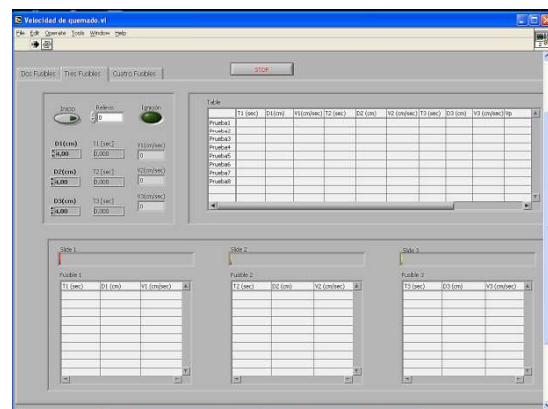


Fig. 12. Ventana panel frontal en LabVIEW - fusibles

En el panel frontal del programa en LabVIEW presentado en la fig. 12, se ilustra una interfaz gráfica compuesta por varios controles, como son: carpetas para hacer pruebas con dos, tres y cuatro fusibles, control para introducir datos iniciales de entrada, como la distancia de separación entre fusibles, el tiempo en segundos, y la velocidad entre cada punto de cada fusible.

Para cada zona de fusibles se ilustra un control gráfico de barra de desplazamiento y tabla de adquisición de información, esto ocurre cuando se está recorriendo determinada zona del evento de conteo y velocidad, así mismo durante la ejecución se pueden visualizar los datos que se están adquiriendo, los cuales son guardados en archivo Excel para su posterior análisis. Se cuenta también con una tabla general, que visualiza y guarda todos los datos de cada una de las zonas de separación entre ejecución de fusible en fusible

4.3. Diseño y aplicación componentes de Hardware y Software Nivel de formación en Ingeniería

Dados los resultados y experiencia adquirida con el sistema de desarrollo de simulación y emulación presentado y explicado en los apartes anteriores, referente a los alcances logrados en el nivel de formación en Tecnología, se procedió a evolucionar las aplicaciones a un sistema más robusto de adquisición de datos tipo DAQ, que se pudiera aplicar y desarrollar en el nivel de formación en Ingeniería Electrónica y que pudiera acercarse a los estudiantes de noveno y décimo semestre a entornos más reales e industriales.

Inicialmente se tiene un sistema industrial denominado NI FieldPoint migrando a un sistema NI CompactDAQ [19], dicho sistema consta de módulos intercambiables, configurables y escalables, dependiendo de la complejidad de la aplicación, se distinguen:

1. Módulo de comunicaciones
2. Módulo de entradas analógicas
3. Módulo de relés para activación de cargas de potencia
4. Módulo de señales especializado para sensores de temperatura tipo termocupla.

Con estas características de configuración del sistema se pueden adquirir mayor cantidad de variables en forma simultánea, a mayor distancia de separación, con mayor inmunidad al ruido y protección de la información, con tiempos de procesamiento más regulares y estables, permitiendo tener mayor confiabilidad de la información.

4.3.1 Descripción Guías de laboratorio del Hardware utilizado para aplicación de medición de variables

A continuación se presentan una descripción un poco más detallada de las guías de laboratorio de instalación, utilización y aplicación tanto de Hardware como de Software, desarrolladas por estudiantes de noveno y décimo semestre de Ingeniería Electrónica, a través de trabajo colaborativo al interior de las asignaturas Instrumentación Industrial I e Instrumentación Industrial II.

El hardware requerido para las aplicaciones planteadas se diseñó e implementó utilizando los siguientes componentes,

tanto de sensores como de procesamiento de señales y comunicaciones, así como se ilustran en la fig. 13.

1. Módulo de comunicaciones Field Point FP – 1000
2. Bases terminales FP-TB-1, FP-TB-3
3. Módulo de entradas analógicas FP AI – 100
4. Módulo de entradas analógicas de termocuplas FP TC-120
5. Módulo de relevos FP RLY-420
6. Fuente de alimentación de voltaje DC de 12 voltios para alimentar Field Point y celda de carga
7. Batería de 12VDC para circuito de ignición
8. Cable y conector DB9 para interface serial de comunicaciones RS232, para conexión Field Point y computador PC
9. Cables de poder
10. Cables de conexión: fuente de alimentación, cable de ignición
11. Celda de carga
12. Sensor de temperatura
13. Sensor de presión

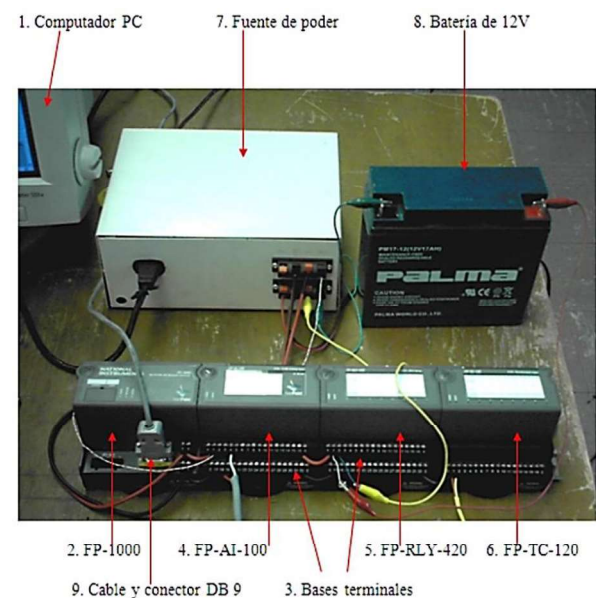


Fig. 13. Conexión módulo FieldPoint

Guía laboratorio: Instalación y conexiones del Field Point con sensores

Se presenta el procedimiento de instalación de los módulos del sistema FieldPoint:

1. Módulo Interfaz de red FP-1000
2. Base terminal FP-TB-1, se conecta al módulo interfaz de red.
3. Módulo de 8 entradas/salidas analógicas I/O FP-100, se instala sobre la base terminal FP-TB-1
4. De la base FP-TB-1 se ensambla la siguiente base de referencia FP-TB-3 para instalar el módulo FP-TC-120, que es el módulo de ocho entradas para señales de termocuplas
5. De la base FP-TP-3 se ensambla la base FP-TB-1 para instalar el módulo FP-RLY-420 que es el módulo de señales de salida de relevos para activación de cargas. Se recomienda este orden de conexión.

6. Para que el sistema FieldPoint funcione requiere estar conectado a una fuente de poder de voltaje de 11 a 30 VDC, la alimentación de voltaje se toma de la fuente de poder. Se conecta a la fuente de poder el módulo de comunicaciones FP-1000, este se identifica como COM o C, para indicar que es el punto común, y extremo rojo del cable se conecta en la parte alta del conector de potencia identificado con la letra V, indica el punto de voltaje más alto, para las pruebas que se realizan se utiliza un voltaje regulado de 12 VDC. De este conector de potencia y a través de cables cortos, que se conectan a los puntos identificados como V y C de la base FP-TB-1 del módulo I/O FP- 100 se distribuye el voltaje de alimentación necesario, en este mismo sentido de la base FP-TB-1 se conecta un solo cable negro a la siguiente base FP-TB-3 al punto identificado como C, y por último se alimenta la base FP-TB-1 del módulo de relevos.

7. La celda de carga tiene un cable de conexión de 10 metros de largo, este cable consta de cuatro cables internos, que se encuentran distribuidos de la siguiente forma: un cable para la alimentación de voltaje positivo (color rojo), un cable de punto común (tierra, color negro), un cable de senseo o salida positiva (color verde) y un cable de senseo o salida negativa (color blanco), esta configuración de cables en el punto extremo se conectan a un circuito de acondicionamiento de señal que consta de un amplificador y un filtro, que permiten procesar y acondicionar la señal de información de la celda de carga. Esta señal procesada es transmitida a través de un cable de conexión a uno de los canales analógicos del módulo de entradas analógicas I/O AI FP-100.

8. La conexión de la termocupla tipo K se realiza directamente al módulo FP TC-120, al canal 0 que corresponde a los terminales numerados 1 y 2, al terminal número 1 llega el terminal positivo de la termocupla y al terminal número 2 llega el terminal negativo de termocupla.

9. El sensor de presión se conecta directamente al módulo FP AI-100 al canal 1, terminales número 4, 19 y 20, esta conexión se realiza a través del cable de conexión especializado y caracterizado para el sensor de presión que tiene una longitud de tres metros y consta de tres cables, un cable de color rojo que se conecta al terminal número 19 denominado VSUP, un cable de color blanco que se conecta al terminal número 4 denominado Iin y un cable de color negro que se conecta al terminal número 20 denominado COM o punto común. Este sensor tiene una capacidad de medida de 0 a 1000 psi, generando dentro este rango una señal de corriente de 4 a 20 mA, con lo cual las mediciones que se realizan con este sensor son mediciones de corriente, logrando una configuración denominada loop powered de acuerdo al orden de conexión establecido.

10. El cable para cargas de potencia tiene una longitud de 10 metros, el terminal negativo (color negro) se conecta a un circuito de potencia y protección, conectado así mismo al terminal negativo de la batería externa de 12 Voltios, por medio de la cual se genera la diferencia de potencial y corriente necesarias (12 voltios, 3 Amperios) para realizar la activación de la carga de potencia. El terminal positivo (color rojo) del cable de potencia se conecta al canal 0 terminal número dos del módulo FP RLY-420. El otro extremo del cable de potencia se conecta a la carga que puede ser un

alambre de ferro níquel calibre 0.3 el cual cierra el circuito, el alambre de ferro níquel se utiliza para realizar pruebas y mediciones de plena carga, máximo 3 amperios.

10. Las comunicaciones entre el computador y el sistema FieldPoint se realiza a través de la interfaz serial RS232, para lo cual se dispone de un cable de conexión que cumple con la interfaz, así mismo en cada uno de los extremos el cable tiene un conector DB9 (gris) el cual se conecta por un extremo al puerto serial del computador y el otro extremo al módulo de red FP- 1000, permitiendo las comunicaciones bidireccionales de extremo a extremo.

4.3.2 Descripción Guía de laboratorio del software utilizado para aplicación de medición de variables

El programa de aplicación se desarrolló con software LabVIEW, se logró consolidar un programa prototipo de aplicación, que permite realizar la comunicación entre el computador PC y el sistema FieldPoint, adquirir, graficar y almacenar toda la información proveniente del proceso de pruebas de aplicación específica. En la fig. 11 se presenta una imagen del panel frontal del programa implementado.

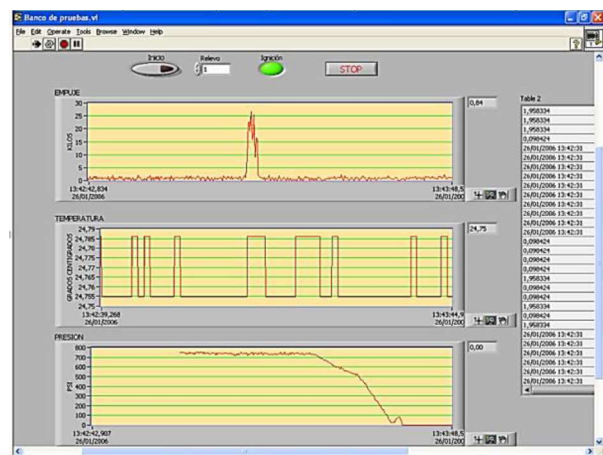


Fig. 11. Ventana principal programa aplicación

En esta ventana se distinguen los siguientes controles:

1. Botón Inicio: al realizar la acción de clic sobre este botón se inicia la adquisición de datos de las señales de la celda de carga, temperatura y presión, esta información se empieza a desplegar en la tabla de datos y sobre las gráficas correspondientes a cada variable.

2. Para activar la carga de potencia (alambre de ferro níquel para pruebas) se realiza la acción de clic sobre el control denominado Relevos, este control inicialmente se encuentra en el valor cero (0), se conmuta a uno (1), enviando la orden al módulo de relevos FP RLY -420 del FieldPoint para que cierre el circuito de potencia, con lo cual conmuta el circuito generando una corriente de 3 amperios sobre el alambre de ferro níquel, lo cual hace elevar el nivel de temperatura de este alambre, se inicia un temporizador de 10 segundos al cabo del cumplimiento de este tiempo se configura una señal para que el canal de relevos pase al estado cero (0), es decir se abre el circuito de potencia por protección desde del computador PC.

3. Control ignición, cuando se da inicio al control relevo, inmediatamente se enciende este control pasando al color verde que indica el inicio del proceso.

4. Control Tabla de datos: sobre este control se visualiza mediante datos numéricos toda la información cada milisegundo, del proceso de medición de peso con celda de carga, temperatura, presión proveniente del sistema FieldPoint. Después de terminado el proceso, y cerrando la aplicación se genera automáticamente un archivo de información de toda la prueba, con datos, fecha y hora, para ser revisado posteriormente en formato de hoja de cálculo Excel

5. Control gráfica Empuje: sobre este control gráfico se visualiza cada milisegundo el comportamiento de la señal de la celda de carga, que relaciona las variables Kilos vs Tiempo.

6. Control gráfica Temperatura: sobre este control gráfico se visualiza cada milisegundo el comportamiento de la señal de la termocupla, que relaciona las variables Grados Centígrados vs Tiempo.

7. Control gráfica Presión: sobre este control gráfico se visualiza cada milisegundo el comportamiento de la señal del sensor de presión, que relaciona las variables psi vs Tiempo. Libras por pulgada cuadrada (psi)

8. Botón STOP: al realizar la acción de clic sobre este botón se envía la orden de detener la adquisición de datos.

9. Para salir de la aplicación se realiza la acción de clic sobre el control X de la ventana en el extremo superior derecho.

se tiene la carga correspondiente, para el caso se usa la misma carga de pruebas, como es el alambre de ferrocárbido, posteriormente se hace adquiere señal de cierre para cada fusible configurado a través de tres canales analógicos del módulo FP AI – 100, para el caso de simulación y emulación se hace contacto en forma manual cerrando el circuito con una señal de 5 voltios proveniente de la fuente de alimentación, en la fig. 12 se observa el proceso en forma emulada.

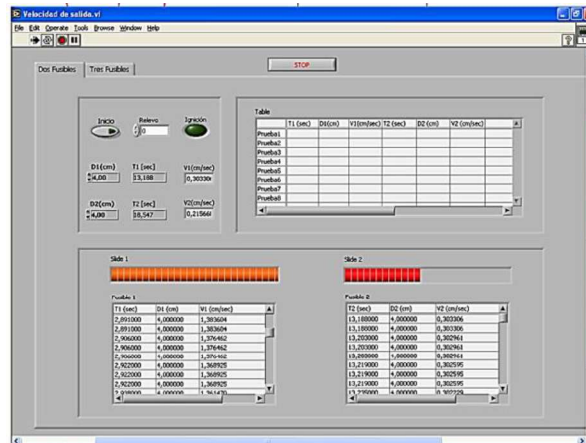


Fig. 12. Panel frontal del programa fusibles en forma emulada

Guía Laboratorio: Aplicación fusibles

Para implementar la aplicación denominada fusibles se utilizan los siguientes dispositivos:

1. Módulo de comunicaciones Field Point FP – 1000
2. Bases terminales FP-TB-1, FP-TB-3
3. Módulo de entradas analógicas FP AI – 100
4. Módulo de relevos FP RLY-420
5. Fuente de alimentación de voltaje DC de 12 voltios para alimentar Field Point
6. Batería de 12VDC para circuito de ignición
7. Cable y conector DB9 para interface serial de comunicaciones RS232, para conexión Field Point y computador PC
8. Cables de poder
9. Cables de conexión: fuente de alimentación, cable de ignición

Operación del software aplicación fusibles

1. Carpetas Dos, Tres Fusibles. A través de este control se puede seleccionar si se quiere realizar la prueba con Dos, o Tres fusibles. Generalmente la aplicación se realiza con tres fusibles, para lo cual se da clic en la carpeta nombrada Tres Fusibles.

2. Control Relevo. Este control inicialmente tiene un valor de cero, para iniciar la aplicación se debe colocar a un valor de uno (1).

3. Botón Inicio. Después de colocar el control Relevo en uno, se da clic en este botón Inicio, al realizar esta operación se envía la orden a través del programa al sistema FieldPoint, específicamente al módulo de relevos FP RLY-420 canal cero, se da la orden para cerrar el circuito de potencia donde

V. RESULTADOS

Se presenta una serie de tablas de resultados obtenidas al realizar los procedimientos descritos en las guías donde se piden obtener resultados, tabularlos, graficarlos y analizarlos, haciendo parte del cuerpo de los informes que deben presentar los estudiantes.

Aplicación Celda de Carga

Ejemplo aplicación peso con la celda de carga (tabla No. 1), utilizando el sistema de medición, adquisición y monitoreo basado en el sistema FieldPoint y software de aplicación LabVIEW.

Tabla No. 1 Pruebas Celda de carga con todo el sistema amplificación, filtrado, Field Point y LabVIEW

PESO	MEDICION 1 (mV)		MEDICION 2 (mV)		MEDICION 3 (mV)		PROMEDIO (mV)		PROMEDIO TOTAL
	Ascendente	Descendente	Ascendente	Descendente	Ascendente	Descendente	Ascendente	Descendente	
Sin peso	136	136	136	136	136	136	136	136	136
+ Peso Agarradera	180	181	181	181	181	181	181	181	181
+ Pesa 1 20Kg	229	229	230	230	230	230	230	230	230
+ Pesa 2 20Kg	276	278	275	276	276	279	275.6	277.6	276.6
+ Pesa 3 20Kg	323	323	323	323	323	324	323	323	323
+ Pesa 4 20Kg	370	370	370	370	370	370	370	370	370

Como análisis y conclusión de la tabla No.1, el sistema de adquisición de datos Field Point con el módulo de señales de entrada análogos FP – AI – 100 se puede configurar para diferentes niveles de señal tanto de voltaje como de corriente, para este caso se configuró una entrada analógica con un rango de voltaje de 0V a 6V, para recibir la señal procesada de la celda de carga, para las mediciones que se esperan realizar este rango de voltaje es suficiente con lo cual la etapa amplificadora no necesita mayor porcentaje de amplificación.

Aplicación Temperatura

La tabla No. 2 muestra cinco mediciones partiendo de un valor de temperatura mínimo promedio de 19.33° C (temperatura ambiente, mediciones realizadas entre 13:38 horas y las 14:34 horas del mismo día), se obtiene una variación de temperatura hasta 250° C en tiempo promedio de 121,4 segundos es decir un poco más de dos minutos se demora la termocupla en variar de un valor de temperatura ambiente a un valor máximo de 250° C, con lo cual se obtiene una variación promedio de 1.898° C por segundo en forma ascendente, en forma descendente se demora un tiempo mayor partiendo de 250° C a temperatura ambiente promedio de 19.602° C, demorándose 612 segundos en promedio es decir un poco más de 10 minutos en descender la temperatura de un valor máximo 250° C a temperatura ambiente, se logra una variación promedio de 0.376° C por segundo.

Tabla No. 2. Mediciones de temperatura en forma ascendente y descendente

	ASCENDENTE				DESCENDENTE			
	Temp. Mínima	Temp. Máxima	Tiempo segundos	Variación ° C/S	Temp. Máxima	Temp. Mínima	Tiempo segundos	Variación ° C/S
MEDICION 1	19° C	250° C	114	2.02	250° C	19° C	660	0.35
MEDICION 2	19.5° C	250° C	120	1.92	250° C	20.49°	600	0.3825
MEDICION 3	20.30°	250° C	120	1.91	250° C	20.37°	600	0.3827
MEDICION 4	19.40°	250° C	127	1.81	250° C	19.15°	600	0.3847
MEDICION 5	18.47°	250° C	126	1.83	250° C	19°	600	0.385
PROMEDIO	19.33°	250° C	121.4	1.898	250° C	19.602	612	0.376

Como conclusión de estas mediciones, la señal de voltaje proveniente de la termocupla no necesita un acondicionamiento externo, ya que el módulo de Field Point de señal de termocupla FP- TC – 120 viene totalmente con el acondicionamiento necesario para este tipo de señales, lo cual facilita su implementación, si se requiere un ajuste se puede realizar sobre el programa de aplicación.

Aplicación sensor de presión

La tabla No. 3 presenta la información consolidada de un proceso de medición de presión con el sensor Bourdon HAENNI, se crearon condiciones de medida para lograr la caracterización, para las condiciones de medida se dispuso de una bala de nitrógeno con su respectivo manómetro, el cual sirvió como dispositivo de medición patrón, se generó una data del resultado de la experimentación, logrando repetibilidad en forma ascendente y forma descendente, facilitando el procedimiento de caracterización y de obtención de resultados muy confiables.

Tabla No. 3. Mediciones de presión en forma ascendente y descendente

Presión (psi)	MEDICION 1		MEDICION 2		MEDICION 3		MEDICION 4		MEDICION 5	
	Ascendente mA	Descendente mA	Ascendente mA	Descendente mA	Ascendente mA	Descendente mA	Ascendente mA	Descendente mA	Ascendente mA	Descendente mA
0 psi	3.99	4.005	3.975	3.980	3.980	3.980	3.980	3.980	3.980	3.975
10 psi	4.135	4.135	4.165	4.145	4.165	4.295	4.160	4.140	4.155	4.140
20 psi	4.292	4.275	4.317	4.305	4.325	4.465	4.325	4.295	4.315	4.292
30 psi	4.425	4.425	4.477	4.470	4.475	4.617	4.477	4.465	4.475	4.455
40 psi	4.575	4.565	4.642	4.625	4.645	4.617	4.630	4.625	4.652	4.625
50 psi	4.710	4.710	4.805	4.795	4.805	4.780	4.800	4.800	4.805	4.795
60 psi	4.860	4.845	4.965	4.950	4.975	4.950	4.972	4.955	4.965	4.945
70 psi	5.005	4.995	5.130	5.140	5.130	5.125	5.125	5.140	5.135	5.137
80 psi	5.150	5.135	5.295	5.285	5.295	5.275	5.300	5.280	5.305	5.280
90 psi	5.285	5.285	5.450	5.450	5.465	5.435	5.460	5.465	5.470	5.445

VI. CONCLUSIONES

1. Se logró la integración y trabajo colaborativo entre estudiantes de diferentes semestres y niveles de formación para obtener un sistema de medición, visualización y análisis, que les brinda el acercamiento a procesos de medición de variables reales en aplicaciones industriales donde los estudiantes se enfrentaran en el desarrollo de su trabajo como tecnólogos o ingenieros.
2. Se logró el diseño e implementación de un sistema de prueba y medición vía RF, emulado, simulado y aplicado básicamente a la obtención de información de posicionamiento utilizando módulo de GPS.
3. Se logró el diseño e implementación de un sistema prototipo emulado de prueba y medición vía RF de variables de: Temperatura, presión, posicionamiento, pudiéndose adicionar más variables que contribuyen a aplicaciones telemétricas.
4. Con este diseño se presentan una serie de guías de laboratorio con alcance a nivel de formación en tecnología e Ingeniería, logrando trabajo colaborativo.
5. Con esta serie de pruebas con los dispositivos, equipos de hardware y software desarrollado e implementado se puede realizar todo un proceso de simulación y emulación de los procesos a la temática específica de telemetría.

VI. REFERENCIAS

- [1] Aprendizaje Colaborativo, técnicas didácticas. Obtenido http://www.itesca.edu.mx/documentos/desarrollo_academico/metodo_aprendizaje_colaborativo.pdf
- [2] (2018) <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- [3] (2018) <http://www.ni.com/pdf/manuals/371303n.pdf>
- [4] (2018) "Que es LabVIEW". [Internet]. Disponible en: <http://www.ni.com/es-co/shop/labview.html>
- [5] (2016) Termokew, Termopares. Obtenido de <http://www.termokew.mx/termopares.php>
- [6] (2017) <http://www.te.com/usa/en/products/brands/meas.html?tab=pgp-story>
- [7] (2018) <https://www.adafruit.com/product/1032>
- [8] (2018) https://es.aliexpress.com/store/product/MMA7361-Angle-Sensor-Inclination-Accelerometer-Acceleration-Module-For-Arduino/2778022_32796149134.html
- [9] (2018) https://www.sigmaelectronica.net/manuals/Tarjeta_L26.pdf
- [10] (2018) https://www.sigmaelectronica.net/producto/anten_agps-sma/
- [11] (2018) <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39564c.pdf>
- [12] (2018) <https://www.sigmaelectronica.net/manuals/TLP315A.pdf>
- [13] (2018) <http://www.kowatec.com/prod/wen/doc/RWS-375.pdf>
- [14] (2005) Pallas, R. Sensores y acondicionadores de señal. Sevilla, España: Marcombo,
- [15] (2016) National Instruments, Cómo realizar una Medición con un termopar.
- [16] (2017) <http://www.ni.com/white-paper/7108/es/>
- [17] (2010) Creus, A. Instrumentación Industrial. México: Alfaomega.
- [18] (2011) Lajara, José. Labview entorno gráfico de programación. Alfaomega.
- [19] (2018) <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/mid/1199>