



Escuela de Física

Ingeniería Física

Instructivo de Laboratorio

Instrumentación I

19 de agosto de 2025

Versión: 0.1

Realizado por: Juan J. Rojas

Índice general

1. Medición de voltaje	2
1.1. Objetivos	2
1.2. Materiales y equipo	2
1.3. Procedimiento	2
1.4. Resultados	5
2. Mediciones de presión	6
2.1. Objetivos	6
2.2. Materiales y equipo	6
2.3. Actividad 1	6
2.3.1. Procedimiento	6
2.3.2. Análisis	8
2.4. Actividad 2	8
2.4.1. Procedimiento	8
2.4.2. Análisis	8
3. Mediciones de temperatura	9
3.1. Objetivos	9
3.2. Materiales y equipo	9
3.3. Procedimiento	9
3.4. Análisis	11
4. Mediciones de nivel	12
4.1. Objetivos	12
4.2. Materiales y equipo	12
4.3. Actividad 1	12
4.3.1. Procedimiento	12
4.3.2. Análisis	14
4.4. Actividad 2	14
4.4.1. Procedimiento	14
4.4.2. Análisis	14

Laboratorio 1

Medición de voltaje

1.1. Objetivos

Al finalizar este laboratorio el estudiante estará en capacidad de:

- Utilizar la fuente de tensión en voltaje continuo.
- Utilizar un registrador para tomar datos de sensores.
- Utilizar sensores para medir corriente y voltaje.
- Aplicar los conocimientos relacionados a los instrumentos de medición, para el cálculo de valores tales como: exactitud, precisión, error porcentual, desviación estándar, incertidumbre, repetibilidad.

1.2. Materiales y equipo

A suministrar por la Escuela:

- 1 ARDUINO UNO R4 MINIMA

A suministrar por el estudiante:

- 1 breadboard
- 1 potenciómetro de $10\text{ k}\Omega$
- 1 resistor de $220\ \Omega$ y $0,25\text{ W}$
- Cables de interconexión (jumpers) macho-macho

1.3. Procedimiento

- a. Realice las conexiones del circuito tal y como se indica en la Figura 1.1.

b. Abra el programa Arduino IDE

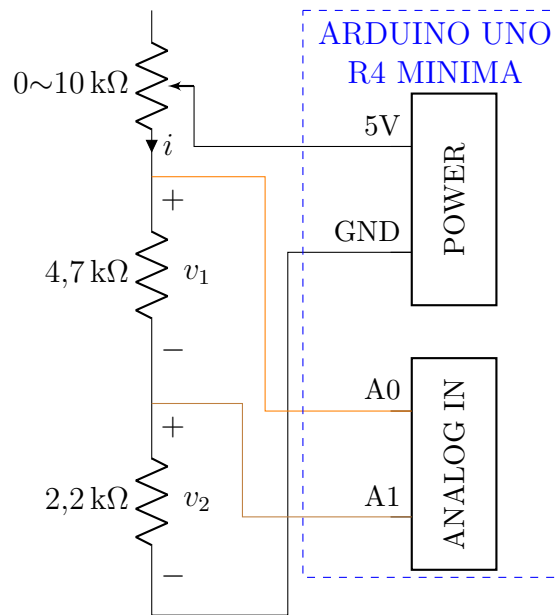


Figura 1.1: Conexión de circuito para el Laboratorio 1

c. Incluya el siguiente código

```
/*
    Tecnológico de Costa Rica
    Escuela de Física
    Instrumentación I
    Práctica 1

    Dr.-Ing Juan J. Rojas
*/

void setup() {
    pinMode(A0, INPUT);
    Serial.begin(9600);
    while (!Serial){
        ;
    }
    Serial.println("Practica 1");
}

int a0value = 0;

void loop() {
    a0value = analogRead(A0);
    Serial.print("A0 (10bits): ");
    Serial.println(a0value);
}
```

- d. Modifique el programa de forma que se imprima a0value una vez por segundo aproximadamente.
- e. Modifique el programa de forma que se calcule y se imprima el voltaje v_1 y el voltaje v_2 que se muestra en la Figura 1.1.

f. Modifique el programa de forma que se incremente una variable con el valor de los segundos y se imprima.

g. Calcule i usando:

$$i = \frac{v_2}{2,2 \text{ k}\Omega}$$

h. Modifique el programa de forma que se imprima el valor de los segundos, el valor del voltaje v_1 , el valor del voltaje v_2 , y el valor calculado de i , todos separados por comas y con un salto de línea después de cada medición.

i. Modifique el programa para que cuando se cumplan 20 segundos se detenga la ejecución

j. Realice una medición de 20 segundos y modifique suave pero constantemente el valor del potenciómetro, después de cada medición copie los valores obtenidos en un archivo `.csv`

k. Repita la medición tres veces siguiendo el mismo procedimiento, tome en cuenta que los resultados no tienen que ser iguales, complete la Tabla 1.1

l. Calcule indirectamente (Ley de Ohm) para cada caso el valor de R .

m. Para el conjunto de valores de R , calcule lo siguiente e incluya en una tabla:

- El valor promedio, \bar{R}
- La desviación estándar, σ
- El valor promedio de error relativo tomando $4,7 \text{ k}\Omega$ como valor real
- El valor de la incertidumbre estándar, $\sigma_x = \sigma/\sqrt{n}$
- La exactitud
- La precisión
- La repetibilidad

n. Tome en cuenta lo siguiente:

- La exactitud se calculará como el mayor error relativo obtenido en cualquier punto de los datos en todas las corridas de medición.
- La precisión se calculará como la mayor desviación estándar entre todas las corridas de medición.
- La repetibilidad se calculará de la siguiente manera:

$$\text{repetibilidad} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{error absoluto})^2}{n}}$$

1.4. Resultados

Tabla 1.1: Mediciones tomadas a una frecuencia de 1 Hz

	corrida 1		corrida 2		corrida 3	
t	i	v_1	i	v_1	i	v_1
[s]	[A]	[V]	[A]	[V]	[A]	[V]
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0

Laboratorio 2

Mediciones de presión

2.1. Objetivos

Al finalizar este laboratorio el estudiante estará en capacidad de:

- Utilizar un sensor para medir presión absoluta.
- Analizar la relación fuerza-presión.

2.2. Materiales y equipo

- 1 Arduino UNO R4 MINIMA
- 1 sensor digital de presión BMP280
- 1 mini breadboard de 170 pines
- Jumpers macho-macho

2.3. Actividad 1

2.3.1. Procedimiento

- a. Conecte el sensor BMP280 tal como se muestra en la Figura 2.1
- b. Copie el siguiente código en el IDE de Arduino (el código se puede encontrar en: [GitHub](#))

```
#include "Adafruit_BMP280.h"

Adafruit_BMP280 bmp;
float temperature = 0;
float pressure = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(2000);
  if (!bmp.begin(0x77)) {
    Serial.println("Sensor not found");
  }
}
```

```

    while (1){}
  }
}

void loop() {
  // Read the values
  temperature = bmp.readTemperature();
  pressure = bmp.readPressure()/100; //hectopascals
  // Print to the Serial Monitor
  Serial.print(temperature);
  Serial.print(",");
  Serial.println(pressure);
  delay(1000);
}

```

- c. Analice cada línea de código y cuando entienda su funcionamiento corra el *sketch* usando el botón *Upload*
- d. Haga contacto con el encapsulado del sensor de forma que su dedos calienten el sensor, observe como cambia el valor en la terminal.
- e. Modifique el programa de forma que lo que se imprima en la terminal sea algo como esto:

```

24.8,806.1
24.7,806.3

```

- f. Instale las librerías *pyserial*, *matplotlib*, *drawnow* y *datetime* en Python para ser utilizadas luego.
- g. Copie el siguiente código en su IDE de Python. (el código se puede encontrar en: [GitHub](#))

```

import serial
from datetime import datetime

arduino = serial.Serial('COM3')

datos = []

for i in range(10):
    dato = arduino.readline()[:-2].decode('utf-8').split(',')
    datos.append([datetime.now().strftime(format="%Y-%m-%d %H:%M:%S"),
                  float(dato[0]),
                  float(dato[1])])

print(datos)

```

- h. Modifique el puerto COM para que coincida con el puerto en el que está conectado el Arduino UNO R4 MINIMA
- i. Modifique el código para que cada toma de datos se almacene en un archivo *.csv* y para que se genere una gráfica en tiempo real.
- j. Realice tres tomas de datos de 60 segundos cada una

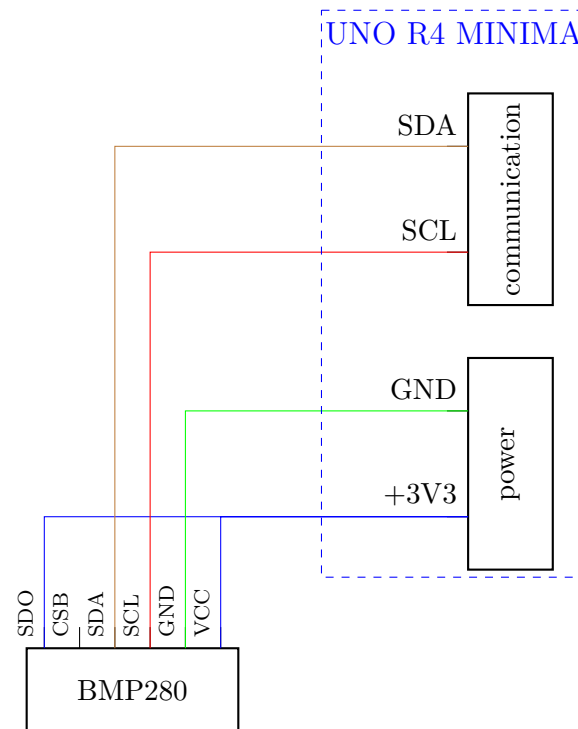


Figura 2.1: Conexión de sensor de presión absoluta BMP280

2.3.2. Análisis

- Determine la presión atmosférica local usando el promedio de las mediciones que las tres tomas de datos, incluya la precisión de la medición
- Determine la altitud local usando el valor de presión calculado ¿Es este valor cercano al esperado para la altitud del campus (1407 msnm)?

2.4. Actividad 2

2.4.1. Procedimiento

- Usando la misma configuración anterior, realice una nueva toma de datos de 60s en la que lleve el sensor lo mas cerca del piso posible y luego lo mas alto posible lentamente y repita durante los 60 segundos de la toma

2.4.2. Análisis

- ¿Se puede observar el cambio de altura en las mediciones?
- Según la hoja de datos del sensor ¿Debería detectar estos cambios?
- ¿El tiempo entre mediciones es realmente un segundo?

Laboratorio 3

Mediciones de temperatura

3.1. Objetivos

Al finalizar este laboratorio el estudiante estará en capacidad de:

- Utilizar un microcontrolador para realizar mediciones de temperatura.
- Realizar un algoritmo básico para obtener mediciones e imprimirlas en la terminal.

3.2. Materiales y equipo

A suministrar por la Escuela:

- 1 Arduino UNO R4 MINIMA
- 1 termistor de 10 k Ω NTC marca TDK
- 1 breadboard
- Cables de conexión macho-macho

3.3. Procedimiento

- a. Arme el circuito tal como se muestra en la Figura 3.1.

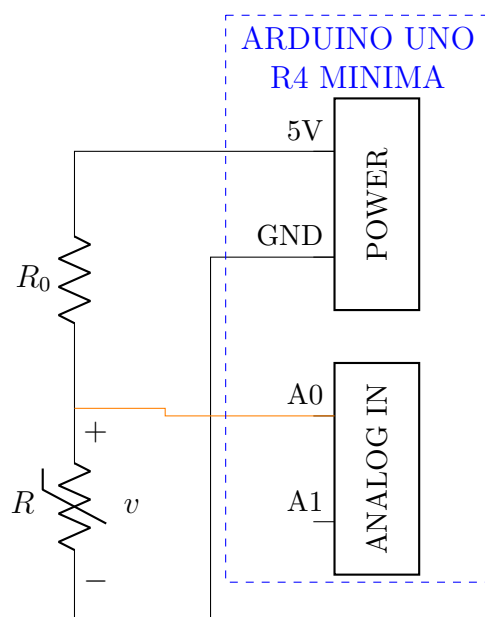


Figura 3.1: Conexión de circuito para el Laboratorio 3

- b. Usando la formula del divisor de voltaje y simplificando se llega a que:

$$\frac{R_0}{R} = \frac{5}{v} - 1$$

- c. Realice un sketch de Arduino IDE que le permita obtener el valor de R
- d. Busque en la [hoja de datos](#) del termistor el valor de $B_{25/100}$. El valor de la temperatura se puede aproximar usando la siguiente ecuación

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_R} + \frac{1}{B_{25/100}} \ln \left(\frac{R}{R_R} \right)$$

donde T es la temperatura del termistor en K, T_R es la temperatura de referencia en K y R_R es la resistencia de referencia en Ω

- e. Realice una función en el mismo sketch en Arduino IDE que permita calcular el valor de T a partir de los valores de $B_{25/100}$, T_R , R_R y R
- f. Suponga que su sensor será utilizado para medir la temperatura de la piel (20°C a 40°C), para reducir el error en la medición utilice lo mostrado en la sección 2.3 de [este documento](#) para determinar C_0 , C_1 y C_3
- g. Realice una función en el mismo sketch en Arduino IDE que permita calcular el valor de T a partir de los valores de C_0 , C_1 , C_3 y R usando la ecuación de Steinhart-Hart
- h. Imprima en la terminal los valores de v , T_1 y T_2 y léalos usando un script de Python. Realice tres mediciones de 20 segundos cada una en las que toque el sensor para provocar cambios en la temperatura, deje enfriar entre cada medición.

- i. Usando el código del sensor (B57164K0103) genere una tabla de valores de resistencia usando este [software](#), use $\Delta R/R$ de 5 % y 1 °C de resolución, exporte los datos.
- j. Utilizando Python y los datos obtenidos en las tres mediciones calcule T_3 para cada valor de R usando interpolación lineal entre los puntos obtenidos por medio del software
- k. Para cada una de las mediciones realice una gráfica que muestre T_1 , T_2 y T_3

3.4. Análisis

- ¿Cual le parece que es el mejor método de aproximación? ¿Porqué?
- ¿Que tan importante es la precisión de la resistencia R_0 ?
- ¿Que tan importante es la precisión de la referencia del ADC?

Laboratorio 4

Mediciones de nivel

4.1. Objetivos

Al finalizar este laboratorio el estudiante estará en capacidad de:

- Utilizar un sensor para medir nivel.
- Determinar la curva de calibración para medición de volumen.

4.2. Materiales y equipo

- 1 Arduino UNO R4 MINIMA
- 1 sensor ultrasónico HC-SR04
- 1 mini breadboard de 55 pines
- 1 beaker de 250 ml
- Jumpers macho-macho y hembra-hembra

4.3. Actividad 1

4.3.1. Procedimiento

- a. Conecte el sensor HC-SR04 tal como se muestra en la Figura 4.1
- b. Copie el siguiente código en el IDE de Arduino (el código se puede encontrar en: [GitHub](#))

```
/*  
 * Nivel  
 */  
  
const int trigPin = 9;  
const int echoPin = 10;  
  
float duration , distance , volume;
```

```
void setup() {
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);

  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  distance = (duration*.0343)/2;
  // distance = 7.96 - distance;
  // volume = 32.05 * distance + 29.492;
  Serial.print("H: ");
  Serial.print(distance);
  // Serial.print(" V:");
  // Serial.println(volume);
  delay(100);
}
```

- c. Analice cada línea de código y cuando entienda su funcionamiento corra el *sketch* usando el botón *Upload*
- d. Fije el sensor en el aditamento plástico y coloquelo en la parte superior del beaker
- e. Realice una medición de distancia para poder calibrar el valor cero.
- f. Calibre el sensor en cero de forma que pueda medir la altura desde la base del beaker
- g. Llene el beaker hasta 50ml, tome 10 datos y utilice el promedio para relacionar altura y volumen en ese punto
- h. Llene el beaker hasta 150ml, tome 10 datos y utilice el promedio para relacionar altura y volumen en ese punto
- i. Calcule la curva de calibración de volumen usando esos dos puntos
- j. Vacie el beaker
- k. Llene el beaker a 50, 100, 150 y 200ml y en cada uno de esos puntos tome el promedio de 10 datos de volumen como valor medido

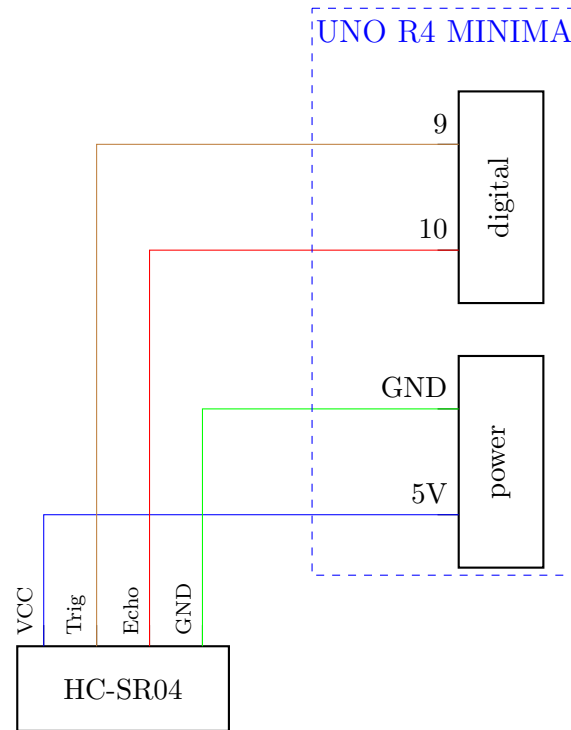


Figura 4.1: Conexión de sensor ultrasónico de distancia

4.3.2. Análisis

- Compare los valores medidos con los valores teóricos para 50, 100, 150 y 200ml
- Determine la incertidumbre aproximada de la medición de volumen

4.4. Actividad 2

4.4.1. Procedimiento

- Usando la misma configuración anterior, realice una nueva toma de datos de 15 segundos en la que inicie con el beaker vacío y lo llene hasta aproximadamente 200ml

4.4.2. Análisis

- Incluya una gráfica del proceso de llenado
- ¿Se observó algún tipo de distorsión en la medición? Si es así, ¿a qué se debe?