

## DESARROLLO DE INTERFAZ PARA SENSOR DE TEMPERATURA PASCO CON TECNOLOGÍA ARDUINO EN REEMPLAZO DE INTERFAZ PASCO (MODELO SCIENCE WORKSHOP 750)

Devece Eugenio<sup>1,2</sup>, Czerwien Juan Carlos<sup>1</sup>, Bottcher Axel<sup>1</sup>, Torroba Patricia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UIDET IMApEC, , Dpto. de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, 1 y 47, La Plata, Argentina. [eugdvc@gmail.com](mailto:eugdvc@gmail.com)

<sup>2</sup>IEC EMEIPACIBA, FRLP. UTN

### Resumen:

Este desarrollo surge en el grupo de trabajo de la UIDET IMApEC, Facultad de Ingeniería, UNLP, en base al requerimiento de un grupo de trabajo del Laboratorio de Enseñanza de Física (LEF) de la Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, de realizar una revisión (**desde el punto de vista de Ingeniería Electrónica (hardware) y de Desarrollo de Software**) de varios dispositivos y sistemas, entre ellos el reemplazo de interfaces PASCO (MODELOS Science Workshop 750 o 500), por interfaces desarrolladas con Tecnología ARDUINO, a fin de utilizar los sensores de temperatura PASCO disponibles en el LEF. Estos sensores se encuentran en óptimo estado de funcionamiento, sin embargo no pueden ser utilizados por el deterioro de las interfaces PASCO. Éstas, están actualmente en desuso, por un lado debido al uso intensivo y por otro, a causa del avance de la Tecnología, la cual ha causado *obsolescencia programada*. A lo largo de todo el proceso de construcción del dispositivo se emplearon contenidos adquiridos en la carreras de Ingeniería Electrónica e Informática, aplicada a la situación particular de la interfaz, solicitada por Investigadores del área Física (LEF) Facultad de Ciencias Exactas UNLP.

**Palabras clave:** reemplazo de equipos obsoletos, sensores de temperatura, desarrollo de software y hardware, tecnología ARDUINO

### INTRODUCCION

Las interfaces PASCO que se muestran en la Figura 1, presentan una gran dificultad de reposición, por sus altos costos y necesidad de importación. Los alumnos de Ciencias Exactas utilizando Tecnología ARDUINO de fácil adquisición y bajo costo en el mercado local, (Christiansen, Hanna, Aguero, Pereyra 2016), (Martinazzo ; Trentin ; Ferrari ; Piaia 2014), (Galeriu,(2013). (Galeriu, 2014). (Rodrigues, Souza Cunha 2014); hicieron un primer desarrollo para la adquisición de datos a través de una interfaz Hardware-Software desarrollada con dicha Tecnología para la reutilización de sensores de temperatura (PASCO CI-6505A). Este desarrollo requería mejoras de diseño para un buen funcionamiento y además era necesario incluir una interfaz gráfica amigable para el usuario.

Para realizar la mejora se utilizó como interfaz de Hardware la *Tecnología ARDUINO* para digitalizar la señal e ingresarla a una PC, a través de un puerto USB, y posteriormente calibrarla. La calibración de la interfaz desarrollada se hizo mediante un termómetro de temperatura patrón diseñado en la UIDET IMAPEC (con la Tecnología ARDUINO MEGA 2560 R3). También se desarrolló una interfaz gráfica para la visualización de los datos y su posterior análisis en un documento de Microsoft Excel. Este tipo de almacenamiento permite a los usuarios manipular y analizar los datos en forma independiente de la PC de adquisición.

En el trabajo se presentaran los detalles de las distintas etapas del desarrollo.

Unidades a reemplazar:



Figura 1.

Imágenes de las interfaces PASCO 500 y 750 que son reemplazadas por tecnología ARDUINO

### Adaptación del Sensor de Temperatura PASCO Modelo CI-6605A Analógico para trabajar con un dispositivo Digital.

El sensor de temperatura PASCO Modelo CI-6605A de acero inoxidable (Figura 2), consiste en un termistor del tipo analógico construido en un tubo de acero inoxidable, el cual permite medir valores de resistencia en el rango de los Kohms. Ello es posible ya que el conector DIN de 8 pines posee internamente un circuito electrónico del tipo *Analógico*, formado por una tensión de referencia y una resistencia (de alta precisión) utilizada como referencia para las mediciones. El rango de trabajo es de  $-35^{\circ}\text{C}$  a  $+135^{\circ}\text{C}$  cuya precisión es de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Posee una cubierta de teflón necesaria para medir temperaturas en reacciones químicas.

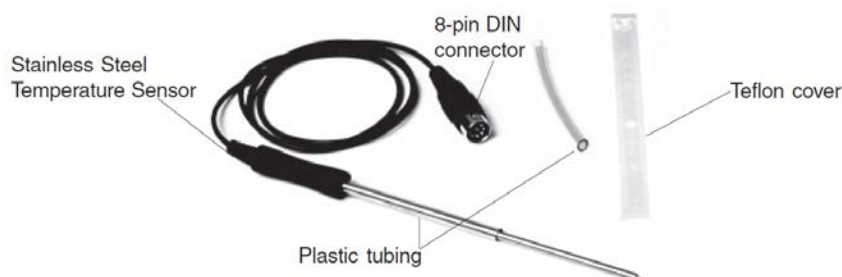


Figura 2.

Sensor de temperatura PASCO, Modelo CI-6605A de acero inoxidable. Sonda de temperatura de conexión directa.

### Circuito y disposición de pines de la ficha DIN 8

La Figura 3, ilustra la ficha DIN de 8 pines, de los cuales se utilizan 5 de ellos, dos para la fuente de alimentación a  $\pm 12\text{V}$ , una para la toma a tierra (GND) y dos para las salidas de voltaje positivos y negativos del tipo *analógico* ( $A+$  y  $A-$ ). Para hacer uso del Sensor de temperatura (PASCO CI-6505A), se debió procesar ambas señales analógicas y convertirlas en digital, lo que generó una ardua tarea para su desarrollo. La digitalización se logró gracias a la implementación de la tecnología ARDUINO, utilizando las entradas de voltaje analógicos A0 y A1 en dicho dispositivo.

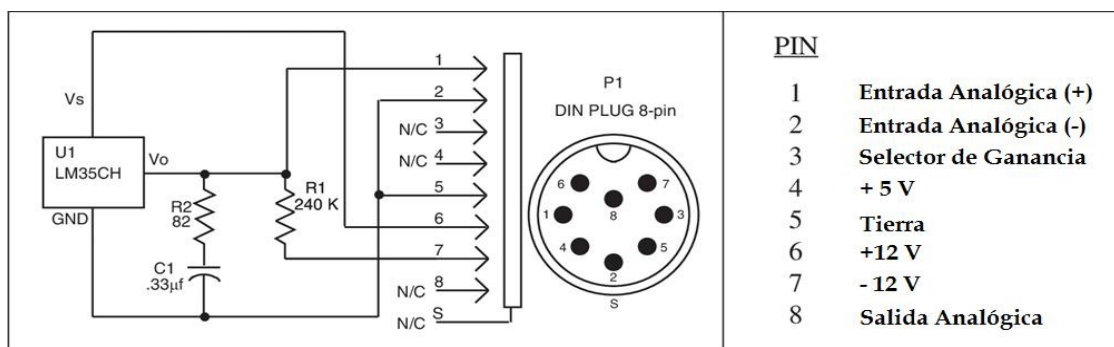


Figura 3.

Esquema del circuito electrónico del sensor de temperatura, y disposición de pines de la ficha DIN de 8 pines.

### Sensor de temperatura PASCO en modo "Full-Range"

El sensor de Temperatura puede operar en dos modos: "Normal" (0°C a +135°C) y "Full Range" (-35°C a +135°C) ambas con una exactitud de 0.5 °C. Al utilizarse en el modo *Full Range*, mediante la Tecnología ARDUINO, (utilizando la ecuación de ajuste de temperatura sugerida por el fabricante), su lectura analógica era muy inestable, por lo que no se pudo utilizar. Generamos un nuevo código, del cual a su vez, debimos promediar los valores obtenidos. Se determinó (de manera práctica, sujeta a la correspondiente teoría) que realizando 500 lecturas, seguida de su promedio, se obtenía una buena relación entre precisión y velocidad de cálculo. La calibración y verificación de la interfaz desarrollada se realizó con el sensor de Temperatura diseñado en la UIDET IMAPEC (con la Tecnología ARDUINO MEGA 2560 R3).

La respuesta del Sensor en todo su rango, no era lineal, por lo que se debió obtener los coeficientes de la ecuación de linealización mediante el método de *regresión lineal con el método de mínimos cuadrados*, para lo cual se utilizó el *software Matlab*. Luego de su implementación, la lectura se aproximó muy bien respecto del sensor de referencia que utilizamos para contrastar los resultados obtenidos.

### Ecuación dada por el Fabricante para la Linealización del Sensor PASCO

```
float Thermistor(int Raw) //This function calculates temperature from ADC count
{
  /* Inputs ADC count from Thermistor and outputs Temperature in Celsius. This version
  utilizes the Steinhart-Hart Thermistor Equation: Temperature in Kelvin = 1 / {A + B[ln(R)] +
  C[ln(R)]^3}. for the themistor in the Vernier TMP-BTA probe:
  * A =0.00102119 , B = 0.000222468 and C = 1.33342E-7
  long Resistance;
  float Resistor = 15000; //fixed resistor
  // the measured resistance of your particular fixed resistor in
  // the Vernier BTA-ELV and in the SparkFun Vernier Adapter Shield
  // is a precision 15K resistor
  float Temp; // Dual-Purpose variable to save space.
  Resistance=( Resistor*Raw /(1024-Raw));
  Temp = log(Resistance); // Saving the Log(resistance) so not to calculate it 4 times later
  Temp = 1 / (0.00102119 + (0.000222468 * Temp) + (0.000000133342 * Temp * Temp *
  Temp));
  Temp = Temp - 273.15; // Convert Kelvin to Celsius
  return Temp; // Return the Temperature
}
```

## Procesamiento de la señal analógica del Sensor PASCO

Se desarrolló un código para realizar la lectura de los valores analógicos del sensor. Estos son convertidos al formato digital, luego se promedian y finalmente se obtienen de esta manera las lecturas de cada valor de temperatura.

```
int i; // Declaro variable tipo entero.

for(i=0;i<MAX_AV_READ;i++) // Bucle FOR.
{
  TC0 = TC0 + analogRead(A0) ;// Lectura (pin +out) del sensor.
  delay(3); // ATMEGA necesita al menos 10uS de retardo, Prefiero 3
uS.
  TC1 = TC1 + analogRead(A1) ;// Full Range, escala -55 to + 155 C
} // Lectura (pin -out(virtual Vss) ) del sensor.
TC0 = TC0 / MAX_AV_READ; // Promedio.
TC1 = TC1 / MAX_AV_READ; // Promedio.
TCalc = TC0 - TC1 ; // Resta (MATEMÁTICA) respecto de tierra virtual.
TCalc1 = TC0 - TC1 ; // Resta (MATEMÁTICA) respecto de tierra virtual.
Calculo de Grados Centígrados.
TCalc = ( TCalc/1024.00 ) * 5.00 * 100.00 ) - FCORR;
```

## Ecuación de ajuste

Se realiza la linealización del sensor utilizando regresión lineal por el método de mínimos cuadrados para ser implementado en el modo "Full Range", cuyos coeficientes fueron calculados mediante el Software Matlab.

$$T_{Calc} = ( ( T_{Calc} * 1.011361862295329 ) + 4.034796779828901 ) ;$$

En la Figura 4, se puede observar: En color rojo, la curva del sensor de referencia (Patrón) , en color verde la curva del Sensor PASCO y en color azul, la curva Sensor PASCO Linealizado.

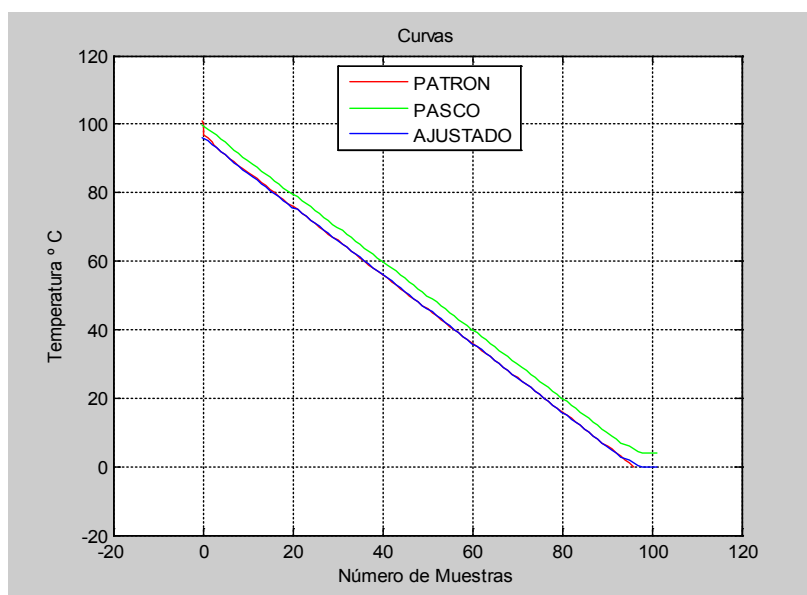


Figura 4

Comparación de la curva patrón (Rojo), Sensor sin Linealizar (Verde) y Sensor PASCO Linealizado (Azul)

### Detalle de las diferentes partes del sistema

En la Figura 5 se ilustra la vista Frontal del Sistema de Adquisición de datos de Temperatura implementado para los Sensores PASCO CI-6505A .

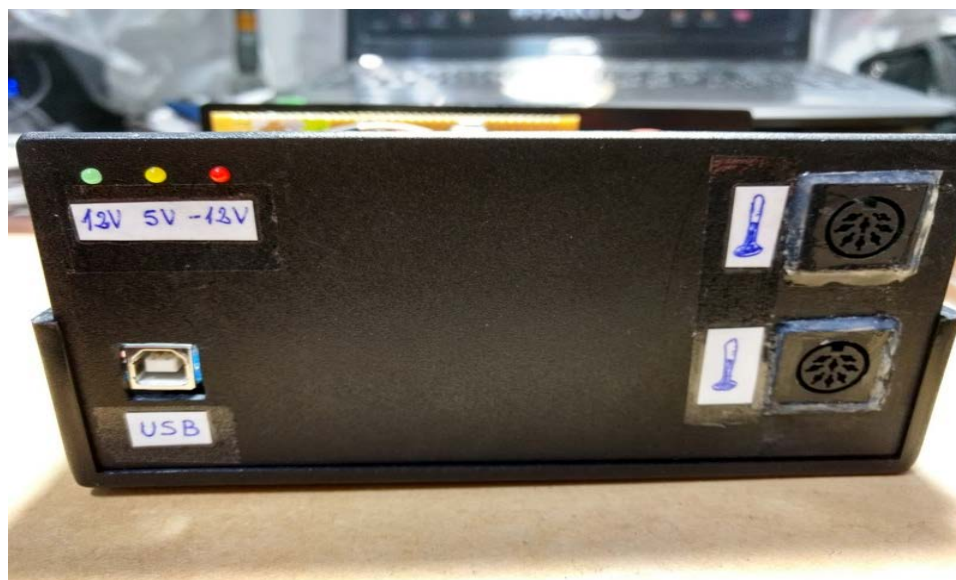


Figura 5  
Vista frontal del sistema electrónico de adquisición de datos de Temperatura para Sensores PASCO CI-6505A.

### Sistema de Adquisición de Datos

En la Figura N 6 se ilustra la vista interior del Sistema de Adquisición de datos de Temperatura implementado para los Sensores PASCO CI-6505A.

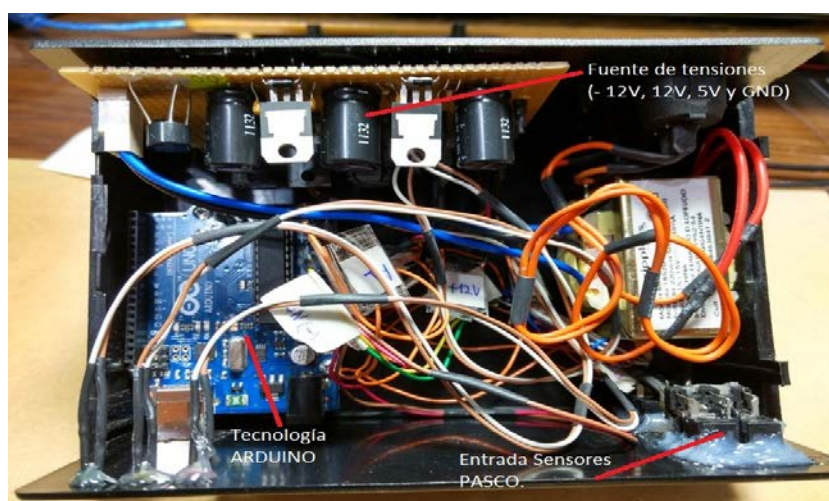


Figura 6  
Vista interior del Sistema de Adquisición, Identificando cada Bloque Funcional

## Interfaz gráfica desarrollada

Se desarrolló una interfaz gráfica para la visualización de los datos y su posterior análisis en un documento de Microsoft Excel. La Figura 7 muestra el sistema de adquisición en el modo de PAUSA, luego de realizar la toma de datos de Temperatura.

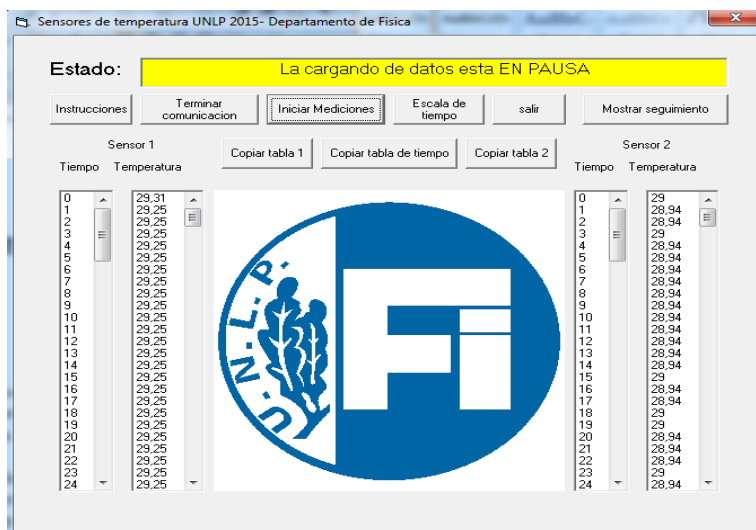


Figura 7

Sistema de adquisición de datos de Temperatura en el modo de PAUSA.

## CONCLUSIONES

El desarrollo de la interfaz ARDUINO permitió poner en valor los sensores descartados por no contar con la interface requerida PASCO, ya sea por obsolescencia programada o por defectos propios del uso. Los materiales utilizados en su construcción son de bajo costo y se encuentran disponibles en el mercado local. Además, se desarrolló software propio, sin descartar el software propio del sensor, ya sea Data Studio, Science Workshop, etc. Por otro lado, este trabajo generó un espacio para que los becarios ejerciten habilidades tales como montaje, desarrollo de software y de hardware estudiadas en las carreras de ingeniería. Finalmente, este desarrollo posibilitó la generación de material didáctico para usar tanto en los laboratorios como en mostraciones en clases.

## Agradecimiento

Se agradece a la Prof. G. Punte y a los alumnos de Ciencias Exactas L. Gutierrez y E.L. Pereyra por habernos provisto la oportunidad de realizar el desarrollo.

## Referencias

- Christiansen R., Hanna F., Agüero E., Pereyra N. (2016). Experimentos de física utilizando Arduino. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28 (1), pp. 23-28
- Claodomir A. Martinazzo ; Débora S. Trentin ; Douglas Ferrari ; Matheus M. Piaia (2014). *Arduino: Uma tecnologia no ensino de Física. Arduino: a technology in teaching physics.* URI-Erechim. Brasil.
- Galeriu, C. (2013). An Arduino-controlled photogate. *The Physics Teacher*, 51(3), 156-158.
- Galeriu, C. (2014). An Arduino investigation of simple harmonic motion. *The Physics Teacher*, 52 (3), 157-159.
- Rafael F. de Rodrigues, Silvio L. Souza Cunha (2014). *Arduino para físicos Uma ferramenta prática para aquisição de dados automáticos.* Textos de apoio ao professor de Física, v.25 n.4 2014.