Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Físicas

Escuela Profesional de Física

Implementación de un sistema de adquisición de datos con la interfaz de Arduino Mega para el estudio de fenómenos físicos

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Física

AUTOR

Jorge Oscar MENDOZA GALINDO

ASESOR

Lic. Gilberto YACTAYO YACTAYO

Lima, Perú

2019

Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Mendoza, J. (2019). *Implementación de un sistema de adquisición de datos con la interfaz de Arduino Mega para el estudio de fenómenos físicos*. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Física. Escuela Profesional de Física, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

CODIGO ORCID DEL AUTOR:

CODIGO ORCID DEL ASESOR: 0000-0002-7692-5267

DNI: 08158375

GRUPO DE INVESTIGACIÓN: CAIMMA (Calibración, instrumentación y microsatelites para preservar el medio ambiente)

INSTITUCIÓN QUE FINANCIA PARCIAL O TOTALMENTE LA INVESTIGACIÓN: Auto financiado

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DONDE SE DESARROLLÓ LA INVESTIGACIÓN. DEBE INCLUIR LOCALIDADES Y

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

- Longitud: O76°44'33.18"
- Latitud: S7°4'43.36

AÑO O RANGO DE AÑOS QUE LA INVESTIGACIÒN ABARCÓ:

Julio 2018 a Agosto 2019

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE FÍSICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN FÍSICA

Siendo las 15:00 horas del martes 05 de noviembre del 2019, en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias Físicas (Auditorio 109), bajo la Presidencia del Mg. Lucas Arnaldo Alvarado Pinedo (Presidente), Mg. César Omar Jiménez Tintaya (Miembro), Lic. Gilberto Yactayo Yactayo (Asesor) y, el Ing. Oscar Rolando Baltuano Elias (Suplente), se dio inicio a la Sesión Pública de Sustentación de Tesis para la Licenciatura en Física, mediante la Modalidad M1, del Bachiller:

MENDOZA GALINDO, JORGE OSCAR

Dando lectura al Resumen del Expediente, el Presidente del Jurado, invitó al Bachiller Mendoza Galindo, Jorge Oscar a realizar una exposición de Trabajo de Tesis titulada: "Implementación de un sistema de adquisición de datos con la interfaz de Arduino Mega para el estudio de fenómenos físicos".

Concluida la exposición del candidato y luego de las preguntas de rigor por parte del Jurado, el Presidente, invitó al Bachiller y al público a abandonar momentáneamente la Sala de Sesión, para dar paso a la deliberación y calificación por parte del Jurado.

Al término de la deliberación del Jurado el Mg. Lucas Arnaldo Alvarado Pinedo, invitó al candidato y al público a pasar a la Sala de Sesión, para dar lectura al resultado de la deliberación. Ha obtenido la calificación de:

BUENO	CATORCE	14
(MENCIÓN)	(NÚMERO)	(LETRAS)

Finalmente, el Presidente del Jurado, propone al Consejo de la Facultad que se le declare Licenciado en Física al Bachiller Mendoza Galindo, Jorge Oscar. Siendo las....15:45..... Horas, se levanta la Sesión.

Mg. Lucas Arnaldo Alvarado Pinedo
PRESIDENTE

Mg. César Omar Jiménez Tintaya
MIEMBRO

Lic. Gilberto Yactayo Yactayo
ASESOR

Ing. Oscar Rolando Baltuano Elias
SUPLENTE

Agradecimientos

A mi Universidad por forjar a los peruanos que realizan día a día esfuerzos por mejorar y cambiar nuestro país, pues en sus aulas brinda el acogimiento y conocimiento que se requiere para forjar un nuevo Perú, a ella mi facultad porque en ella me he formado y a todos mis profesores en especial a mi asesor (tesis) Gilberto Yactayo.

Un agradecimiento a mi esposa Janet Cordero que me acompaño día a día en conseguir mi objetivo, a mi hermano Jorge Antonio y a mis padres (Lucy y Jorge)

Índice

Resumen 6

Introducción 7

Cap. 1.- TEORIA DEL ESTUDIO DE FENÓMENOS FÍSICOS PARA ADQUISICION DE DATOS 8

1.1 FENOMENO FISICO TEORICO EN EL CAPACITOR 8

1.1.1 Capacitancia 10

1.1.2 Capacitores en serie y paralelo 12

1.1.3 Reactancia capacitiva 14

1.1.4 Tipos de capacitores 15

1.1.5 Capacitores con CD 15

1.1.5.1 El capacitor y la corriente continua 15

1.1.5.1.a Proceso de carga del capacitor 16

1.1.5.1.b Proceso de descarga del capacitor 18

1.1.6 Curva característica del capacitor 21

1.2 ABSORCIÓN DE LA RADIACIÓN 22

1.2.1 La luz 22

1.2.2 El espectro electromagnético 25

1.2.3 ¿El color existe o es una persecución del cerebro? 26

1.2.4 ¿Qué es el color? 26

1.2.5 ¿Cómo se distinguen los objetos según su color? 27

1.2.6 Incremento de la temperatura de un cuerpo bajo el sol 29

1.3 PERIODO DE UN PÉNDULO SIMPLE 30

1.3.1 Crónica del péndulo simple 30

1.3.2 El péndulo simple 31

1.3.3 Aplicaciones del péndulo simple 32

Cap. 2.- TÉCNICAS EXPERIMENTALES PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS, EQUIPOS Y SOFTWARE UTILIZADOS EN EL ESTUDIO DE LOS FENOMENOS FISICOS 33

2.1 TECNICAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS 33

2.1.1 Daq 33

2.1.1.a Sensor 33

2.1.1.b Dispositivos Daq 34

2.1.1.b.1 Componentes de un dispositivo Daq 35

2.1.1.c La Pc en un sistema Daq 36

2.1.1.c.1 Partes del software que usa el sistema Daq 36

2.1.2 Data logger 38

2.1.3 Interface Arduino – LabVIEW 40

2.2 ARDUINO 40

2.2.1 Interface Arduino mega 43

2.3 SOFTWARE PARA ADQUISICIÓN DE DATOS DE LOS FENÓMENOS FÍSICOS 47

2.3.1 LabVIEW 47

2.3.2 NI Visa 48

2.3.3 Linx 48

2.3.4 Vip 48

2.3.5 Instalación de Linx en LabVIEW 48

2.3.6 Creando el primer VI con funciones Linx 54

2.3.7 Configuración del puerto USB con LabVIEW 57

Cap. 3.- ENSAMBLAJE DEL SISTEMA PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS, DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO DE LOS FENOMENOS FISICOS 59

3.1 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS PARA MEDIDA DE LA CARGA DEL CAPACITOR 59

3.2 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS PARA MEDIDA DE LA ABSORCIÓN DE LA RADIACIÓN. 63

3.3 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS PARA MEDIDA DEL PERIODO DE UN PÉNDULO SIMPLE 67

Cap. 4.- RESULTADOS DE LOS FENÓMENOS FÍSICOS ESTUDIADOS 70

4.1 RESULTADO EXPERIMENTAL DE LA CARGA DEL CAPACITOR 70

4.2 RESULTADO EXPERIMENTAL DE LA ABSORCIÓN DE LA RADIACIÓN 73

4.3 RESULTADO EXPERIMENTAL DEL PERIODO DE UN PÉNDULO SIMPLE 76

Cap. 5. – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 79

Cap. 6. – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 80

RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis es construir un Sistema de Adquisición de Datos con la Interfaz Arduino Mega 2560 para el Estudio de Fenómenos Físicos, para ello haremos la programación en bloques con el software LabVIEW. Se realizarán tres adquisiciones de datos, la primera se refiere a la carga de un capacitor luego sobre la absorción de radiación, y por último referente al periodo de un Péndulo.

Es importante notar que estas adquisiciones de datos son en tiempo real y sus gráficas correspondientes son corroboradas con las teorías respectivas de cada tema.

Se utilizó una laptop i7 Toshiba Ram 16gb 2T DD en la cual previamente se instaló el software LabVIEW 2017, VISA, VIP, LINX y ARDUINO 1.6. Una vez configurados los softwares conectamos la tarjeta mediante el puerto USB. LabVIEW presenta un panel frontal (controla el proceso de adquisición de datos) y un diagrama de bloques (es la programación en sí)

Los equipos que se utilizó fueron:

- Para el capacitor: Un capacitor 4710 µf 16 v, una resistencia 210 Ω
- Para la absorción de radiación: Un sensor de temperatura LM 35, Relay de estado sólido SS-10DA/3-32, una caja de Tecnopor.
- Para el péndulo: Un sensor reflectivo TCRT 5000, tres latas de colores (negro, rojo y dorado), masa del péndulo.
- Para los tres casos anteriores se usó: Una laptop16Gb Ram 2T DD, un protoboard, software LabVIEW, tarjeta Arduino Mega 2560, conectores y cables.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia vemos los cambios significativos de la tecnología y es objetivo del investigador, crear e integrar nuevas formas de procedimientos que hagan fácil hacer ciencia, y es de esta manera basados en equipos y dispositivos electrónicos se ha diseñado un sistema de adquisición de datos de fenómenos físicos que sea de fácil uso, sus componentes se encuentren a la mano, y sea de bajo costo.

Arduino es una marca de microcontroladores mundialmente conocido y es usado en electrónica, programación y la robótica. Es un proyecto Open Source que pone a disposición de sus usuarios una amplia gama de dispositivos basados en el microcontrolador AtMega. Existe una amplia gama de sensores adaptados a esta plataforma, lo cual lo hace muy útil a la hora de realizar proyectos basados en mediciones de fenómenos físicos.

Un microcontrolador es un circuito integrado (microchip) en el cual se pueden grabar instrucciones. Estas instrucciones se escriben utilizando un lenguaje de programación (en nuestro caso usaremos LabVIEW 2017) que permite al usuario crear programas que interactúen con circuitos electrónicos. Por lo general un microcontrolador tiene entradas / salidas digitales y analógicas, entradas / salidas para protocolos de comunicación. Arduino cuenta con todas las características necesarias para conectar periféricos de entrada y salida del microcontrolador. Esta placa cuenta con los componentes necesarios para una comunicación con una computadora a través de un puerto serial.

El software LabVIEW 2017, VISA, LINX permiten hacer un sistema de adquisición de datos y control de señales analógicas y digitales de entrada y salida facilitando la obtención de información haciendo fácil y sencillo el estudio de diferentes fenómenos físicos.

CAPITULO 1

Teoría del estudio de los fenómenos físicos para la adquisición de datos

1.1 FENÓMENO FÍSICO TEORICO EN EL CAPACITOR

Un capacitor o condensador es un dispositivo formado por dos placas conductoras de metal separadas por un dieléctrico (fig. 1-1a). Los símbolos esquemáticos que se muestran (fig. 1-1b y c) se aplican a todos los capacitores.

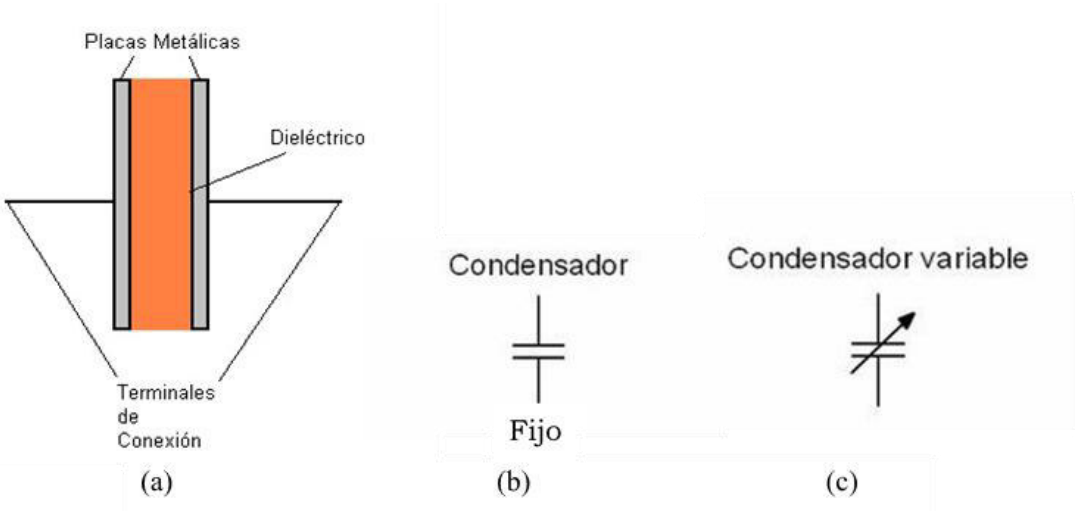


Fig.1.1 Capacitor y sus símbolos esquemáticos

El capacitor o condensador almacena carga eléctrica, las dos placas del condensador mostrado en la figura 1-2a tienen la misma cantidad de protones y de electrones. Por lo cual, el condensador no posee carga. Al conectar las placas a una batería (Fig. 1-2b). Al cerrar el interruptor (Fig. 1-2c), la carga (negativa) de la placa A se desplaza al borne positivo de la

batería, paralelamente la carga (positiva) de la placa B se desplaza al borne negativo de la batería. Este traslado de cargas continuará hasta que la variación entre las cargas ubicadas en las placas A y B igualen al voltaje de la batería. Luego capacitor estará cargado aun desconectando la batería (Fig. 1-3a). En la figura (1-3b), se muestra una conexión entre las placas, y solo así los electrones regresarán a la placa A las placas nuevamente estarán neutras. Luego el capacitor estará nuevamente sin carga. [1]

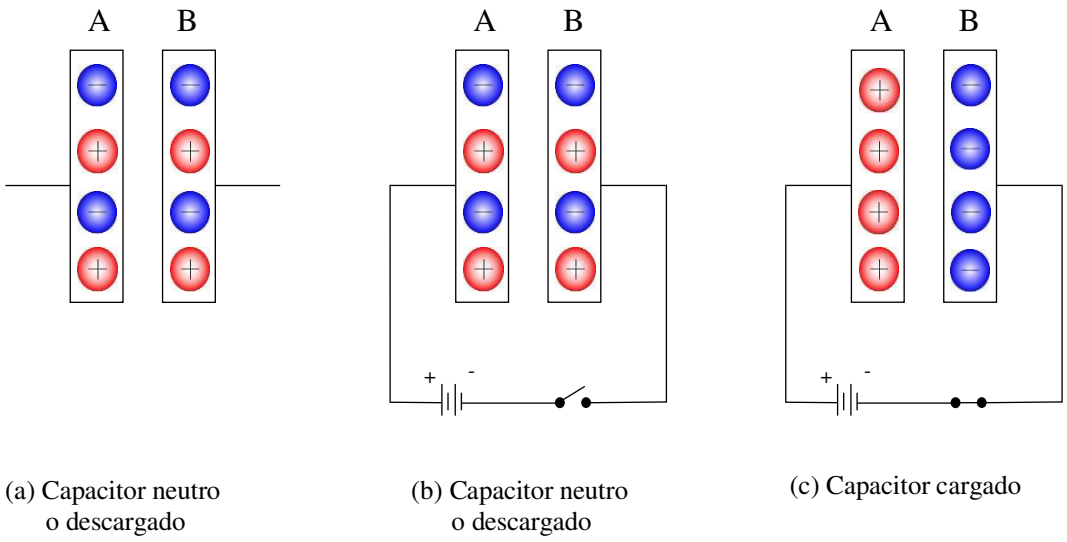


Fig. 1.2 Carga de un capacitor

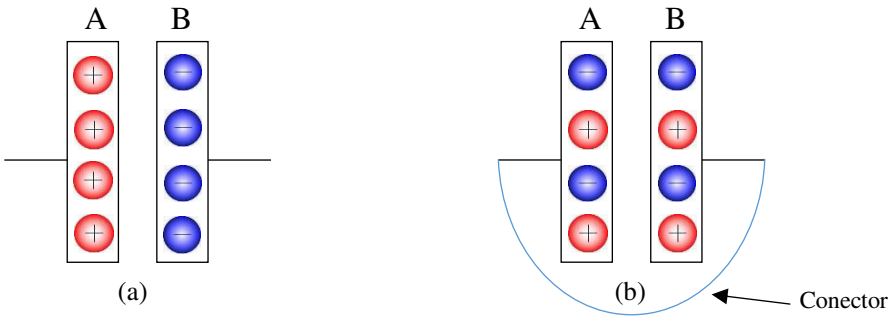


Fig. 1.3 Descarga de un capacitor

1.1.1 Capacitancia

Facultad de acumular una carga eléctrica. También se define como el cociente de la cantidad de carga eléctrica (que puede acumular en un condensador) y el voltaje insertado a las placas. [2]

$$C = \frac{q}{V_\varepsilon} \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

En donde: C = capacitancia en faradios (F) V_ε = voltaje en voltios (V)

q = cantidad de carga en Coulomb (C)

La capacitancia se expresa en faradio (F) y se define como la carga almacenada en el dieléctrico de un coulomb cuando el voltaje administrado a las placas del condensador es un voltio.

En general dado el siguiente circuito mostrado:

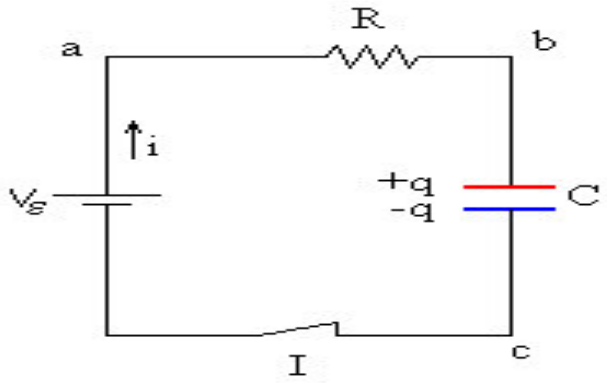


Fig. 1.4 En el circuito se muestra una resistencia R, un capacitor, un voltaje V_ε con capacitancia C, y circulando una corriente i

Se obtiene las ecuaciones parciales:

$$V_{ab} + V_{bc} + V_{ca} = 0 \quad \dots\dots\dots\dots (1.2)$$

$$V_{ab} = iR \dots\dots\dots\dots (1.3)$$

$$V_{bc} = \frac{q}{C} \dots\dots\dots\dots (1.4)$$

Aplicando la ley de ohm al circuito de la fig. (1.4) se obtiene la ecuación:

$$iR + \frac{q}{C} - V_\varepsilon = 0 \ \ldots\ldots\ldots\ldots (1.5)$$

Teniendo en cuenta que la intensidad se define como la carga que atraviesa la sección del circuito en la unidad de tiempo, $i=dq/dt$, tendremos la siguiente ecuación para integrar

$$R\frac{dq}{dt} = V_\varepsilon - \frac{q}{C} \ \ldots\ldots\ldots\ldots (1.6)$$

Reordenando e integrando:

$$\int_0^q \frac{dq}{CV_\varepsilon - q} = \frac{1}{RC}\int_0^t dt \ \ldots\ldots\ldots. (1.7)$$

Cuya solución es:

$$q = CV_\varepsilon\left(1 - exp\left(\frac{-t}{RC}\right)\right) \ \ldots\ldots\ldots\ldots (1.8)$$

Derivando la carga q con respecto al tiempo, obtenemos la intensidad en función del tiempo:

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{V_\varepsilon}{R} exp\left(\frac{-t}{RC}\right) \ \ldots\ldots\ldots\ldots. (1.9)$$

- La carga q tiende hacia un valor máximo $C{\cdot}V_\varepsilon$ al cabo de un cierto tiempo, teóricamente infinito.
- La intensidad disminuye exponencialmente con el tiempo, hasta que se hace cero cuando el condensador adquiere la carga máxima.

La constante dieléctrica es la propiedad que tiene un dieléctrico para almacenar energía eléctrica. Como referencia se usa el aire y su constante vale 1. Otros materiales dieléctricos son el papel, teflón, baquelita, mica y cerámica. El material que proporciona una densidad de flujo eléctrico cuatro veces mayor que la del aire con el mismo voltaje aplicado, debido a que su constante dieléctrica es de promedio 4 es el papel.

La capacitancia está en función de la separación de las placas, de la superficie de las placas conductoras, y la constante dieléctrica del material aislante del que está hecho. Por lo cual se cumple:

$$C = k\frac{A}{d}(8.85 \times 10^{-2}) \ldots\ldots\ldots\ldots. (1.10)$$

Donde C = capacitancia (F) k = constante dieléctrica del aislante
A = área de la placa (m^2) d = distancia entre las placas (m)

En la práctica usaremos el microfaradio (μF), que es igual a una millonésima de faradio $(10^{-6}F)$, el nano faradio (nF) igual a una milmillonésima de faradio $(10^{-9}nF)$, y el picofaradio (pF), que es igual a una billonésima de microfaradio $(10^{-12}F)$ debido que el faradio es una unidad demasiado grande. Por tanto:

$$1\ \mu F = 10^{-6}F \quad 1\ nF = 10^{-9} \quad 1\ pF = 10^{-12}F$$

1.1.2 Capacitores en serie y paralelo

En una conexión en serie (Fig. 1–5), la capacitancia total C_T es:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{1}{C_n} \qquad (1.11)$$

La capacitancia total de dos capacitores en serie es:

$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \qquad (1.12)$$

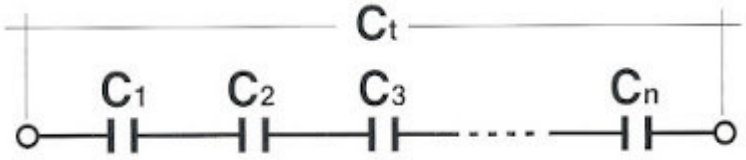


Fig. 1.5 Capacitancia en serie

En una conexión en paralelo (Fig. 1-6) la capacitancia total C_T se expresa como la suma de las capacitancias de cada condensador que interviene en el circuito.

En paralelo:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + C_n \qquad (1.13)$$

Existe un límite en el voltaje que se puede aplicar a un capacitor. Si se aplica un voltaje demasiado alto, se forzará el paso de la corriente por el dieléctrico, produciéndose la quemadura del dieléctrico. El capacitor estará cortocircuitado y deberá eliminarse. El voltaje máximo que se le puede aplicar a un capacitor se llama voltaje de operación y no debe excederse. [2]

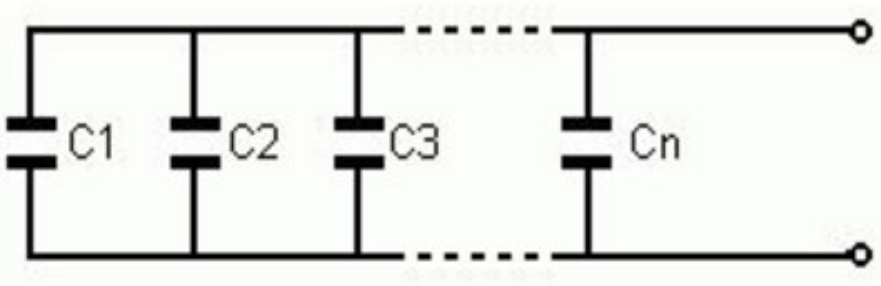


Fig. 1.6 Capacitancia en paralelo

1.1.3 Reactancia capacitiva (X_C)

Es la resistencia al flujo de la corriente alterna debido a la capacitancia del circuito. Se mide en ohm. Esta reactancia se determina mediante la expresión: [1]

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{6.28fC} = \frac{0.159}{fC} \qquad (1.14)$$

En donde X_C = reactancia capacitiva en Ω

f = frecuencia en Hz

C = capacitancia en F

Si se conocen dos cualesquiera de las cantidades de la ecuación (1.4), se puede obtener la tercera.

$$C = \frac{0.159}{fX_C} \qquad (1.15)$$

$$f = \frac{0.159}{CX_C} \qquad (1.16)$$

Aquel circuito que solamente contenga reactancia capacitiva, Cumple con la ley de Ohm para determinar el voltaje y la corriente. Con la salvedad de sustituir R por X_C.

$$V_C = I_C X_C \qquad (1.17)$$

$$I_C = \frac{V_C}{X_C} \qquad (1.18)$$

$$X_C = \frac{V_C}{I_C} \qquad (1.19)$$

En las que I_C = corriente que pasa por el capacitor.

V_C = voltaje entre las placas del condensador en voltios.

X_C= reactancia capacitiva en Ω.

1.1.4 Tipos de capacitores

La denominación de un capacitor dependerá del dieléctrico que contenga. Los capacitores más comunes son de aire, mica, papel, cerámica, o electrolíticos. En general los capacitores se conectan a un circuito eléctrico despreciando su polaridad. Sin embargo, existen algunos capacitores como lo son los electrolíticos y de cerámica que poseen señales que indican su conexión en un circuito. Características de un capacitor según la tabla 1.

Tabla 1
Tipo de capacitores

DIELÉCTRICO	CONSTRUCCIÓN	INTERVALO DE CAPACITANCIA
Aire	Placas entrelazadas	10 – 400 pF
Mica	Láminas apiladas	10 – 5000 pF
Papel	Hoja enrollada	0.001 – 1 µF
Cerámica	Tubular	0.5 – 1600 pF
	Disco	0.002 – 0.1 µF
Electrolítico	Aluminio	5 – 1000 µF
	Tantalio	0.01 – 300 µF

1.1.5 Capacitores con CD

1.1.5.1 El capacitor y la corriente continúa

Los capacitores se fabrican de muchas formas y materiales, pero sin importar como haya sido construido, siempre es un dispositivo con dos placas separadas por un material aislante (dieléctrico).

Cuando al capacitor se conecta una corriente continua (con una batería) fig. (1-6), ocurre:

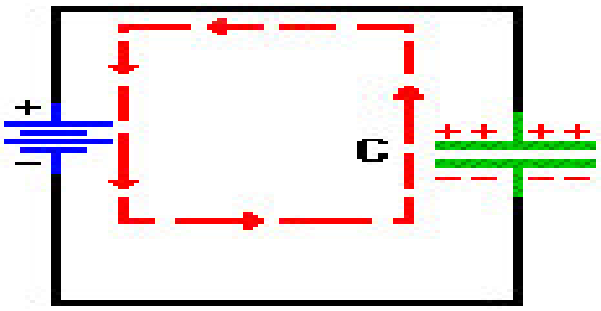


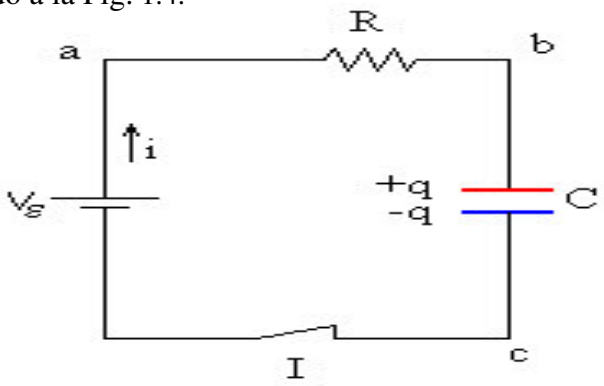
Fig. 1.7 Circula una corriente de los terminales de la fuente hacia las placas del capacitor.

- El terminal positivo de la fuente arranca electrones de la placa superior por lo que queda cargada positivamente.
- Los electrones fluyen del terminal negativo hacia la placa inferior, cargándola negativamente.

El flujo de electrones se detiene hasta que la diferencia de potencial de la batería sea igual al del capacitor (la corriente deja de circular) comportándose este, como un circuito abierto para la corriente continua (no permite el paso de corriente).

1.1.5.1.a Proceso de carga del capacitor:

De acuerdo a la Fig. 1.4:



Se muestra una resistencia R, un capacitor con capacitancia C, y circulando una corriente i y tomando en cuente la ecuación (1.1) se deduce:

$$V = \frac{q}{C} \ldots\ldots..(1.20)$$

Reemplazando (1.8) en (1.10) se obtiene:

$$V = V_\varepsilon \left(1 - exp\left(\frac{-t}{RC}\right)\right) \ldots\ldots..(1.21)$$

La intensidad instantánea I_0 está dada por:

$$I_0 = \frac{V_\varepsilon}{R} \ \ldots\ldots\ldots(1.22)$$

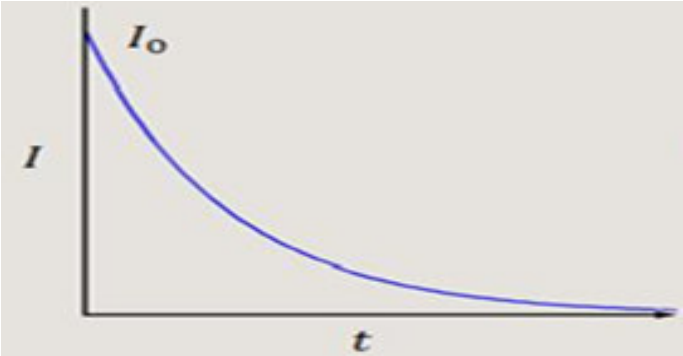
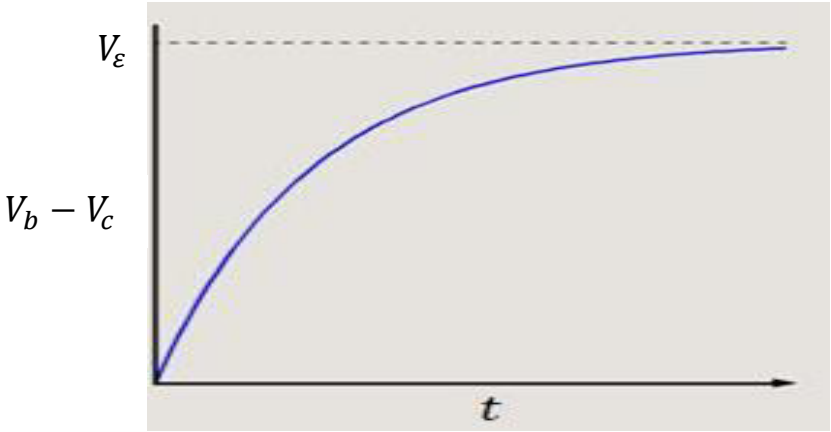


Fig. 1.8 Se muestra la evolución de la intensidad instantánea I_o en función del tiempo durante el proceso de carga. [3]



La Fig. 1.9 Muestra la diferencia de potencial en el condensador en función del tiempo durante el proceso de carga. [3]

La corriente que circula en el capacitor al conectarlo a un Led es una corriente que decae en el tiempo (el Led se prende un determinado tiempo y luego se apaga), este decaimiento varía desde un valor máximo hasta 0

amperios, por lo que no existe una circulación de corriente. Este tiempo muy breve se llama "transitorio".

El balance energético esta dado por:

- La energía aportada por la batería hasta el instante *t* es

$$E_B = \int_0^t V_\varepsilon i dt = V_\varepsilon{}^2 C \left\{1 - \exp\left(\frac{-t}{RC}\right)\right\}$$

- La energía disipada en la resistencia hasta el instante *t* es

$$E_R = \int_0^t i^2 R dt = \frac{V_\varepsilon{}^2 C}{2}\left\{1 - \exp\left(\frac{-2t}{RC}\right)\right\}$$

- La energía almacenada en el condensador en forma de campo eléctrico es

$$E_C = \frac{1q^2}{2C} = \frac{V_\varepsilon{}^2 C}{2}\left\{1 - \exp\left(\frac{-2t}{RC}\right)\right\}$$

Comprobamos que $E_b = E_R + E_C$. Parte de la energía suministrada en la batería se disipa en la resistencia, y otra parte se acumula en el condensador. Cuando se completa el proceso de carga $t \rightarrow \infty$, la mitad de la energía suministrad por la batería se disipa en la resistencia y la otra mitad se acumula en el condensador.

1.1.5.1.b Proceso de descarga del capacitor:

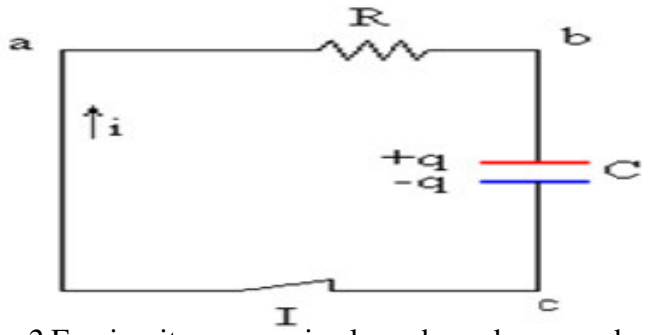


Fig. 2 En circuito se aprecia el condensador cargado Completamente con la resistencia R ($V_\varepsilon = 0$)

El condensador está cargado. Al cerrar el interruptor el condensador comienza a descargarse a través de la resistencia. Aplicando la ley de mallas de Kirchhoff obtenemos:

$$IR = \frac{q}{C} \dots\dots\dots.(1.23)$$

Debido a que el flujo de carga que pasa por el circuito es igual a la rapidez con la que disminuye esta en el condensador, la corriente I está dada por:

$$I = -\frac{dq}{dt} \dots\dots\dots.(1.24)$$

Sustituyendo la ecuación (1.14) en la (1.13) se obtiene:

$$-R\frac{dq}{dt} = \frac{q}{C} \dots\dots\dots.(1.25)$$

Integrando la ecuación (1.24), para una carga inicial Q_0 hasta que decae a cero (0) en un tiempo inicial $t_0=0$ hasta un tiempo t, obtenemos la carga del condensador con respecto al tiempo t :

$$\int_{Q_0}^{0} \frac{dq}{q} = -\int_{0}^{t} \frac{dt}{RC} \dots\dots\dots(1.26)$$

$$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \dots\dots\dots(1.27)$$

La intensidad de corriente y la diferencia de potencial queda definida por:[4]

$$I(t) = -\frac{dq}{dt} = \frac{Q_o}{RC} e^{-\frac{t}{RC}} \dots\dots\dots(1.28)$$

$$V_b - V_c = \frac{q(t)}{C} = \frac{Q_o}{C} e^{-\frac{t}{RC}} \dots\dots\dots(1.29)$$

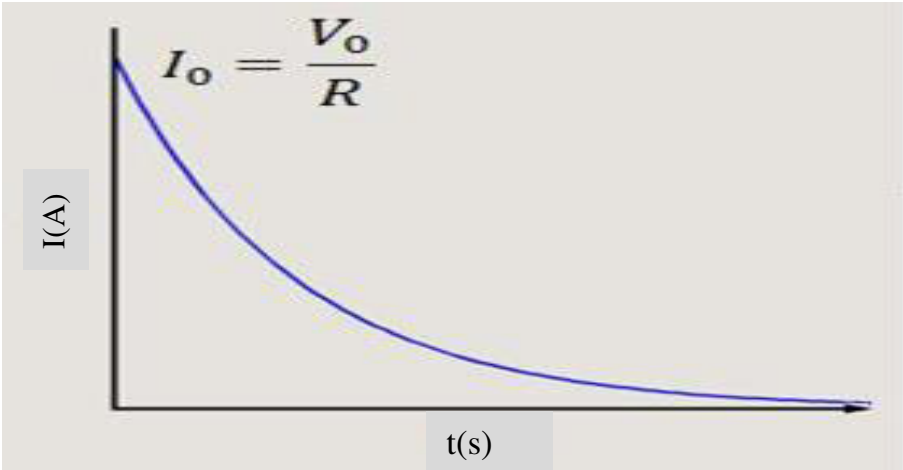


Fig. 2.1 Muestra el decaimiento de la intensidad de corriente en función del tiempo

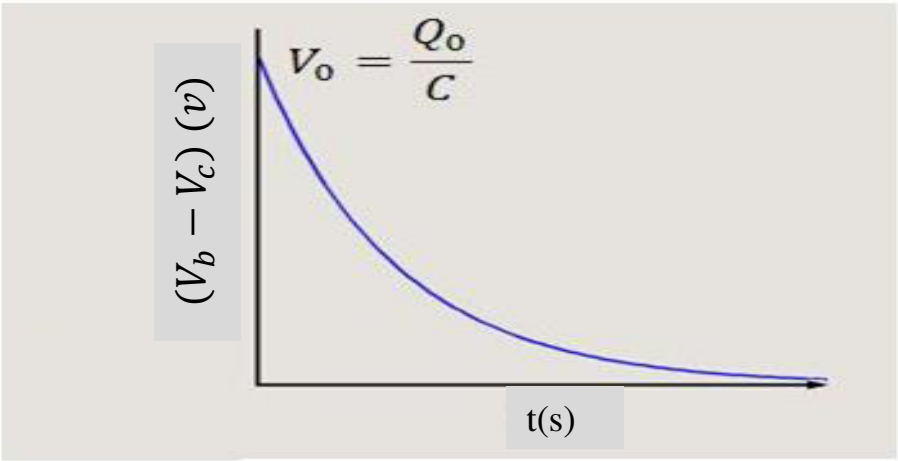


Fig. 2.2 La diferencia de potencial en el proceso de descarga

El balance energético esta dado por:

- La energía inicial del condensador es:

$$E_0 = \frac{1q^2}{2C}$$

- La energía disipada en la resistencia hasta el instante *t* es

$$E_R = \int_0^t i^2 R dt = \frac{q^2}{2C}\left\{1 - \exp\left(\frac{-2t}{RC}\right)\right\}$$

La energía almacenada en el condensador en forma de campo eléctrico en el instante *t* es:

$$E_C = \frac{1q^2}{2C} = \frac{q^2}{2C} \exp\left(\frac{-2t}{RC}\right)$$

Comprobamos que $E_c = E_0 - E_R$. La energía en el condensador se disipa en la resistencia. Cuando se completa el proceso de descarga $t \rightarrow \infty$, toda la energía almacenada en el condensador se ha disipado en la resistencia.

1.1.6 Curva característica del capacitor

Los capacitores tienen muchas aplicaciones en los circuitos electrónicos. Se utilizan para acumular energía, permite el flujo de la corriente alterna y bloquea la corriente continua, como filtros, en la composición de un circuito resonante, etc. Los condensadores actúan almacenando y distribuyendo carga. Al conectar un condensador que este descargado a una fuente de voltaje, su carga completa tomara un tiempo determinado. El ritmo de carga (velocidad con que carga) depende de la capacidad del condensador y de la resistencia del circuito. Consideramos un circuito, el cual tiene una resistencia R, un condensador C, un interruptor y una fuente de voltaje continua. Si el interruptor está cerrado, el voltaje entre las placas del capacitor estará en función del tiempo definida por:

$$V_C = V_0\left(1 - e^{-t/RC}\right) \qquad (1.30)$$

Donde V_0= voltaje inicial del capacitor

Como i = dq/dt, la corriente de carga será:

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{V_0}{R} e^{-t/RC} \qquad (1.31)$$

La cantidad RC en las ecuaciones tiene unidades de tiempo y es llamada constante de tiempo capacitiva o tiempo de relajación del circuito [4]. En el caso que “t” sea

igual a RC, el condensador adquiere el 63.2% de la tensión entregada por la fuente (es decir, el condensador se cargó al 63.2% de la carga total).

El balance energético esta dado por:

- La energía inicial del condensador es: $E_0 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$
- La energía disipada en la resistencia hasta el instante *t* es:

$$E_R = \int_0^t i^2 R \cdot dt = \frac{Q^2}{2C}\left(1 - \exp\left(\frac{-2t}{RC}\right)\right)$$

- La energía almacenada en el condensador en forma de campo eléctrico en el instante *t* es:

$$E_c = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{Q^2}{2C}\exp\left(\frac{-2t}{RC}\right)$$

Comprobamos que $E_c = E_0 - E_R$. La energía en el condensador se disipa en la resistencia. Cuando se completa el proceso de descarga $t \rightarrow \infty$, toda la energía almacenada en el condensador se ha disipado en la resistencia.

1.2 ABSORCIÓN DE RADIACIÓN

1.2.1 La luz

Las estrellas, galaxias y todo cuerpo del universo, están tan distantes que la luz que emiten es la única forma que existe para estudiarlos y entender sus características. La física del siglo XX descubrió leyes las fundamentales de la naturaleza dual de la luz que a veces actúa como ondas y otras como partículas, denominadas fotones. Este fenómeno puede explicarse por medio de la teoría ondulatoria de la luz, y en otras circunstancias debe explicarse el comportamiento de la luz formadas por fotones (partículas con energía). La luz, posee una longitud de onda, la cual se define como la longitud que existe entre dos crestas o dos valles en forma consecutiva de una onda. [5]

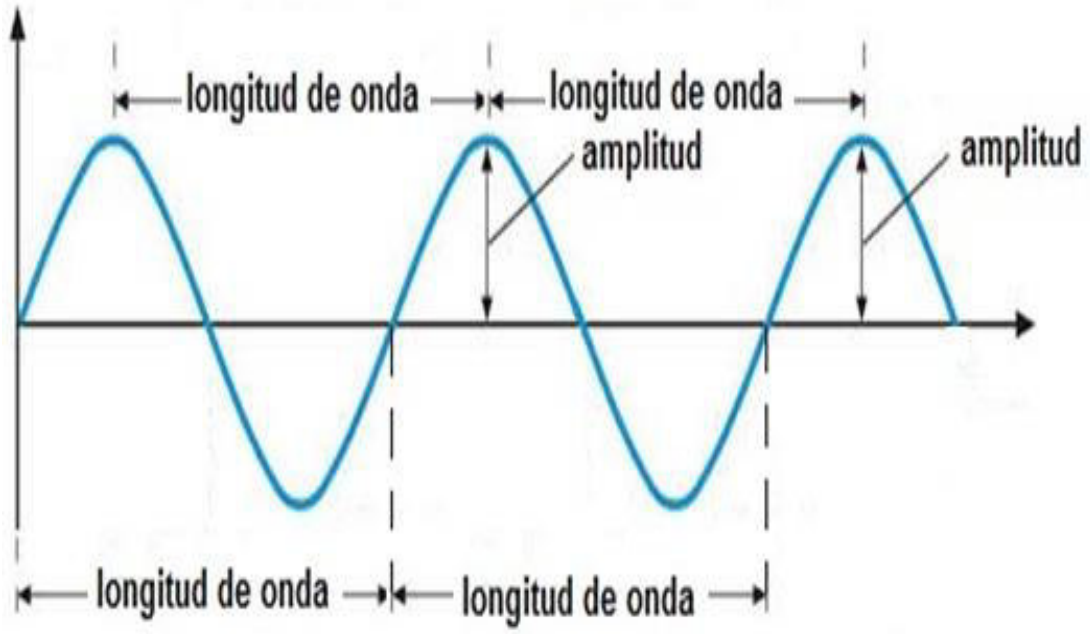


Fig. 2.3 Elementos de una onda

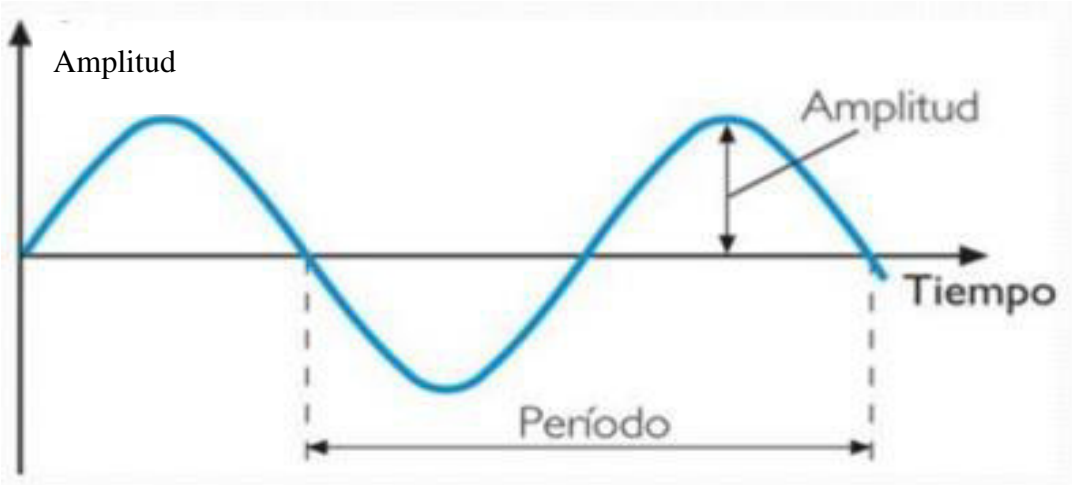


Fig. 2.4 Amplitud vs tiempo

La luz blanca esta en formada por diferentes longitudes de onda, las cuales forman un espectro y esto se visualiza cuando hacemos que la luz blanca atraviese un prisma, la cual se divide en longitudes de onda que pertenecen a los colores que la integran. La espectroscopía es la ciencia que estudia y analiza estos espectros [6].

Los científicos Newton y Max Plank desde hace muchos años se dedicaron al estudio de la estructura y propagación de la luz. Los astrónomos saben que es clave conocer la radiación electromagnética provenientes de las estrellas, debido a que esta

información es utilizada para estudiarlas. La estructura y propagación de la luz se analizó de la siguiente manera:

1. Formada por partículas que se desplazaban en el espacio en línea recta (teoría corpuscular - Newton - 1670)
2. Ondas que necesitaban un medio para desplazarse (el éter) y parecidas a las del sonido (teoría Ondulatoria de Huygens 1678)
3. Eran ondas de naturaleza electromagnéticas con características parecidas a las radios (teoría electromagnética de Maxwell 1860)
4. Formados por Cuantos (paquetes de energía) teoría de Max Plank. Broglie junta la teoría ondulatoria (de Huygens) con la de los Cuantos (de Maxwell) en 1924 (que provienen de la teoría ondulatoria y corpuscular) demostrando la dualidad de la luz [6].

El ojo humano está adaptado para percibir las ondas electromagnéticas que se encuentran entre el rango de longitudes de onda de 400 nm que pertenece al violeta y 700 nm que pertenece al rojo que forman la luz visible. Según las ecuaciones planteadas por Maxwell hay longitudes de onda mayores y menores que este rango, las cuales el ojo humano no las visualiza. Estas "luces invisibles" están organizadas de acuerdo a su longitud de onda que se visualizan ‘‘en el espectro electromagnético’’. [6]

Las ondas de naturaleza electromagnéticas se ordenan de acuerdo al tamaño de sus longitudes de onda, obteniendo de esta manera un espectro electromagnético en donde las ondas de mayor magnitud se encuentran en un extremo (Radio) y las más de menor magnitud en el otro (Gamma).

1.2.2 El espectro electromagnético

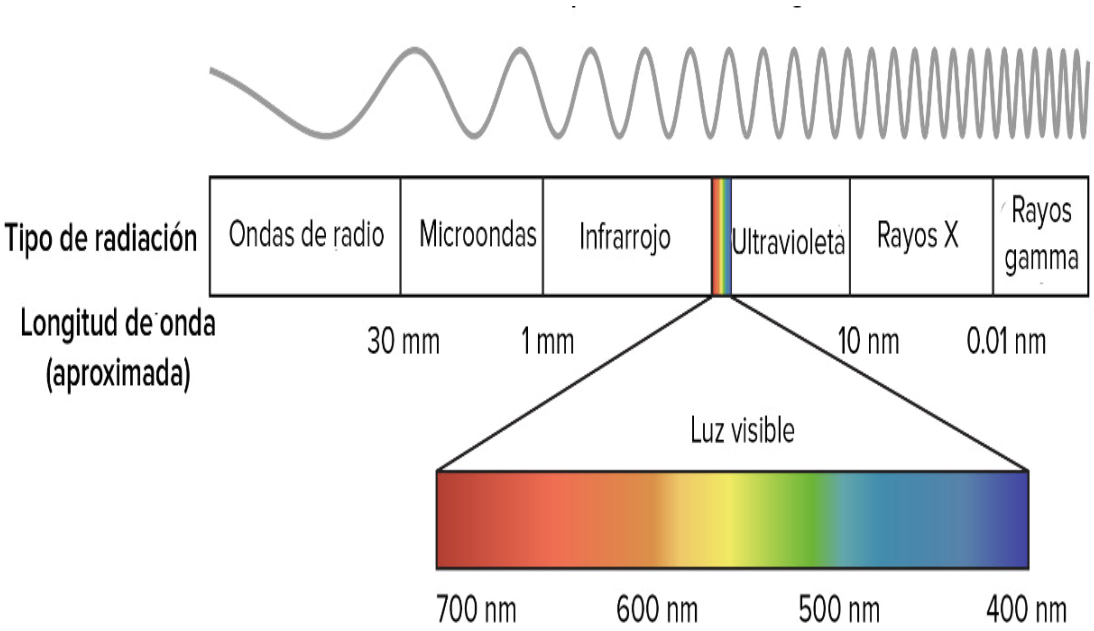


Fig. 2.5 Espectro electromagnético

- **Luz Visible:** Isaac Newton realizo un experimento en el cual descompuso la luz visible proveniente del Sol mediante la utilización de un prisma en sus ondas respectivas. La luz blanca está compuesta por la combinación de longitudes de ondas. La radiación visible va desde 400 nm (color violeta) y 700 nm (color rojo).

- **Rayos infrarrojos:** El astrónomo William Herschel (1738-1822) descubre la radiación infrarroja en 1800. La radiación infrarroja se encuentra entre las frecuencias de $3x10^{11}$ Hz. y los $4x10^{14}$ Hz.

El sector infrarrojo está dividido en tres partes con respecto a la distancia de la zona visible: próximo (780 - 2500 nm), intermedio (2500 - 50000 nm) y lejano (50000 - 1mm). Se sabe que una molécula que sobrepase la temperatura -273º K (cero absolutos) emite rayos infrarrojos y su cantidad depende de la temperatura del objeto.

- **Microondas:** Esta región se localiza entre las frecuencias de los 10^9 hasta aproximadamente $3x10^{11}$ Hz (esta longitud de onda varia de 30 cm a 1 mm).

- **Ondas de Radio**: En el año de 1887, Heinrich Hertz (1857-1894), detectó ondas de radio cuya longitud de onda era del orden de un metro. Las ondas de radio que oscilan algunos Hertz hasta 10^9 Hz y tienen longitudes de onda que van desde varios kilómetros hasta menos de 30 cm.
- **Rayos X**: Los R_x que es una radiación electromagnética con una longitud de onda menor a 10 nm y fue descubierta en 1895 por Wilhelm Röntgen, y como era una incógnita su naturaleza se les llamo como RAYOS X.
- **Radiación Ultravioleta:** Sus longitudes de onda varían de 10 a 400 nm.
- **Rayos Gamma:** Sus longitudes de onda que varían de 10 a 0.01 nm. [6]

1.2.3 ¿El color existe o es una percepción del cerebro?

Sir Isaac Newton, sostenía que el color que se producía por una sensación como reacción a una interacción nerviosa del ojo, era producida por una longitud de onda. El ojo del ser humano es sensible a las diferentes longitudinales de las ondas correspondientes a cada color.

Los sentimientos, diversos estados de ánimo, son producidas por el color y cabe resaltar ... que solo existe por nuestra sensación visual [7].

El color es objeto de estudio, por filósofos, físicos, científicos y artistas desde el punto de vista al campo que corresponden cada uno y en estrecho contacto con el fenómeno del color, por lo que obtuvieron diversas conclusiones, muy coincidentes en algunos casos y es un punto de partida para estudios posteriores

1.2.4 ¿Qué es el color?

La luz es parte del universo por lo tanto que el color es también parte de él. La percepción de los colores da la sensación de forma, profundidad, percibir la tonalidad del claroscuro está íntimamente ligada.

La presencia de la luz se caracteriza por permite visualizar el color de los objetos. La luz está formada por ondas de naturaleza electromagnética que se trasladan a una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo. Esto quiere decir que nuestros ojos son estimulados por la incidencia de la luz y no por materia en sí. [7]

La luz está formada por ondas, y estas a su vez tienen diferentes valores, entre ellas como ejemplo está la infrarroja, visible y ultravioleta. Las ondas que son visibles varían de 400 y 700 nanómetros.

La materia refleja las longitudes de onda no absorbida. El ojo humano interpreta estas longitudes de onda reflejadas por el cuerpo, como “COLOR".

Los colores forman parte de la luz blanca. (ya sea provenientes del sol o sea artificial). La luz blanca no tiene color, pero los contiene a todos.

1.2.5 ¿Cómo se distinguen los objetos según su color?

Un cuerpo se dice que es opaco, cuando absorbe más de lo que emite luz por lo cual refleja pequeña proporción. Si un cuerpo absorbe toda la luz que cae sobre él, este es de color negro.

Si un cuerpo refleja todas las longitudes de onda que forma parte de la luz, el objeto parece blanco. Los colores absorbidos desaparecen en el dentro del objeto, por lo que los colores reflejados llegan son los que percibimos. Por lo tanto, los colores que percibimos son aquellos reflejados o lo que no absorben, objetos. [7]

Todos los cuerpos se caracterizan por absorber o reflejar las ondas electromagnéticas, que inciden sobre él. Si un objeto es blanco será porque refleja todas las longitudes de onda del espectro electromagnético (rojo, verde y azul) [5], produciéndose de tal forma color blanco. Si el objeto es negro será debido a la absorción de todos los colores y no refleja ninguno.

Fig. 2.6 Incidencia de la luz sobre un cuerpo y las ondas reflejadas

El color existe por sí mismo o es una ilusión del cerebro humano ¿Por qué si un tomate está iluminado con luz solar (blanca), la vemos de color rojo?

El tomate se observa de color rojo, debido a que el ojo percibe la longitud de onda refleja por la hortaliza, que es de color rojo y absorbe los demás colores (incluyendo las demás combinaciones de colores) y refleja solamente el rojo. Un plátano amarillo absorbe el color azul y refleja los colores rojo y verde, los cuales sumados permiten visualizar el color amarillo. [7]

¿La cantidad de energía absorbida dependerá del color de ropa que uno usa?, ¿Te sentirás más menos caluroso si usas ropa clara o de color oscuro en un día muy caluroso? La energía emitida por el Sol será absorbida o reflejada según el color y la textura de la ropa que usemos. Los cuerpos reflejan cierta cantidad de longitudes de ondas que caen sobre ellos, mientras que absorbe la diferencia en forma de **energía térmica**. A la cantidad de luz que es reflejada se le denomina ‘‘valor de reflectancia luminosa del color’’.

Un cuerpo opaco (cuerpos oscuros) [7] tienen un valor mínimo de reflectancia luminosa debido a que reflejan poca luz y absorbe mayor energía térmica, mientras tanto los colores claros, su ‘‘valor de reflectancia luminosa’’ es alto por lo que reflejan mayor luz y absorben menos energía térmica. Como ejemplo si un clima es cálido y

soleado las personas tienden más a adquirir vehículos que estén pintados con colores claros debido a que estos no incrementan su temperatura rápidamente como los de colores que son oscuros. Las pinturas que se usan para pintar las casas tienen un ‘‘valor predeterminado de reflectancia luminosa’’ de acuerdo a esto los personas deciden el color de la pintura de sus domicilios. La Tierra se caracteriza por que su superficie posee gran cantidad de texturas y colores, por lo que se calienta irregularmente. La gran cantidad de energía es reflejada por la nieve, las nubes y el hielo. En tanto que en los bosques con abundante vegetación absorben energía.

1.2.6 Incremento de la temperatura de un cuerpo bajo el sol

Si un material que es expuesto a luz que proviene del Sol, absorberá ‘‘una energía por unidad de tiempo, $eS'\emptyset$. Donde $\emptyset$ es el flujo de calor (expresado en Watt por metro cuadrado) en W/m^2 de energía que incide en una dirección z sobre un cuerpo donde S' seria el área de la superficie del cuerpo que es perpendicular a dicha dirección (z). σ=5.67·10^{-8}($Wm^{-2}K^{-4}$) es la constante de Boltzmann’’, m es la masa que posee el cuerpo y c es su calor específico. Se formula:

$$mc\frac{dT}{dt} = -e\sigma ST^4 + e\sigma ST_a^4 + eS'\emptyset \ldots\ldots (1.21)$$

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{e\sigma S}{mc}(T^4 - T_b^4) \ldots. (1.33)$$

$$T_b^4 = T_a^4 + \frac{S'\emptyset}{\sigma S} \ldots.. (1.34)$$

T_b mayor que T_a (temperatura de ambiente), S es el área del cuerpo, T es la temperatura del cuerpo, e se define como el cociente entre la energía total que emite un cuerpo por unidad de tiempo a la temperatura T. T_b es la temperatura constante que alcanza el cuerpo en el estado estacionario, cuando dT/dt=0. En este instante, la energía que captada el cuerpo equivale a la despedida por el mismo cuerpo. [8]

1.3 PERIODO DE UN PÉNDULO SIMPLE

1.3.1 Crónica del péndulo simple

El físico y astrónomo italiano Galileo, descubrió el movimiento del péndulo en la cual fijó que el periodo de vaivén (oscilación) que tiene un péndulo con una cuerda de longitud dada se considera que no depende de su amplitud (‘‘se define la amplitud como la distancia máxima que se aleja el péndulo de la posición de equilibrio verticalmente’’).

Esta observación lo realizó al darse cuenta que las oscilaciones que tenía una lámpara que colgaba en la Catedral de la ciudad de Pisa. ¿Qué significa esto? Que, la dependencia del periodo de vaivén de un péndulo es solamente de su longitud del hilo que sujeta a la lampara. No importando el peso que se le ponga. Galileo se dio cuenta que este fenómeno podría utilizarse para regular el funcionamiento de los relojes. (cabe resaltar que sí, la amplitud es muy grande, el periodo del péndulo si dependerá de ella). Galileo explico las probables aplicaciones de este fenómeno, llamado isocronismo, en la medida del tiempo.

Sin embargo, el movimiento pendular si depende de la gravedad que varía según la altitud y latitud. Actualmente se sabe que el periodo de un péndulo tendrá mayor magnitud en una montaña que ubicándonos a nivel del mar.

Por lo tanto, un péndulo determinar con precisión el valor de la aceleración gravedad en ese punto específico. Posteriormente surgió el péndulo de Foucault, denominado así en honor a León Foucault, su inventor.

Este péndulo se caracteriza por ser largo y oscila libremente en diferente plano vertical y puede realizar su movimiento de vaivén durante horas. Su aplicación se usa para verificar la fuerza de Coriolis y la rotación de la Tierra [9].

1.3.2 Péndulo simple

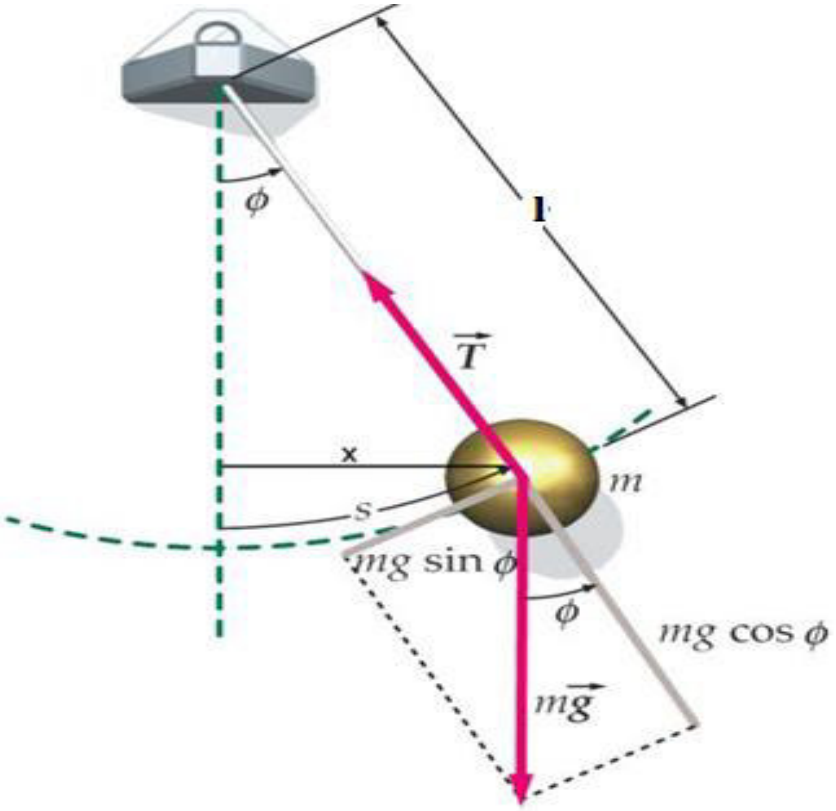


Fig. 2.7 Diagrama de cuerpo libre de un péndulo simple

El péndulo simple es un cuerpo sólido pequeño y masivo, suspendido de una cuerda inextensible sin masa apreciable, que oscila alrededor de un punto fijo [10].

La ecuación de movimiento del cuerpo en el punto B está dada por:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\theta \qquad (1.35)$$

Donde θ es la posición angular del cuerpo, g la aceleración de caída libre y l la longitud del péndulo, esta ecuación presenta las características de un oscilador armónico simple; válido para ángulos pequeños (sen θ ≈ θ) y la solución de la misma es:

$$\theta = \theta_0 Cos(\omega t + \delta) \qquad (1.36)$$

Donde ω es la frecuencia angular del péndulo simple, θ_0 y δ son el desplazamiento angular y el desfase iniciales [11] por lo que ω es igual a:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \qquad (1.37) \qquad y \qquad T = \frac{2\pi}{\omega} \qquad (1.38)$$

De aquí que el periodo de oscilación del péndulo simple [11] es:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad (1.39)$$

1.3.3 Aplicaciones del péndulo simple

a. Para la medida del tiempo en los relojes ya que la constancia de su periodo permite controlar el movimiento de las agujas. En la mayoría de los relojes modernos, el péndulo ha sido sustituido por un muelle o resorte, o más recientemente por un oscilador eléctrico.

b. Para la medida de la aceleración de la gravedad. Despejando g de la ecuación (3.3) se obtiene:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \qquad (1.4)$$

c. el péndulo nos permite demostrar el movimiento de rotación de la Tierra, gracias al célebre experimento de FOUCAULT realizado en el Panteón de París [11].

CAPITULO 2

Técnicas experimentales para la adquisición de datos, equipos y software utilizados en el estudio de los fenómenos físicos

2.1 TÉCNICAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

2.1.1 Daq

La adquisición de datos (DAQ) es la medición, registro por intermedio de una PC de un fenómeno físico como temperatura, presión, voltaje, corriente, o sonido. Un sistema DAQ está formado por sensores, hardware de medidas DAQ y una PC con software programable. En Comparación con un sistema de medidas tradicional, en un sistema DAQ que funcionan con una PC aprovechan la velocidad de procesamiento en tiempo real, la observación paso a paso del proceso, la productividad, brindando una solución rentable y manejo de cantidades de datos. [12].

Un sistema Daq está formado por: Sensor, dispositivo daq;

2.1.1.a Sensor

La medida o toma de datos de un fenómeno físico-natural, como la humedad de una habitación, la densidad de una sustancia o la presión aplicada a una superficie, implica el uso de un sensor. Se define un sensor, como transductor, que convierte el fenómeno físico-natural que se observa en una representación del tipo eléctrico la cual se puede medir. Según en sensor que se use, la señal de salida eléctrica será un voltaje,

una corriente. Los sensores también funcionan con componentes y circuitos adicionales para generar una señal o representación que puede ser captada con precisión por un dispositivo DAQ [12].

- **Sensores Comunes**

Tabla 2
Tipo de sensores

SENSOR	FENÓMENO
Termopar, RTD, Termistor	Temperatura
Fotosensor	Luz
Micrófono	Sonido
Galga Extensiométrica, Transductor Piezoeléctrico	Fuerza y Presión
Potenciómetro, LVDT, Codificador Óptico	Posición y Desplazamiento
Acelerómetro	Aceleración
Electrodo pH	pH

2.1.1.b Dispositivos Daq

El hardware DAQ cumple la función de interfaz entre una PC y señales del que el fenómeno físico genera. Este dispositivo digitaliza señales analógicas que entran a la PC para que pueda ser interpretada. El dispositivo DAQ está formado por tres componentes las cuales son: un circuito que acondiciona las señales entrantes, un convertidor de señal analógica a digital (ADC) y un bus que funcione con la PC. Existen varios dispositivos DAQ que poseen diferentes funciones adicionales que sirve para automatizar el proceso de toma de datos. Como ejemplo, el convertidor (DACs) que recibe una señal de tipo analógica y por intermedio de las líneas de E/S convierten a señal digital y las envían a los contadores/temporizadores cuentan y generan pulsos digitales.

2.1.1.b.1 Componentes de un dispositivo DAQ

- **Acondicionamiento de Señales**

Para evitar accidentes durante la toma de datos o de las señales que provengan directamente del exterior, un circuito de acondicionamiento o adecuación de señales los maneja de cierta manera que sea adecuado para ser introducido a un ADC. Generalmente este circuito está formado por amplificación, atenuación, filtrado y aislamiento. En la actualidad hay dispositivos (DAQ) que ya vienen incorporados que traen diferentes clases de sensores [12].

- **Convertidor Analógico Digital (ADC)**

Es necesario que una señal analógica provenientes de los sensores deban ser convertidas en señales digitales para luego sean analizadas por una PC. Un ADC es un chip que traduce una señal analógica en digital en un lapso determinado. Debido a que, las señales analógicas no son constantes en el tiempo, el ADC toma datos continuamente de la señal. Estos datos se envían a una Computadora por intermedio de un conector (bus), la cual realiza la reconstrucción de la señal original es por intermedio de un software [12].

- **Bus de la PC**

Un dispositivo DAQ para que pueda transmitir su información a una PC se debe conectado a un Bus (es una ranura o puerto que tiene la Pc). Este bus que posee la PC es una interfaz (permite la comunicación) del dispositivo DAQ con la PC para trasladar la información adquirida. Los DAQ se conectan con la Pc por intermedio de los buses, como ejemplo existen los Ethernet, USB, PCI Express y PCI. Cada tipo de bus brinda diferentes ventajas para distintas aplicaciones [12].

2.1.1.c La Pc en un sistema daq

El dispositivo DAQ es controlado por una PC que posee un software programable el cual procesar, visualizar y almacenar lo datos adquiridos. Los tipos de PCs que se usan dependerá del nivel de procesamiento, portabilidad. Por ejemplo, para el laboratorio se utiliza la computadora de escritorio debido a su velocidad del procesador para analizar los datos, en cambio la laptop es más transportable o también una PC industrial (es más robusta) que se utiliza en una planta de producción [12].

2.1.1.c.1 Partes del software que usa el sistema Daq

- **Software Controlador**

Un dispositivo DAQ para que funcione requiere de un software controlador con la cual pueda interactuar. Esta interacción con el dispositivo DAQ se simplifica separando los comandos que tiene el hardware (de bajo nivel) y la programación a nivel de registro. Por lo general, este software controlador DAQ tiene una interfaz de programación de aplicaciones (API) que es utilizada para construir softwares aplicativos.

- **Software de Aplicación**

El usuario necesita de un software de aplicación para que ayude en la interacción con la PC, y se pueda adquirir, analizar y presentar los datos medidos. Con este software se puede diseñar aplicaciones con funcionalidad predefinida, aplicaciones que tengan funcionalidad personalizada. Estas aplicaciones personalizadas se usan para automatizar diversas funciones, crear algoritmos que dispositivo DAQ pueda realizar [12].

.

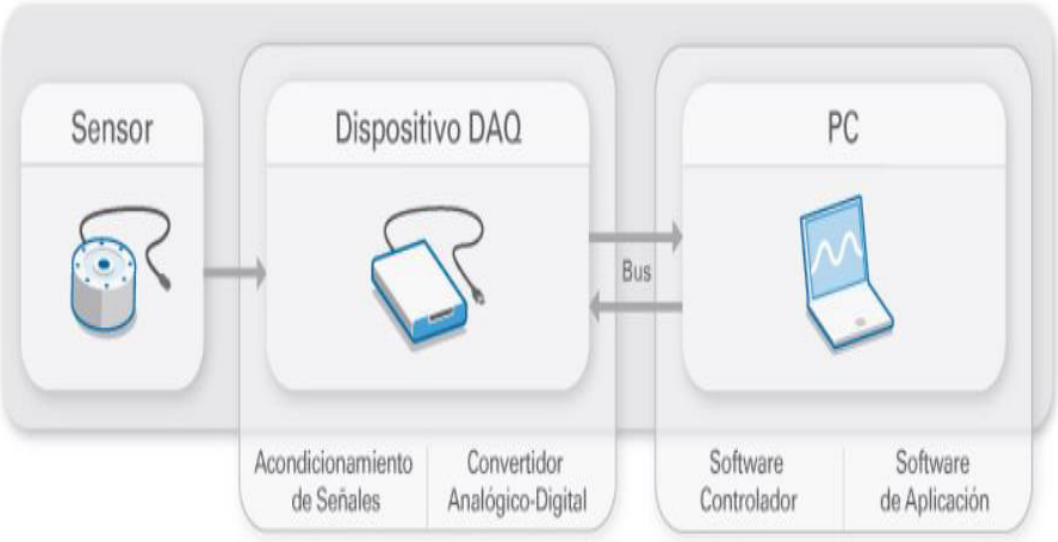


Fig. 2.8 Partes de un sistema Daq

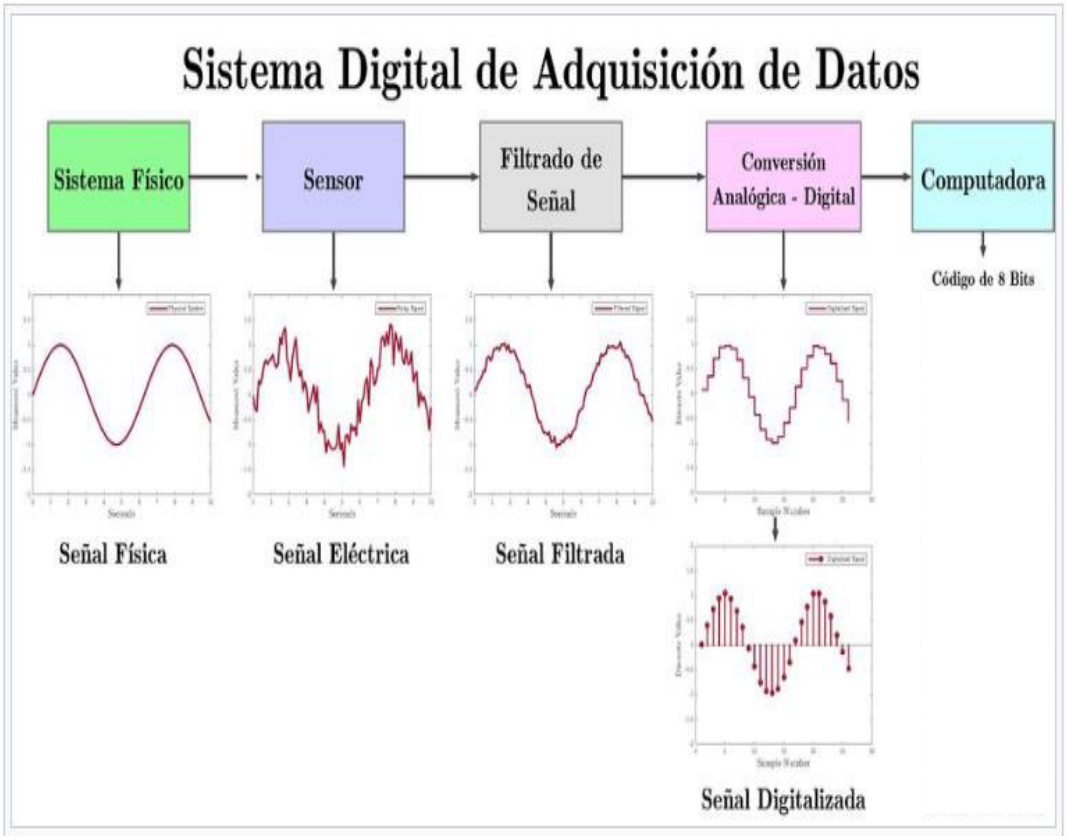


Fig. 2.9 Proceso de un sistema Daq

2.1.2 Data logger

Este dispositivo electrónico registra datos en función del tiempo, ubicación en base a sensores incorporados o por conexión externa. Su funcionamiento está en función a sus microcontroladores (es un circuito integrado que se puede programar, ejecuta ordenes que son guardados en su memoria). La mayoría son pequeños, funcionan con pilas, son fáciles de transportar, y tiene microprocesadores, memoria interna para almacenar datos y posee sensores. Existen registradores de datos que dependen de un ordenador personal y un software para poder ver, registrar y analizar datos, mientras que otros funcionan como un dispositivo independiente debido a que tienen dispositivos de interfaz local (teclado, pantalla LCD) que pueden ser utilizados por el usuario.

Los Data Logger se pueden agrupar en dos grupos: Los de propósito general los cuales tienen múltiples aplicaciones y los de propósitos muy específicos que se usan en un medio ambiente o aplicación particular. Los Data Logger de propósito general en su mayoría se programan por lo que varios se convierten en máquinas estáticas con una cantidad limitada de parámetros y variables.

El beneficio principal del Data Logger se debe al tiempo de registro de datos automáticos que lo realiza durante las 24 horas del día. Luego de activar un Data Logger normalmente se dejan sin vigilancia para que realicen su trabajo durante el tiempo que sea necesario. Debido a al tiempo de toma de dato el análisis del fenómeno se hace más confiable, por ejemplo, los fenómenos estudiados podrían ser la toma de temperatura del aire y la humedad relativa.

Debido al incremento de la tecnología con los años el precio de los Data Logger ha disminuido y se han perfeccionado. Data Logger con un solo canal de datos valen unas decenas de dólares, y los Data Logger mas precisos y complejos cuestan cientos o miles de dólares [12].

Fig. 3. Data logger

2.1.3 Interfaces en Arduino-LabVIEW

LabVIEW es un software que sirve para el análisis de datos que son adquiridos por la placa Arduino. Este software posee dos interfaces que se relaciona con el usuario y son: el panel frontal y el diagrama de bloques. Estas interfaces contienen aplicaciones para implementar y desarrollar el archivo (instrumento virtual) de programación con LabVIEW.

La interfaz de LabVIEW que se complementa con la placa Arduino contiene una cantidad de herramientas que son gratuitas y facilita a los usuarios o investigadores obtener datos desde la placa Arduino que se define como un microcontrolador (un microcontrolador es un circuito integrado que se puede programar, y tiene la facultad de efectuar el pedido que se graba en su memoria. Está formado por bloques funcionales, y estos a su vez elaboran una tarea en particular. Un microcontrolador se asemeja en su interior con una computadora ya que está formada o contiene: una unidad central de proceso, (memoria y periféricos de entrada/salida) y lo procesa bajo la programación y entorno gráfico de LabVIEW [14].

2.2 ARDUINO

La placa Arduino fue creada en el año 2005 por el estudiante del instituto IVRAE Massimo Banzi, para el aprendizaje básico de los estudiantes de electrónica y computación del instituto, desarrollen más sus conocimientos, por aquel tiempo comprar una placa de micro controladores era muy costoso y no tenía mucha garantía. Banzi, nunca se imaginó que años más tarde su invento sería muy conocido y utilizado. En un principio este proyecto estuvo orientado para reducir costos en la creación de trabajos para colegios desarrollados al interior del instituto, adicionalmente Massimo quería ayudar económicamente a su instituto y poder

evitar el cierre del instituto, fue así que comenzó a comercializar placa Arduino al interior del campus a un precio cómodo (3.8 soles aproximadamente). En el instituto IVRAE se fabricó primer prototipo de Arduino. Este prototipo estaba formado por una placa simple de circuitos eléctricos, donde se conectaban un micro controlador simple, resistencias de voltaje, la dificultad era que solo se podían conectar sensores muy sencillos como ejemplos los leds resistencias. Esta placa no se podía programar con ningún lenguaje de programación para manipularla.

Posteriormente, Hernando Barragán que estaba estudiando en la Universidad de Colombia se unió al equipo de Arduino, su contribución al proyecto fue: la elaboración de un entorno para poder programar el procesador de la placa Arduino.

Un tiempo después, se unió al "Equipo Arduino" David Cuartielles, un estudiante español, que era expedito con circuitos y pc, contribuyó a optimizar la comunicación (interfaz) del hardware de la placa Arduino, inserto varios micro procesadores necesarios para dar soporte y aumentar la memoria para el mejor funcionamiento del lenguaje de programación que utilizaba la placa.

Luego, Tom Igoe, que estudiaba en Estados Unidos que estaba elaborando su tesis, se enteró que se estaba desarrollando una plataforma de open-source con referencia de micro controlador instalada en una placa. Se interesó en el proyecto y fue visito el Instituto IVRAE y debido a que recibió la invitación de Massimo decidió participar en la mejora de la placa Arduino. Su participación consistió, en agregar puertos USB para poder conectarse a la Pc. Adicionalmente, dio la idea a Banzi de comercializar el proyecto a todo el mundo.

Al tener la placa lista, se distribuyó gratuitamente a los estudiantes de computación y electrónica del propio instituto. El proceso de distribución del proyecto Arduino dentro del campus, estuvo bajo la recomendación de un publicista que posteriormente Gianluca Martino forma parte del grupo Arduino, y repartió al interior del centro de estudio y la promociono con

amigos cercanos de él. El proyecto Arduino que se hizo realidad tuvo bastante aceptación por parte de los estudiantes y profesores por lo que contrataron a Natan Sadle amigo y socio de Banzi para la fabricación en serie y luego su distribución en todo el mundo.

Posteriormente, al ver resultados favorables de la placa Arduino se distribuyó en Italia, luego en España [15].

En nuestra tesis usaremos el ARDUINO MEGA 2560

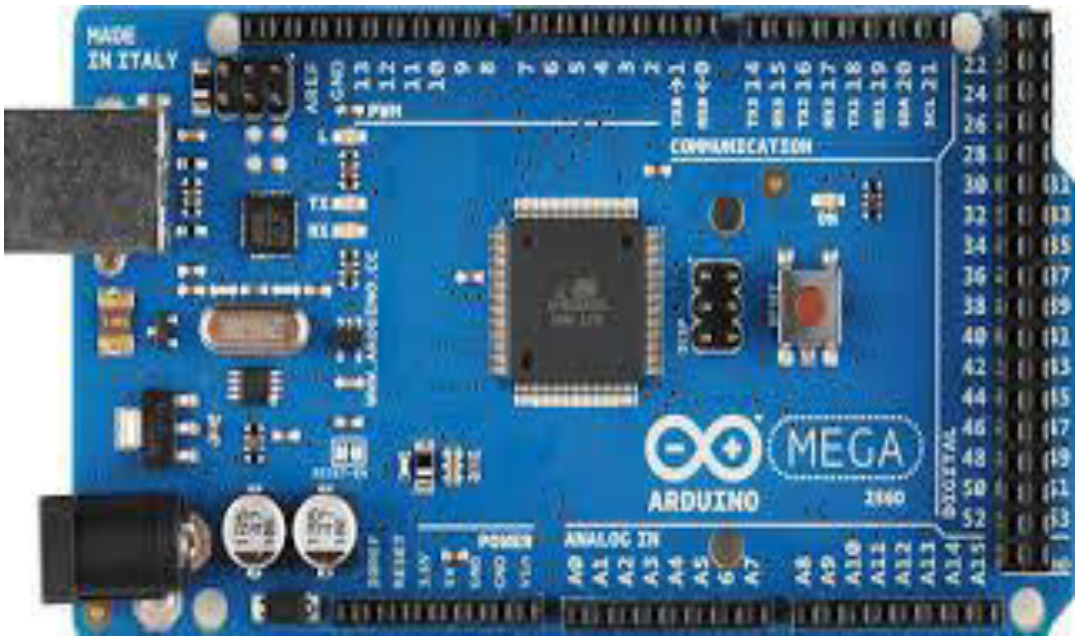


Fig. 3.1 Arduino Mega 2560

2.2.1 Interface Arduino Mega

Arduino es un conjunto de dispositivos electrónicos y que funciona como un microcontrolador y sirve de interface para la adquisición de datos de código abierto, la cual funciona con un software libre y un hardware que flexible y fácil de utilizar por los usuarios. Este microcontrolador facilita la creación diversos tipos de microordenadores que posea una sola placa a lo cual permite darles diversos usos.

Se define que un hardware libre es aquel dispositivo cuyas características y diagramas son de acceso público, por lo cual se puede copiarlos. Arduino creo el precedente para la creación de diversas placas, que funcionen como microcontroladores, pero su funcionamiento sea similar a la de Arduino. Se define como software libre son aquellos paquetes o software informáticos que su uso es gratuito y pueda ser modificarlo según su criterio. La plataforma Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que se caracteriza por su programación que le permite al usuario crear diversas utilidades usadas en diversas placas de Arduino, de tal forma que se les de diferentes utilidades.

En conclusión, la placa Arduino está diseñada con un microcontrolador ATMEL (empresa norteamericana especializada en este rubro).

Definimos que un microcontrolador es un conjunto de circuitos integrados con la característica que se graven diversas ordenes, estas a su vez son producidas por un lenguaje de programación compatible en el entorno Arduino IDE. Estas órdenes te facilitan la creación de aplicaciones que actúan como interfaces con placa Arduino.

El microcontrolador que forma parte de Arduino se caracteriza por tener una interfaz de entrada, y se refiere a la entrada que tiene la placa en la que se conecta los diversos tipos de periféricos. La información que brinden los periféricos que sean

conectados a la placa se trasladará inmediatamente al microcontrolador, para luego ser procesados.

El periférico que decidas utilizar dependerá principalmente del tipo de datos que desees enviar al microcontrolador para que los procese. Como ejemplos puedes usar cámaras para adquirir videos, los teclados para introducir información, o diversas clases de detectores.

La otra característica es que posee una **interfaz de salida**, y su función es trasladar los datos que se ha adquirido o analizado en el microcontrolador del Arduino a terminal de salida (periférico). Lo periféricos utilizados son las pantallas o display, altavoces o parlantes en los que se pueda reproducir la información procesada, también se usan diversas placas o microcontroladores [16].

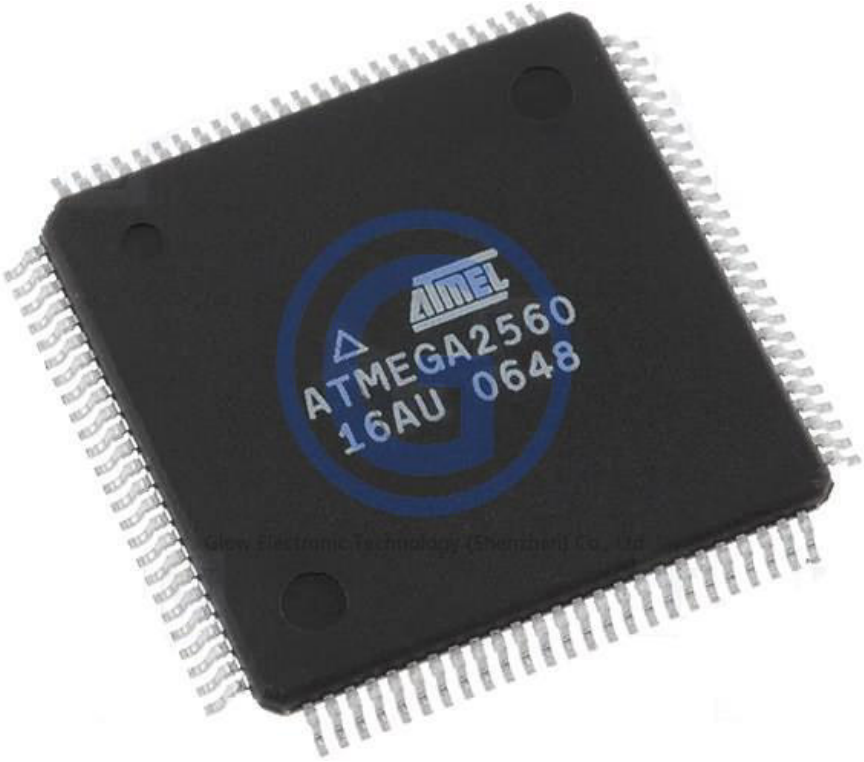


Fig. 3.2 Microcontrolador del Arduino Mega 2560

Tabla 3
Modelos y características

Modelo	Características
Arduino Leonardo	• **Microcontrolador: ATmega32u4** • **Voltaje de funcionamiento: 5 V** • **Pines I/O digitales: 20** • **Canales PWM: 7** • **Pines de entradas análogas: 12** • **Corriente DC por cada pin I/O: 40 mA** • **Corriente DC en el pin de 3.3 V: 50 mA** • **Memoria Flash: 32 KB (ATmega32u4) de los cuales 4 KB son utilizados por el bootloader** • **SRAM: 2 KB (ATmega32u4)** • **EEPROM: 1 KB (ATmega32u4)** • **Velocidad de reloj: 16 MHz**
Arduino Mega ADK	• **Microcontrolador:** ATmega2560 • **Voltaje de funcionamiento:** 5 V • **Pines I/O digitales:** 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM) • **Pines de entradas análogas:** 16 • **Corriente DC por cada pin I/O:** 40 mA • **Corriente DC en el pin de 3.3 V:** 50 mA • **Memoria Flash:** 256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el bootloader • **SRAM:** 8 KB • **EEPROM:** 4 KB • **Velocidad de reloj:** 16 MHz

Tabla 4
Modelos y características

Modelo	Características
Arduino uno	• **Microcontrolador:** ATmega328 • **Voltaje de funcionamiento:** 5 V • **Pines I/O digitales:** 14 (de los cuales 6 proveen salida PWM) • **Pines de entradas análogas:** 6 • **Corriente DC por cada pin I/O:** 40 mA • **Corriente DC en el pin de 3.3 V:** 50 mA • **Memoria Flash:** 32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son utilizados por el bootloader • **SRAM:** 2 KB (ATmega328) • **EEPROM:** 1 KB (ATmega328) • **Velocidad de reloj:** 16 MHz
Arduino Mega 2560	• **Microcontrolador:** ATmega2560 • **Voltaje de funcionamiento:** 5 V • **Pines I/O digitales:** 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM) • **Pines de entradas análogas:** 16 • **Corriente DC por cada pin I/O:** 40 mA • **Corriente DC en el pin de 3.3 V:** 50 mA • **Memoria Flash:** 256 KB de los cuales 8 KB son utilizados por el bootloader • **SRAM:** 8 KB (ATmega328) • **EEPROM:** 4 KB (ATmega328) **Velocidad del reloj:** 16 MHz”

2.3 SOFTWARE PARA LA ADQUISICION DE DATOS DE LOS FENOMENOS FISICOS

2.3.1 LabVIEW

Se utilizó el software NI LabVIEW, debido a que este lenguaje de programación fue desarrollado principalmente para la toma de datos, creación de sistemas, instrumentación y con su respectivo control.

LabVIEW es una abreviación en ingles de (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) es un lenguaje de programación que desarrolla y diseña de sistemas basado en un lenguaje visual gráfico. LabVIEW utiliza lenguaje gráfico (el lenguaje G) que favorece el desarrollo de programas para mejorar el desarrollo de sistemas. Este software fue creado por la empresa Nacional Instruments en 1976 y distribuido en el mercado en 1986. Al programar en LabVIEW, este crea archivos llamados Instrumento Virtual o VI conteniendo la interfaz gráfica del programa y el diagrama de bloques (código). Cuando un VI esta terminado, el usuario tendrá acceso al uso del panel frontal, lugar desde donde se controla el sistema. El diagrama de bloques es la programación grafica propiamente dicha (código del programa), y en la cual el programador tiene acceso para variar el programa a su criterio. En la actualidad, el software de programación LabVIEW es compatible con los sistemas operativos Microsoft Windows, Mac OS X, GNU/Linux. LabVIEW se caracteriza por su fácil uso, no se necesita poseer dotes de programador para realizar un programa que se defina como difíciles. Lo que si es necesario tener en cuenta que para diseñar programas que controlen la automatización, adquisición y uso de datos es requisito no solo saber la programación, sino hacia dónde va dirigido el desarrollo, la aplicación del programa que se ha diseñado [17].

2.3.2 Ni-Visa

VISA (Virtual Instrument Software Architecture) Software de Interfaz de entrada y salida (E/S) sirve para configurar los puertos, programar y filtra sistemas que funcionen con interfaces GPIB, VXI, PXI, serial (RS232/RS485), Ethernet/LXI y/o interfaces USB.

NI-VISA es la implementación de National Instruments del estándar de E/S VISA. Es un IDE (Integrated Develompment Environmemt) el cual proporciona la interfaz (comunicación de entrada y salida) de programación entre el hardware y los entornos de desarrollo de aplicaciones como NI LabVIEW, LabWindows™/CVI y Measurement Studio para Microsoft Visual Studio [18].

2.3.3 Linx

LINX es un proyecto de fuente abierta de Digilent y está diseñado para facilitar el desarrollo de aplicaciones embebidas usando LabVIEW. LINX incluye VIs para más de 30 de los sensores embebidos más comunes, así como APIs de hardware agnóstico para tener acceso a periféricos como E/S digitales, E/S analógicas [19].

2.3.4 Vip

Un archivo VIP es un paquete de instrumentos virtuales (VI) utilizado por VI Package Manager (VIPM) para instalar complementos al software LabVIEW. Contiene un complemento, que incluye todos los archivos .VI y recursos utilizados por el software VIPM para instalar, eliminar y administrar el complemento.

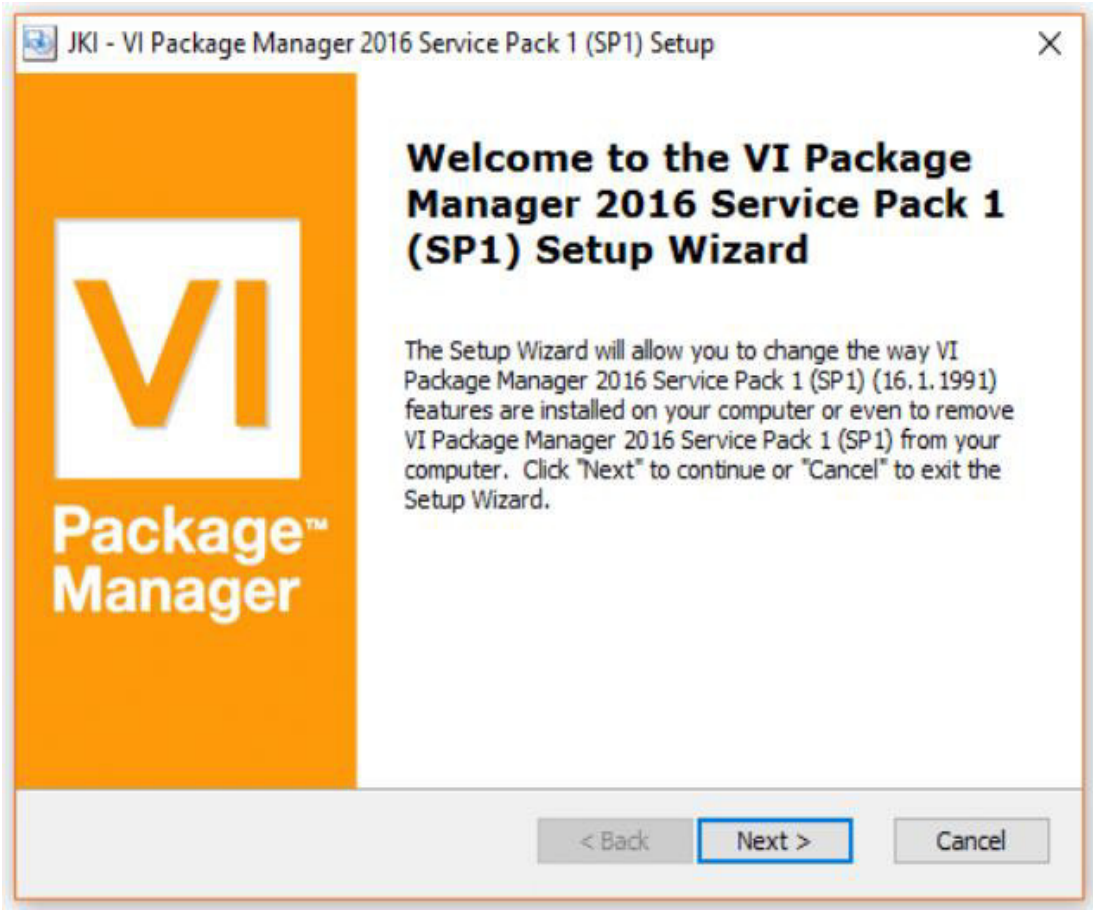
Los archivos VIP son similares a los archivos .ZIP ya que almacenan otros archivos y están comprimidos con compresión Zip . Permiten que los complementos de VI se compartan e instalen en el software LabVIEW para ampliar las capacidades del software.

VIPM es una utilidad desarrollada por JKI utilizada para administrar complementos con el software LabVIEW [20].

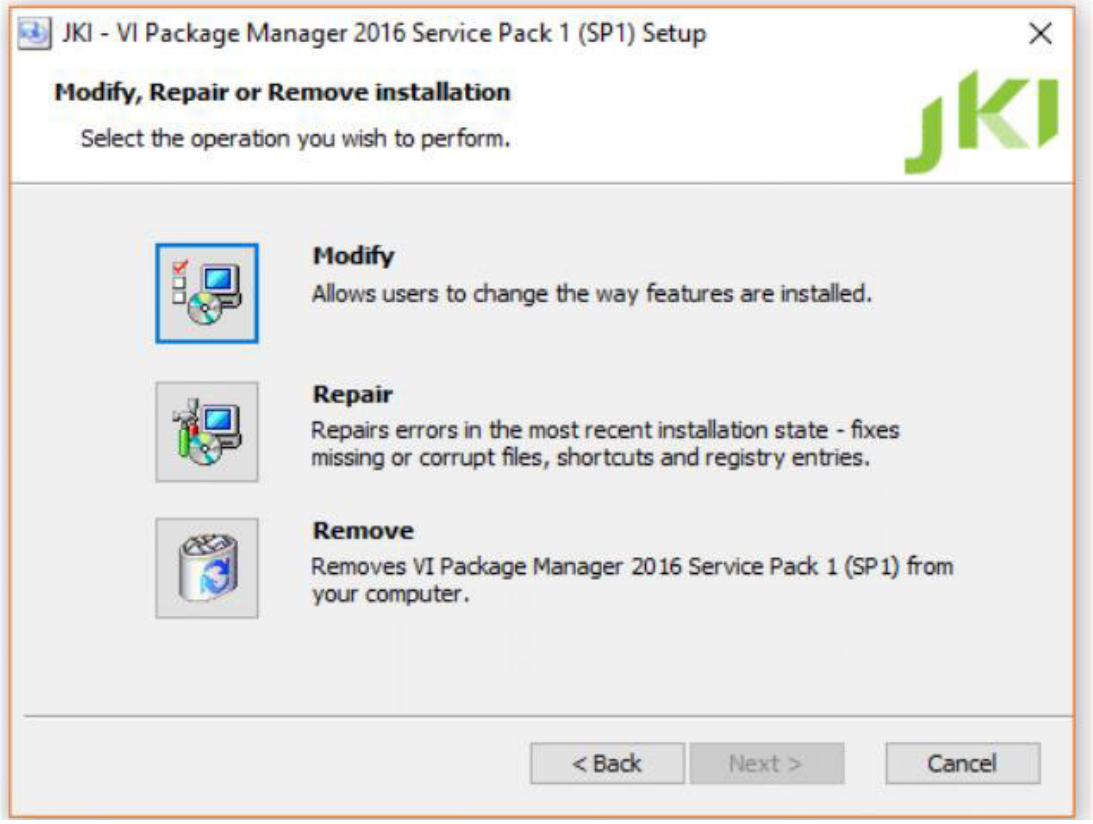
2.3.5 INSTALACIÓN DE LINX EN LABVIEW

Debe tener instalado el software LabVIEW en su PC necesariamente para realizar los siguientes pasos:

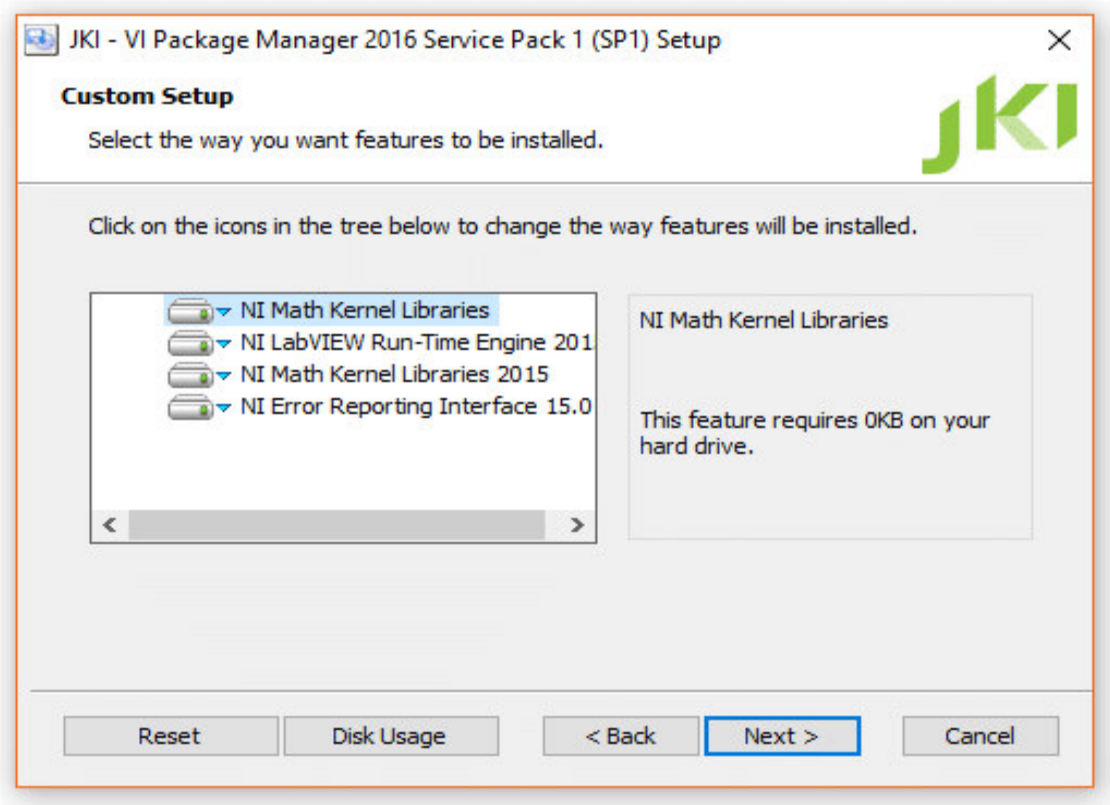
1. Descarga VI Package Manager para Windows con las siguientes instrucciones
2. Una vez que la descarga termine, ejecute la aplicación de instalación. Haga clic en "Siguiente".



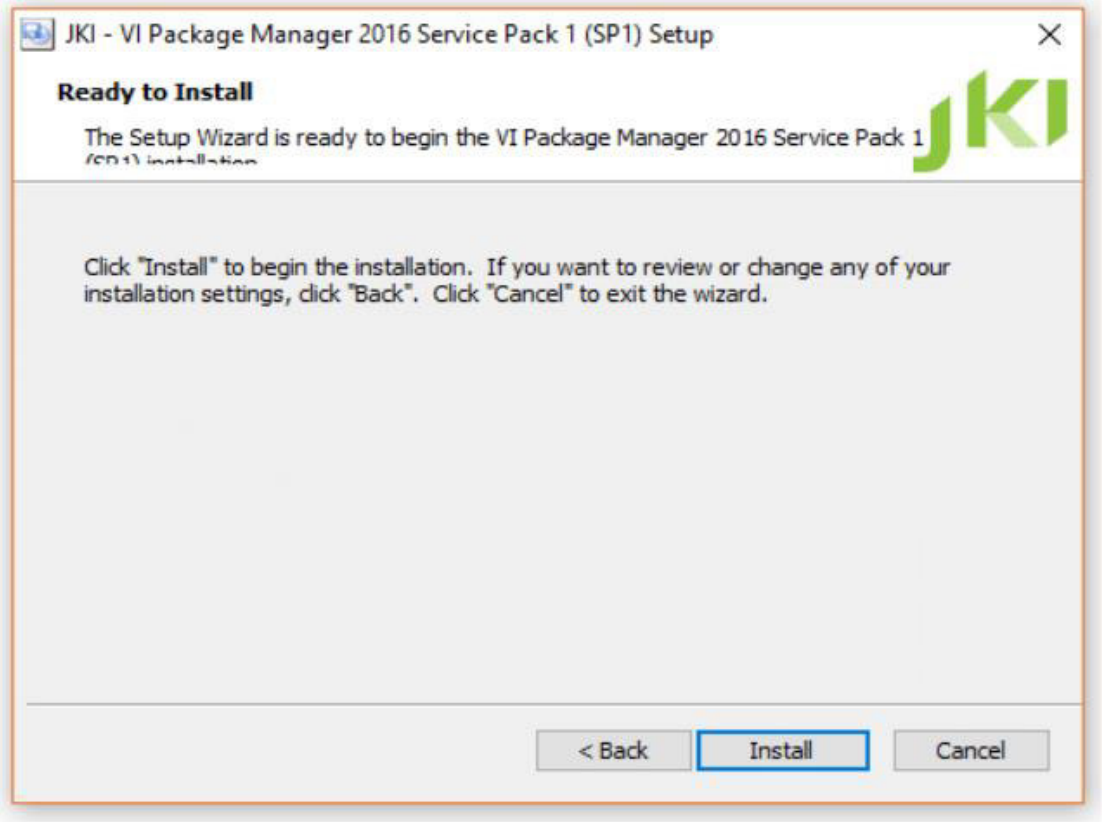
3. Luego elija la primera opción "Instalar" para continuar y haga clic en "Siguiente".



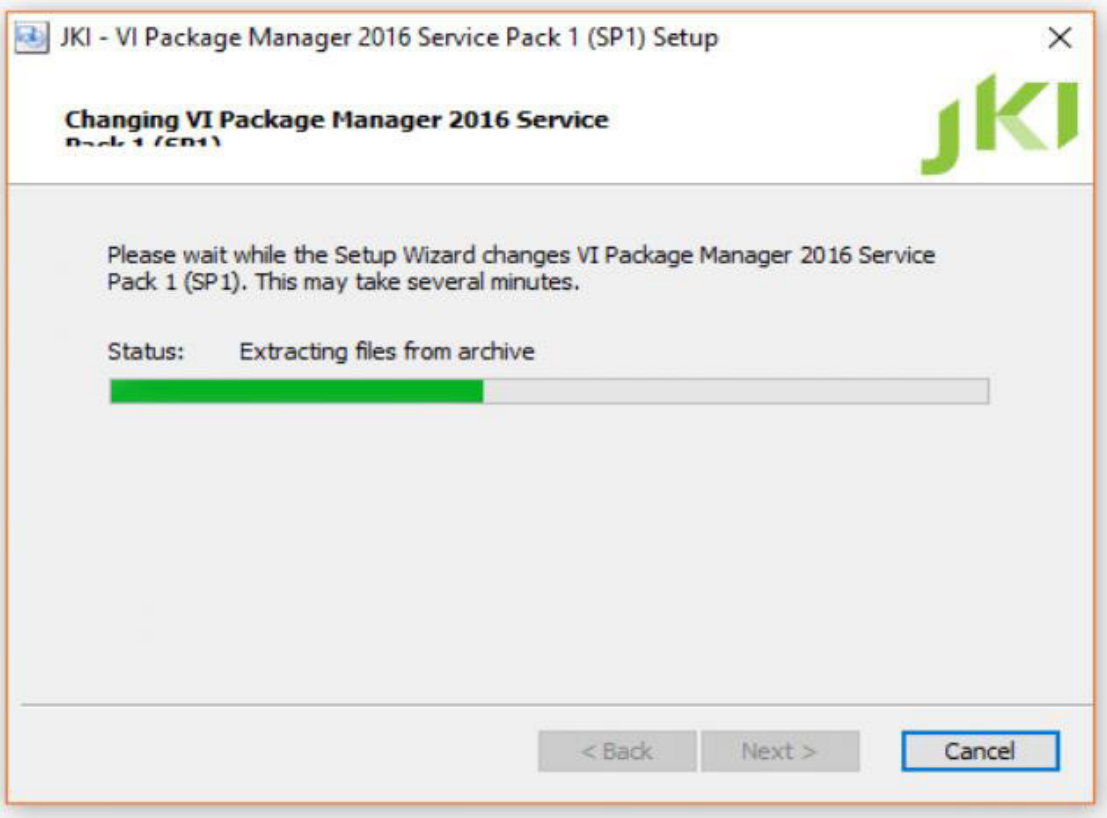
4. Se abrirá la ventana de configuración personalizada. Haga clic en "Siguiente".



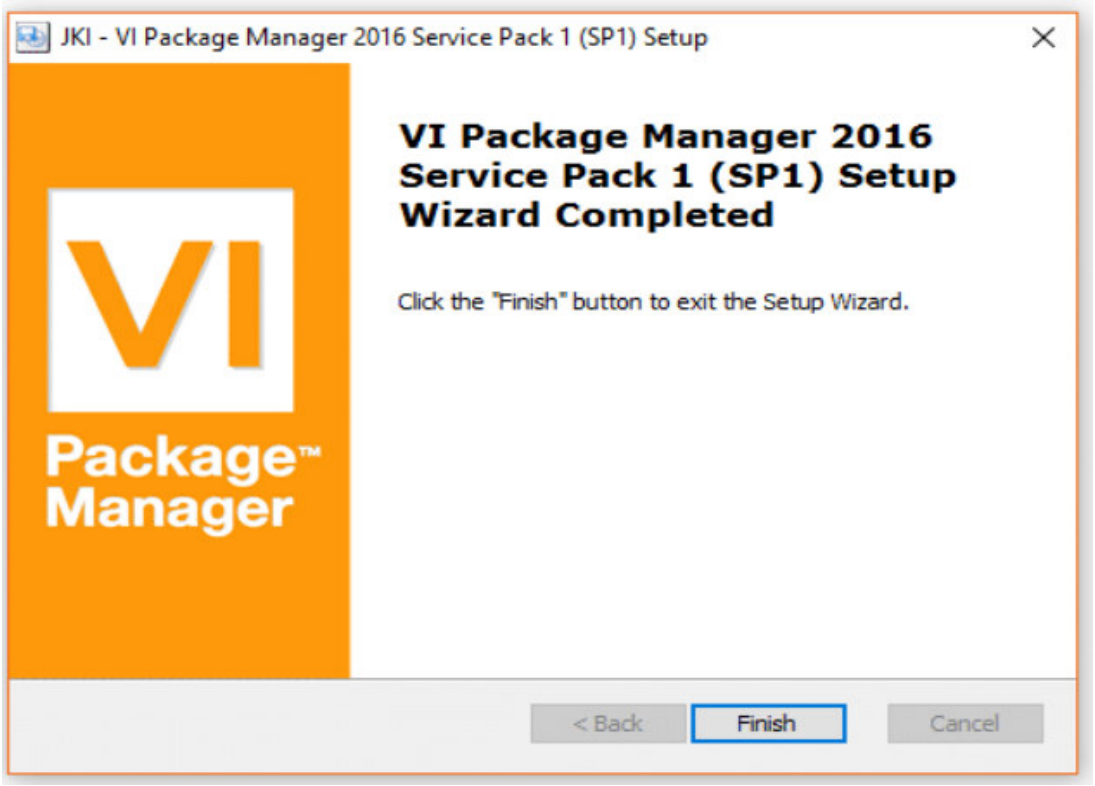
5. Haga clic en "Instalar"



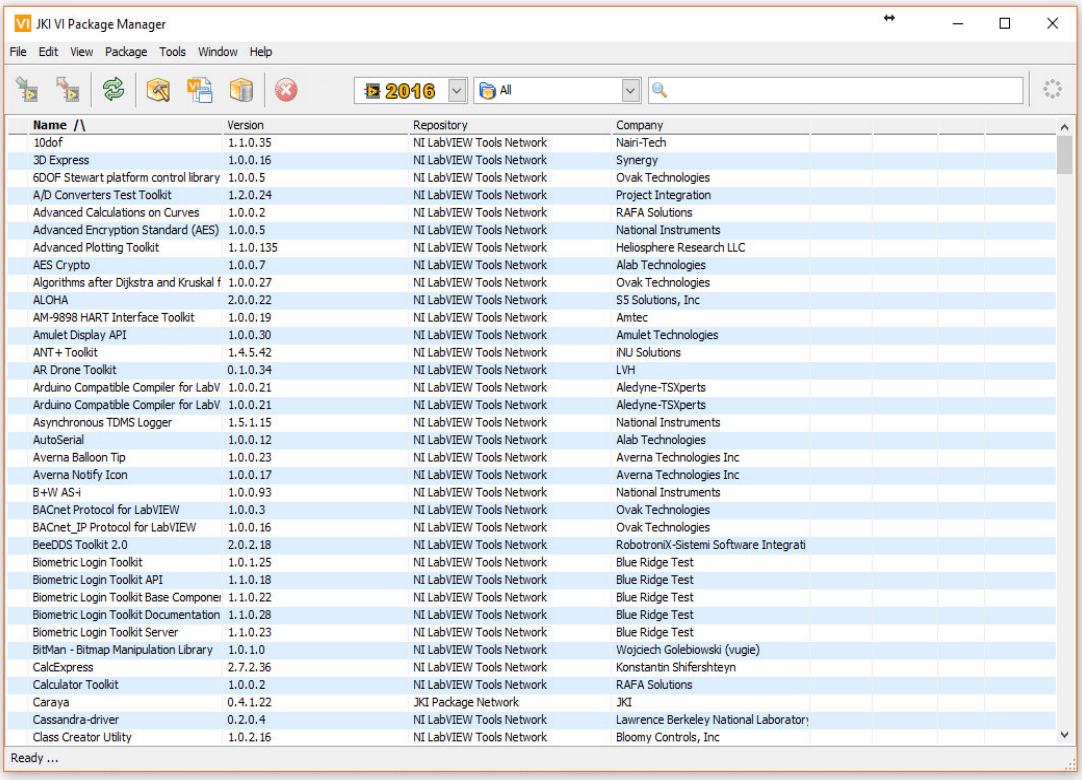
6. Ventana que aparece durante el proceso de instalación



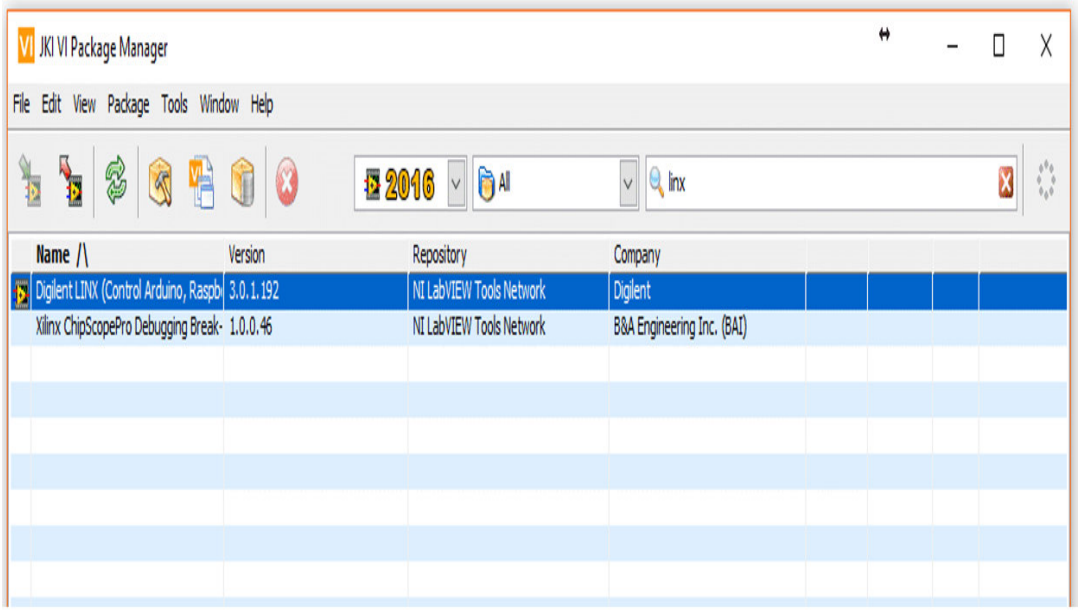
7. Una vez finalizada la instalación, haga clic en "Finalizar".



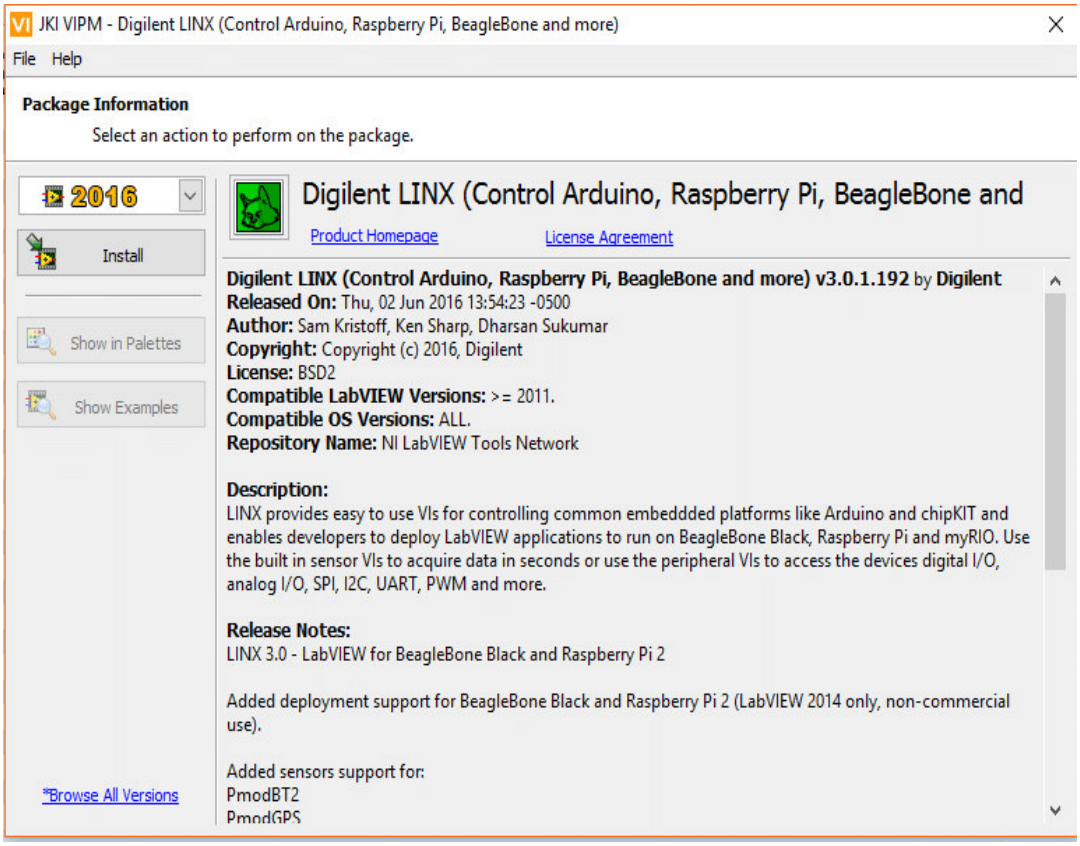
8. Abra VI Package Manager desde el menú de inicio. La aplicación se verá así cuando esté abierta,



9. Luego busque LINX en la barra de búsqueda y haga doble clic en el complemento LINX. Clic en Digilent LINX e Instalar.

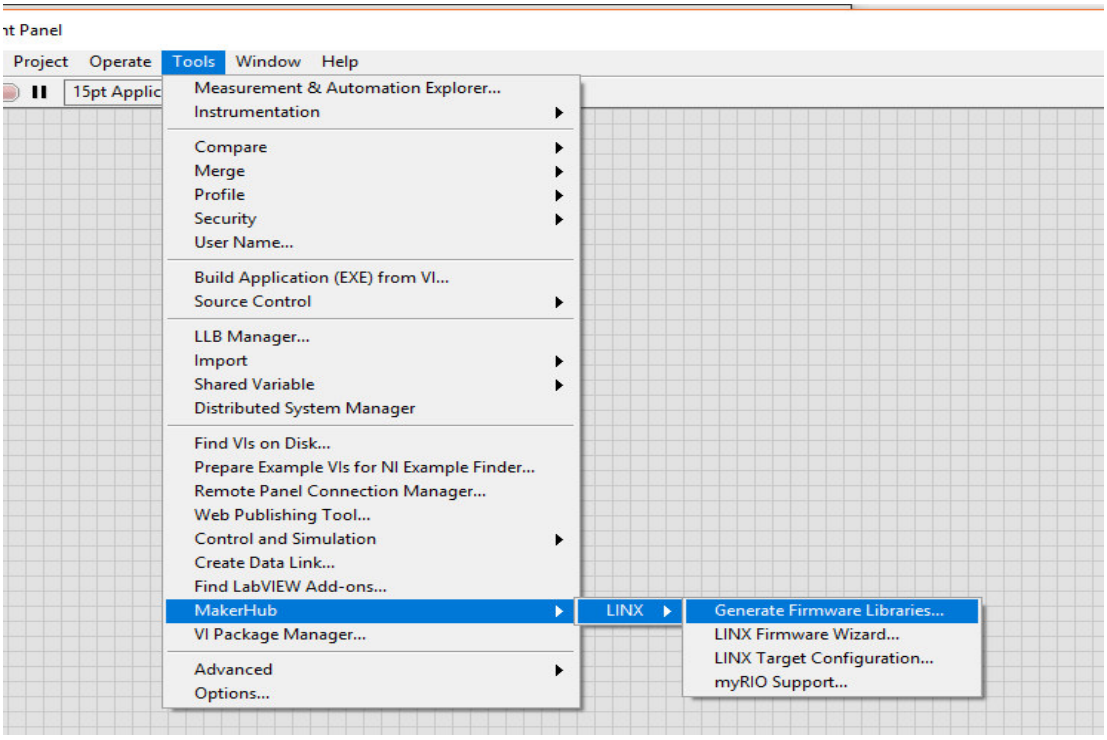


10. Una vez que haya terminado, haga clic en "Finalizar" y cierre la aplicación.

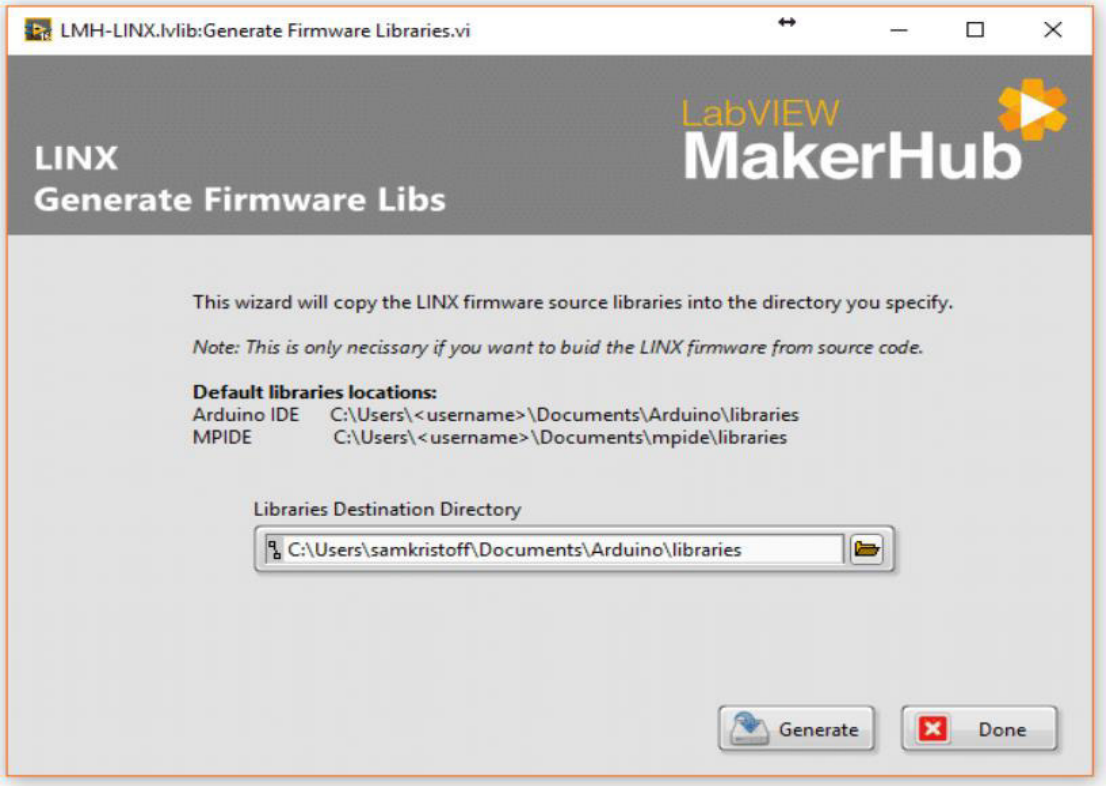


2.3.6 Creando primer VI con funciones LINX:

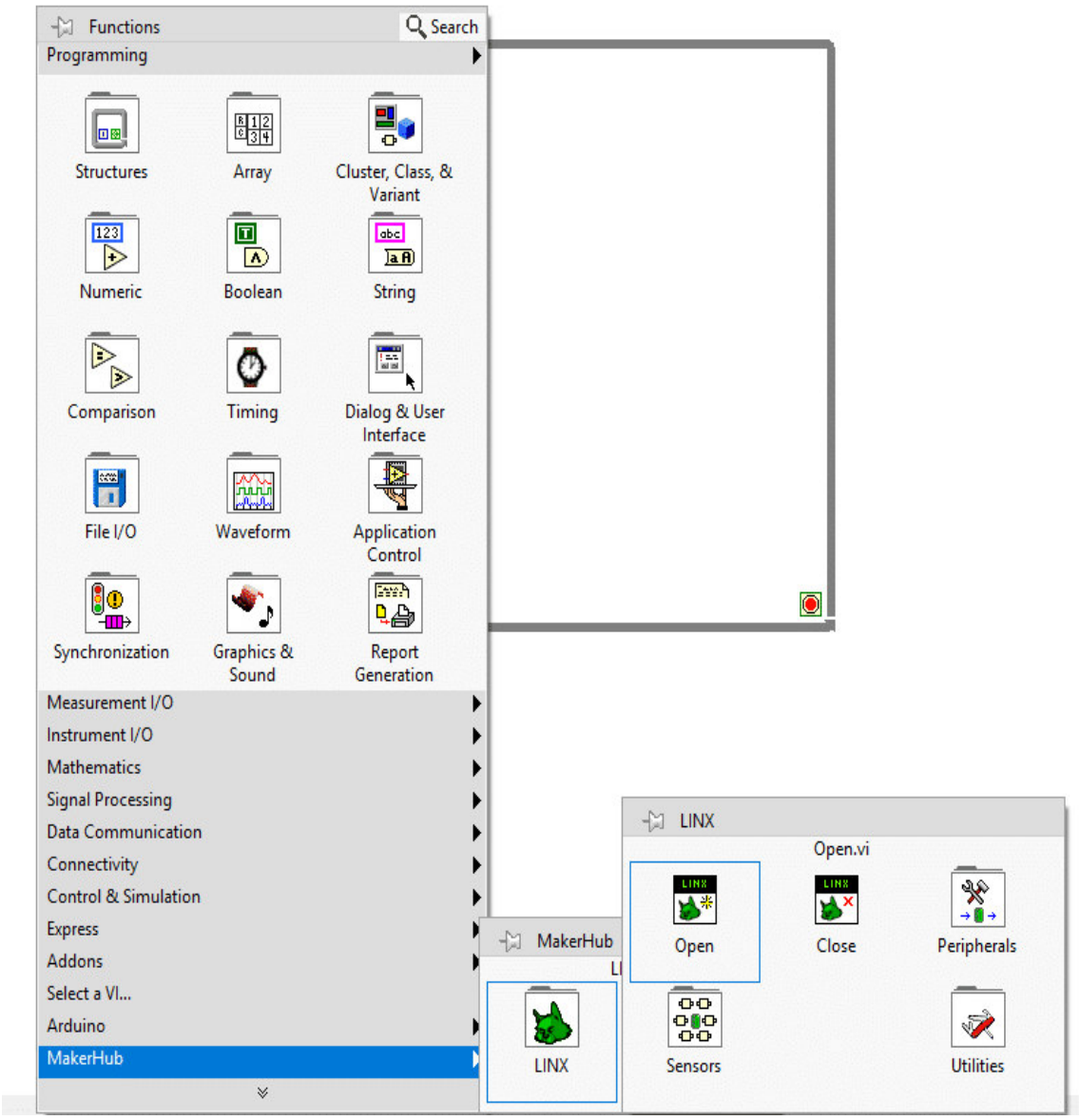
1. Abre nuevo VI en LabVIEW. Vaya a Herramientas -> MakerHub -> ENLACE -> Genere bibliotecas de firmware ...



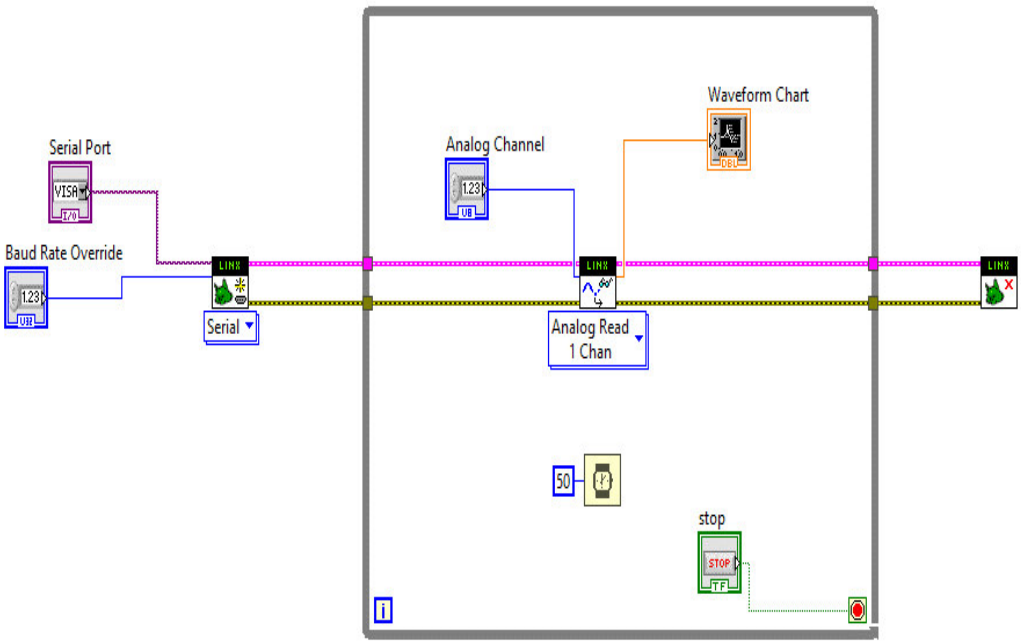
2. Elija la carpeta en la que desea guardar su biblioteca Arduino y haga clic en "Generar".



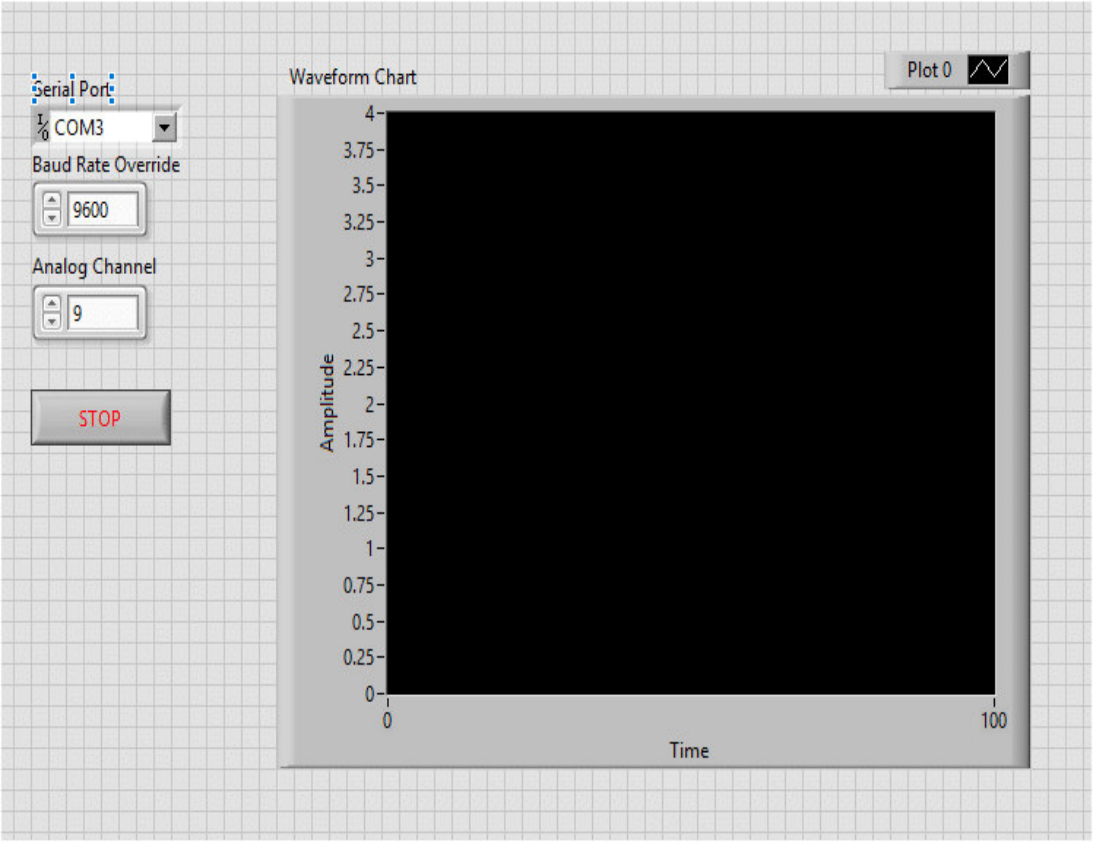
3. Vaya a la carpeta en la que acaba de generar las bibliotecas y vaya a la carpeta de ejemplos \ Arduino_Mega2560_Serial y abra el código Arduino. Sube el código a evive. En este caso, el directorio es Documentos \ LabVIEW \ ArduinoLibrary \ LINX \ examples \ Arduino_Mega2560_Serial.



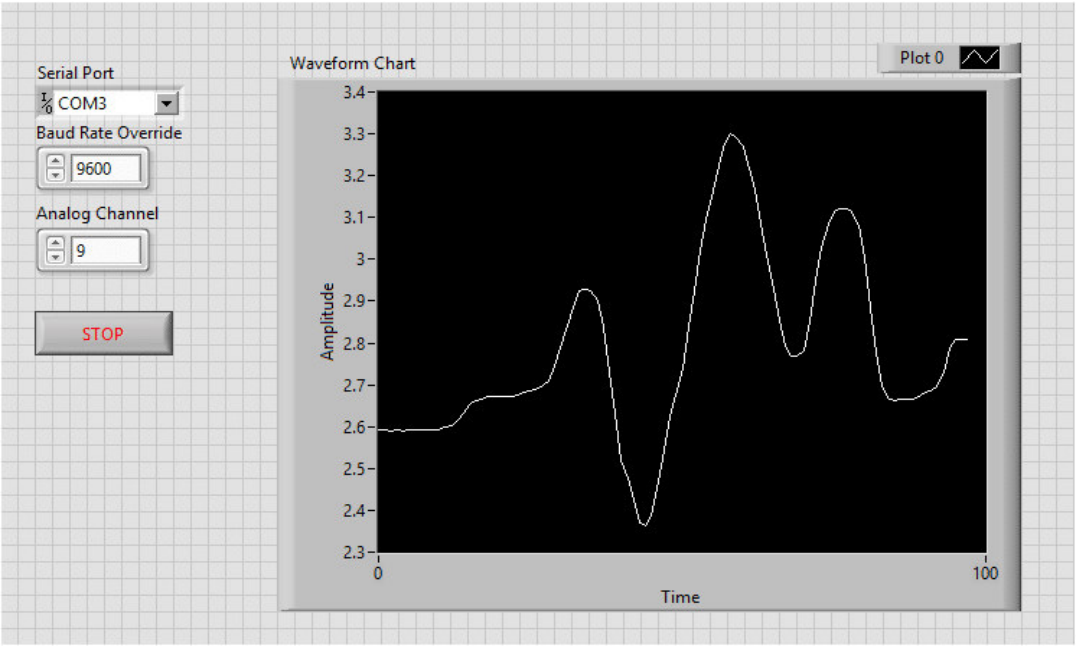
4. Ahora, vaya al panel del diagrama de bloques y use las funciones LINX para hacer el siguiente diagrama de bloques para leer el valor analógico del potenciómetro.



5. Su panel frontal se verá así.



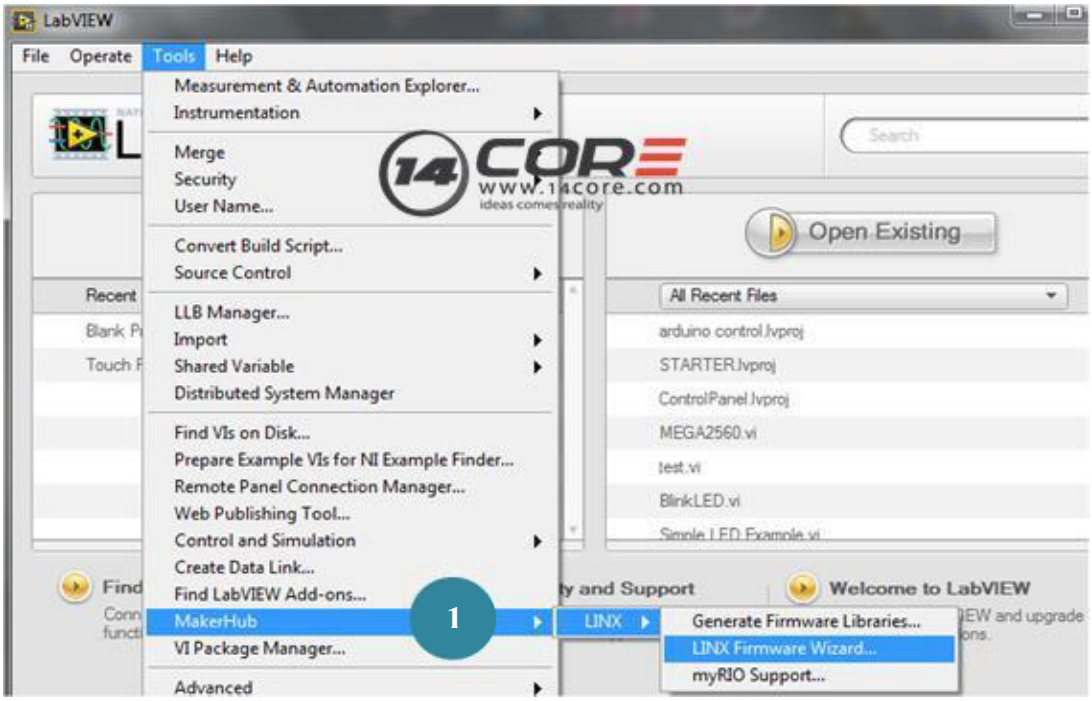
6. Ahora, comience la ejecución del código y trace la lectura analógica del potenciómetro



2.3.7 Configuración del puerto USB con LabVIEW

Instalado LabVIEW, NI-Visa y Linx se procede a la configuración.

1. Seleccionamos **Tools** → MarkerHub → LINX → LINX firmware Wizard



2. Seleccionamos **Arduino**

3. Seleccionamos **Arduino Mega 2560**

4. Seleccionamos **Serial/USB**

5. Seleccionamos **COM3**

6. Para finalizar **LINX – Serial/USB**

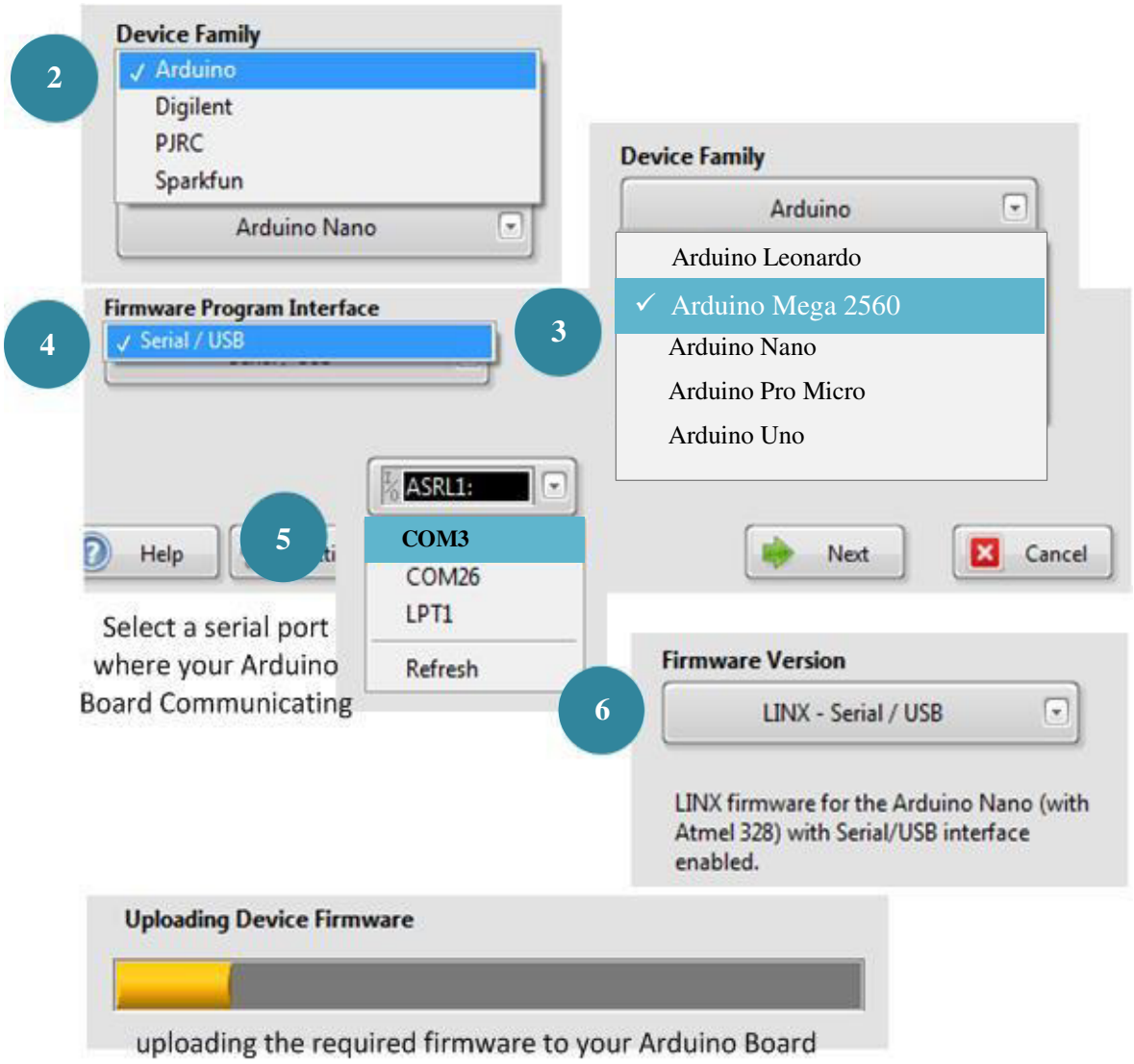


Fig. 3.4 Procedimiento: Pasos del 2 al 6 para configurar el puerto USB

CAPITULO 3

Ensamblaje del sistema para la adquisición de datos, dispositivos electrónicos y equipos utilizados en el estudio de los fenómenos físicos

3.1 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS PARA MEDIDA DE LA CARGA DEL CAPACITOR

En la actualidad debido al gran avance de la tecnología ya no se requiere de grandes equipos para llegar a un objetivo como es medir la carga y descarga de un capacitor.

Se utilizó:

1. Un capacitor $470\ \mu F$ 16 v
2. Un protoboard
3. 1 resistencia 220 Ω
4. Una placa Arduino Mega 2560
5. Conectores y cables
6. Software NI LabVIEW
7. Una laptop Toshiba i7 16Gb de RAM 2T DD

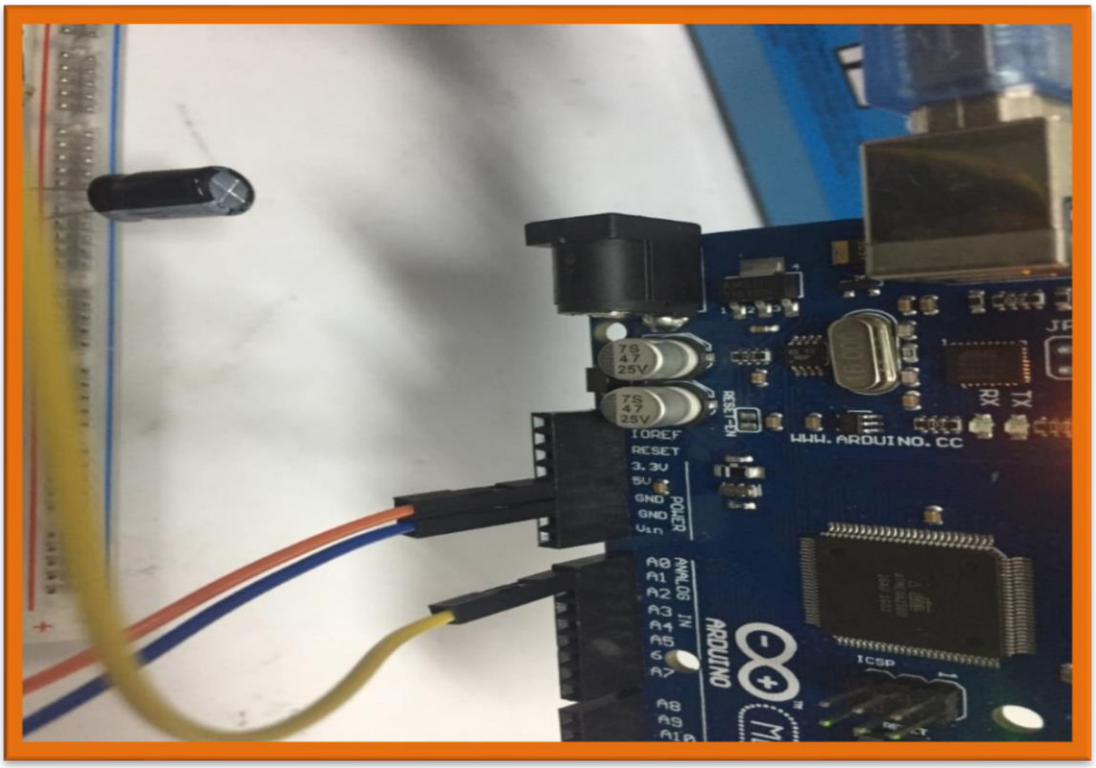


Fig. 3.3 **C**onexión de la resistencia y condensador en el protoboard

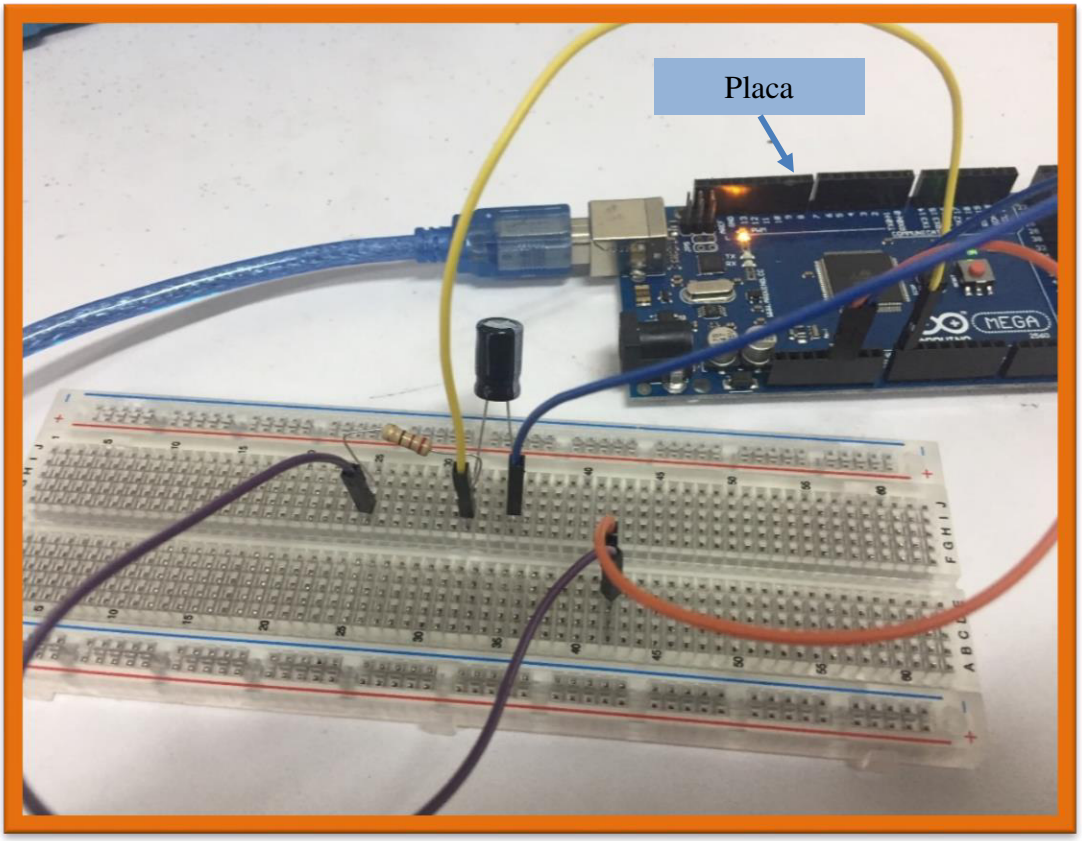


Fig. 3.4 Conexión del protoboard con el Arduino Mega 2560

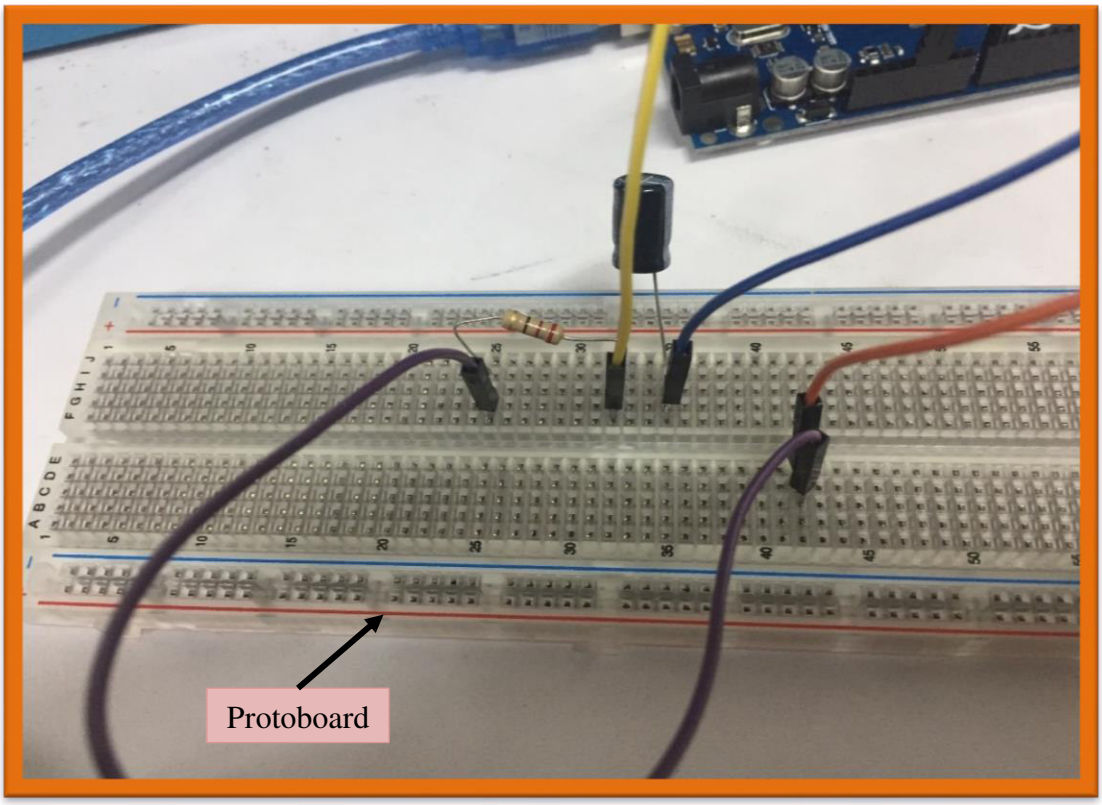


Fig. 3.5 Conexión de cables a las entradas del Arduino Mega 2560

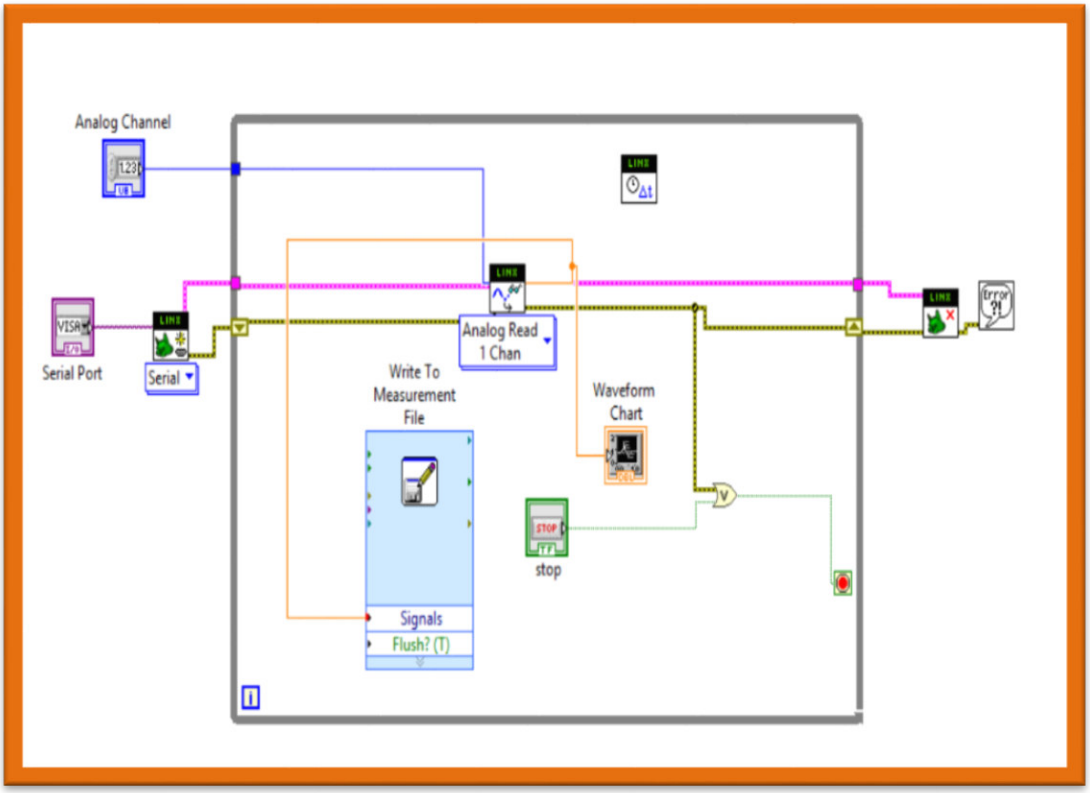


Fig. 3.6 Diagrama de bloques en LabVIEW para la carga y descarga del condensador

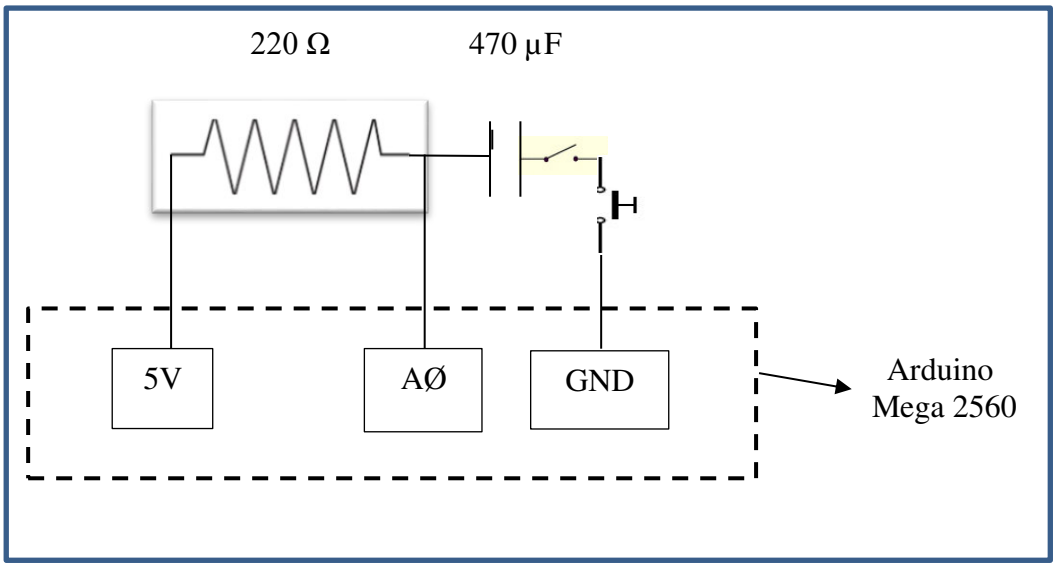


Fig. 3.7 Circuito eléctrico conectado a la placa Arduino

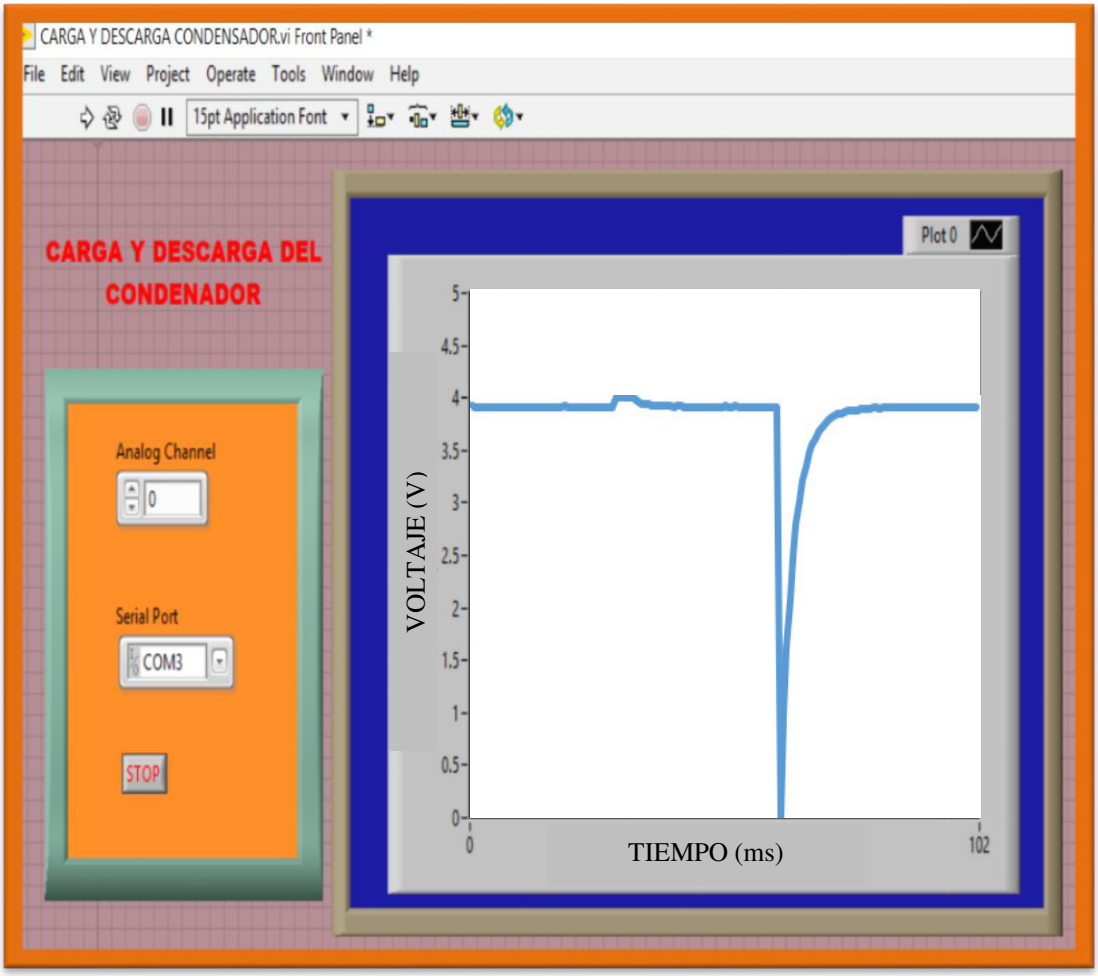


Fig. 3.8 Panel frontal de entrada de datos para la carga y descarga del condensador

- La resolución ADC del sistema no se menciona debido a que nosotros no fabricamos la interface.
- En la figura 3.8 la forma de control de la señal del condensador es: Se enciende el sistema, se carga el condensador con un potencial a 4 voltios y luego con un interruptor se descarga el condensador, soltando el pulsador se muestra la carga del condensador.

3.2 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS PARA MEDIDA DE LA ABSORCIÓN DE RADIACIÓN

Se utilizó:

1. Un sensor de temperatura LM 35
2. 1 caja de Tecnopor
3. Una placa Arduino Mega 2560
4. Conectores y cables
5. 1 foco de 60 w
6. 1 caja de Tecnopor
7. Software NI LabVIEW
8. Relay de estado sólido SSR- 10DA / 3-32VDC
9. Una laptop Toshiba i7 16Gb de RAM 2T DD

Tabla 5
Las dimensiones de la caja de Tecnopor, lata y otros

Tecnopor	
Largo	27 cm
Ancho	16,5 cm
Altura	13,7 cm

Lata	
Diámetro	6,5 cm
Altura	12,5 cm
Centro	6,25 cm

Otros	
Distancia del foco al centro de la lata	12 cm
Espesor de la caja de tecnopor	1,2 cm

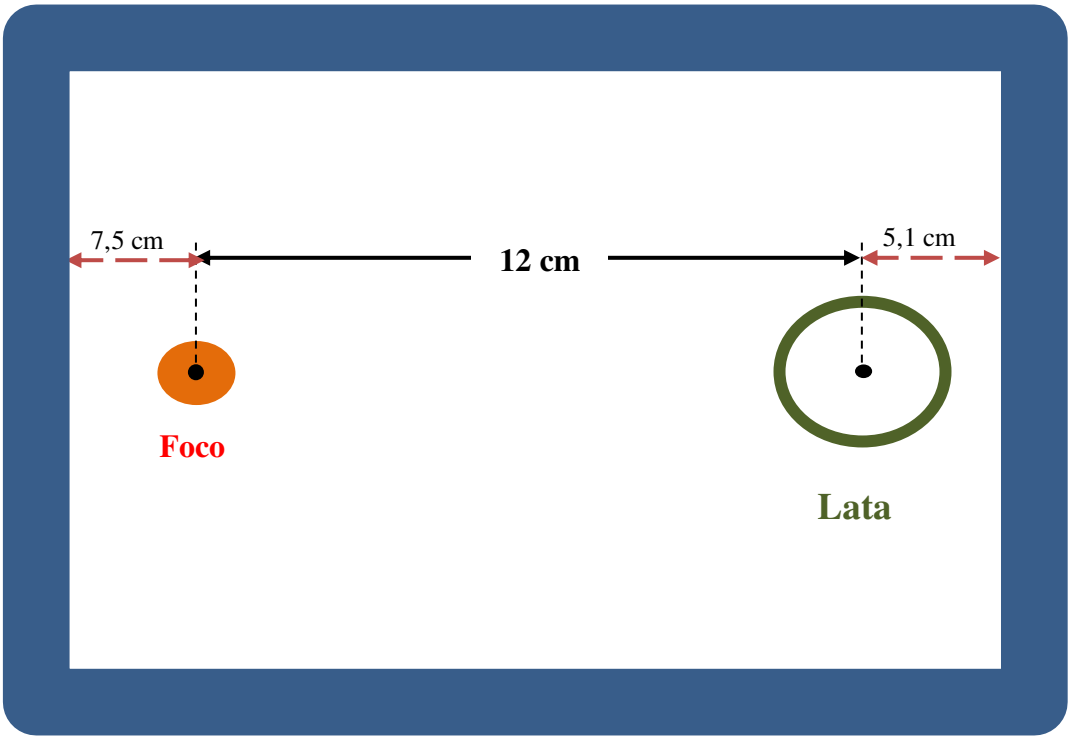


Fig. 3.9 Disposición del foco y lata dentro de la caja de tecnopor.

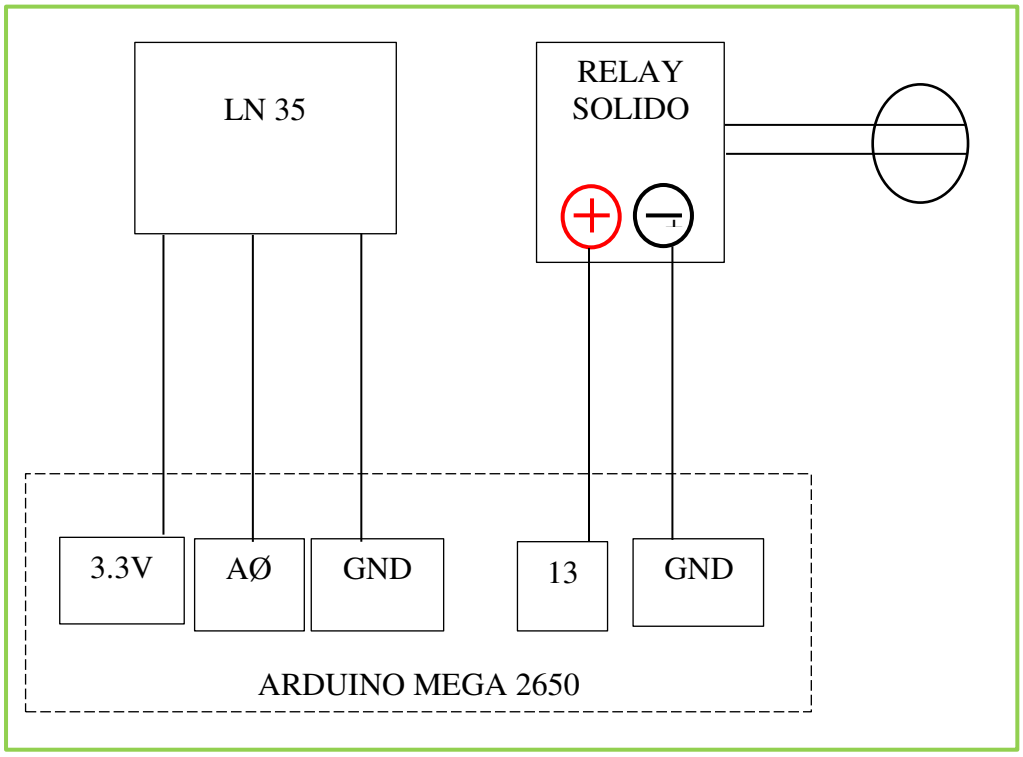


Fig. 4 Circuito eléctrico conectado a la placa Arduino

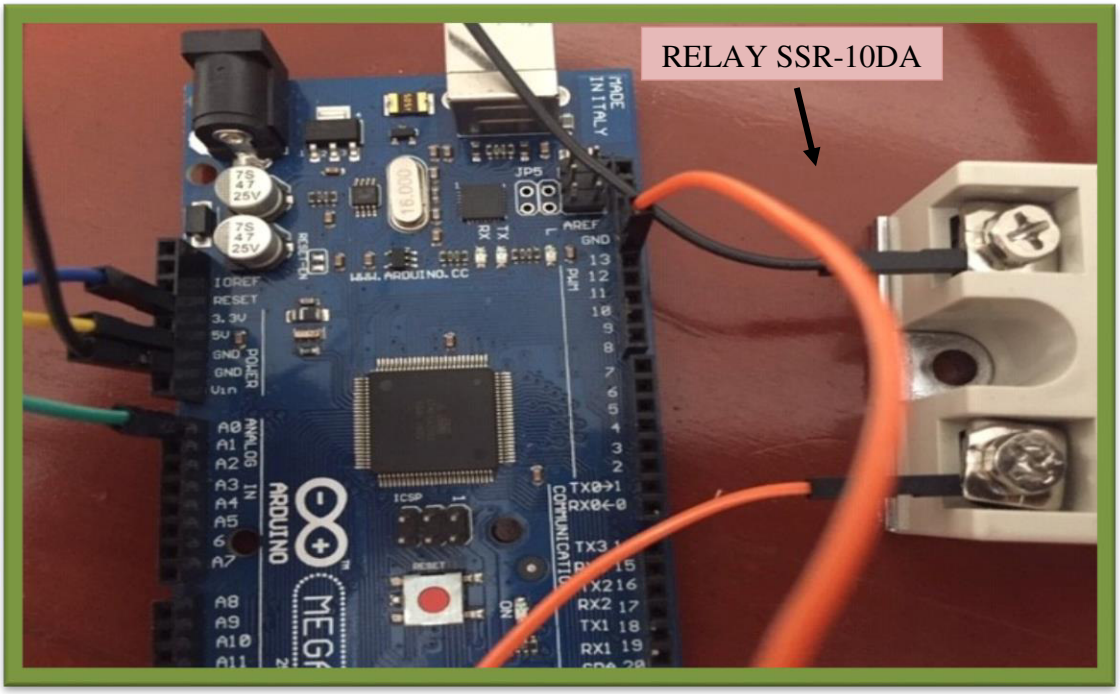


Fig. 4.1 Conexión del relay con Arduino Mega 2560

Fig. 4.2 Relay solido

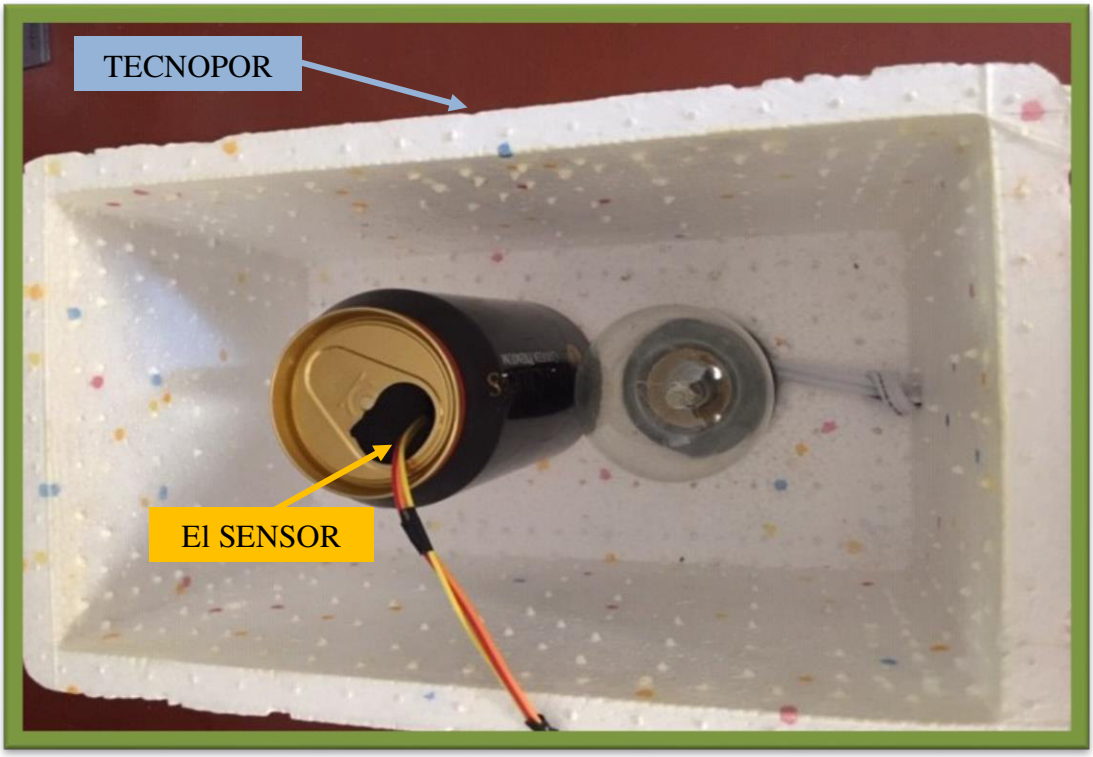


Fig. 4.3 En la caja de Tecnopor se ubica la lata negra, en la cual esta introducido el sensor LM35 y un foco de 60w

Fig. 4.4 Panel frontal de entrada de datos para la absorción de la radiación

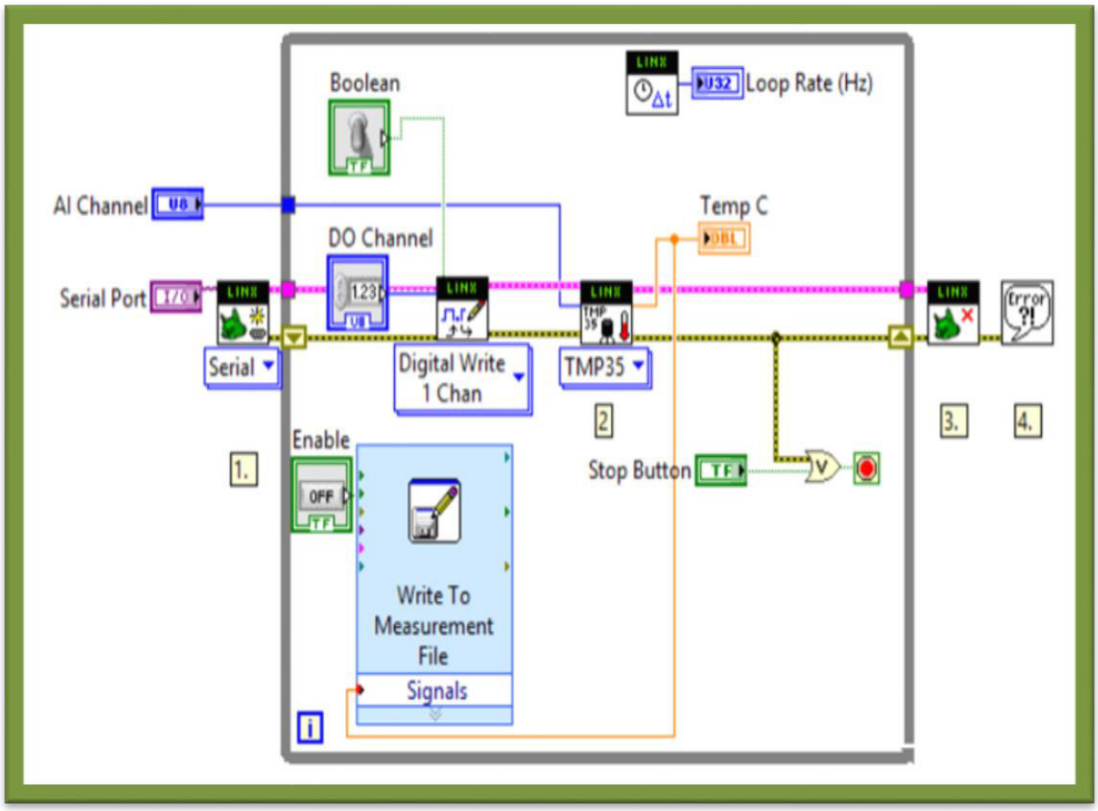


Fig. 4.5 Diagrama de bloques en LabVIEW para la absorción de la radiación

3.3 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS PARA MEDIDA DEL PERIODO DE UN PÉNDULO SIMPLE

Se utilizó:

1. Un sensor reflectivo TCRT5000
2. Una placa Arduino Mega 2560
3. Conectores y cables
4. Software NI LabVIEW
5. Una laptop Toshiba i7 16Gb de RAM 2T DD

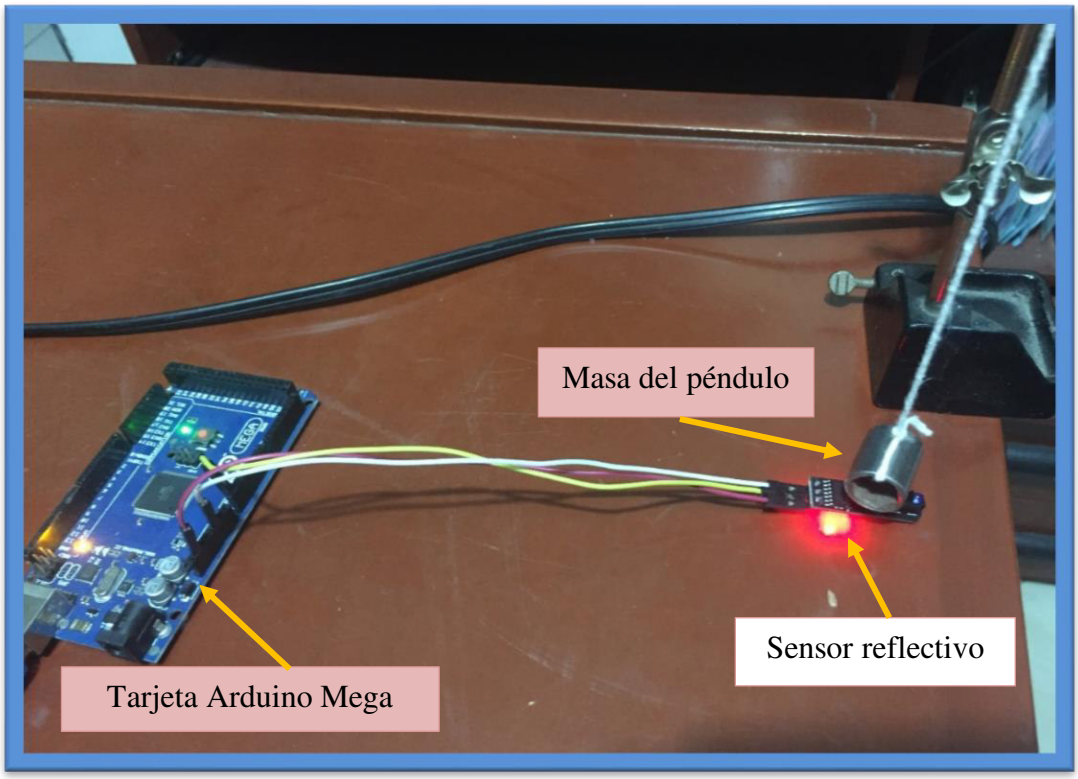


Fig. 4.6 El sensor conectado al Arduino y por debajo del péndulo

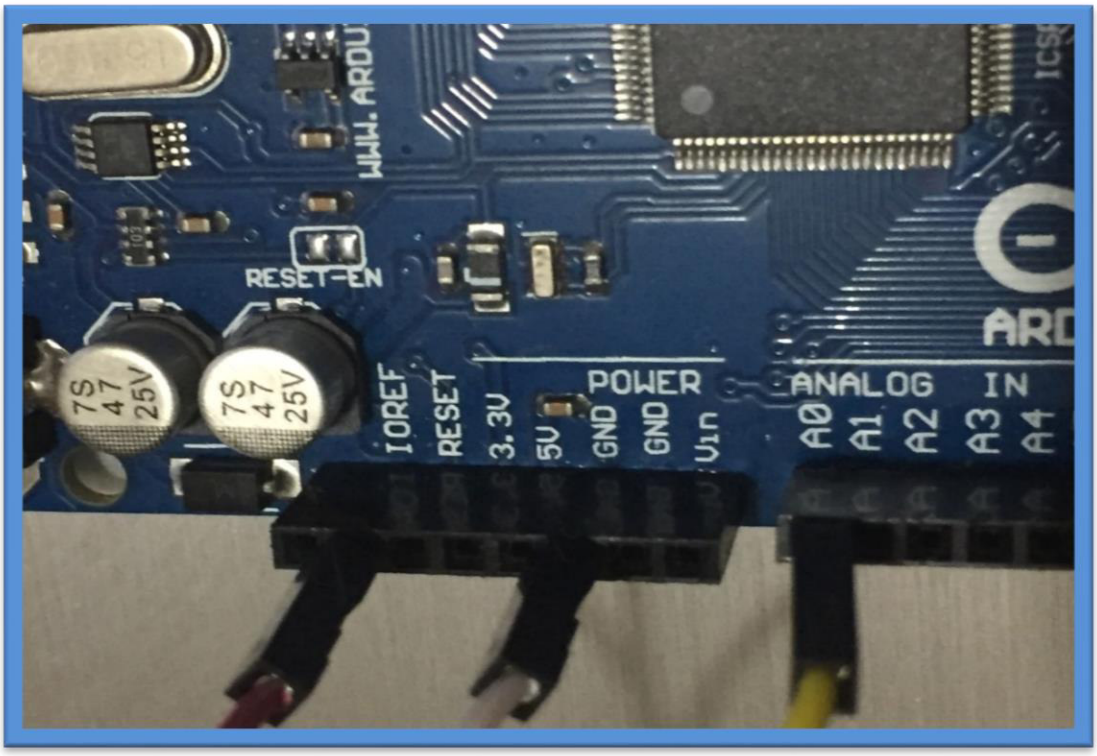


Fig. 4.7 Montaje de los dispositivos electrónicos

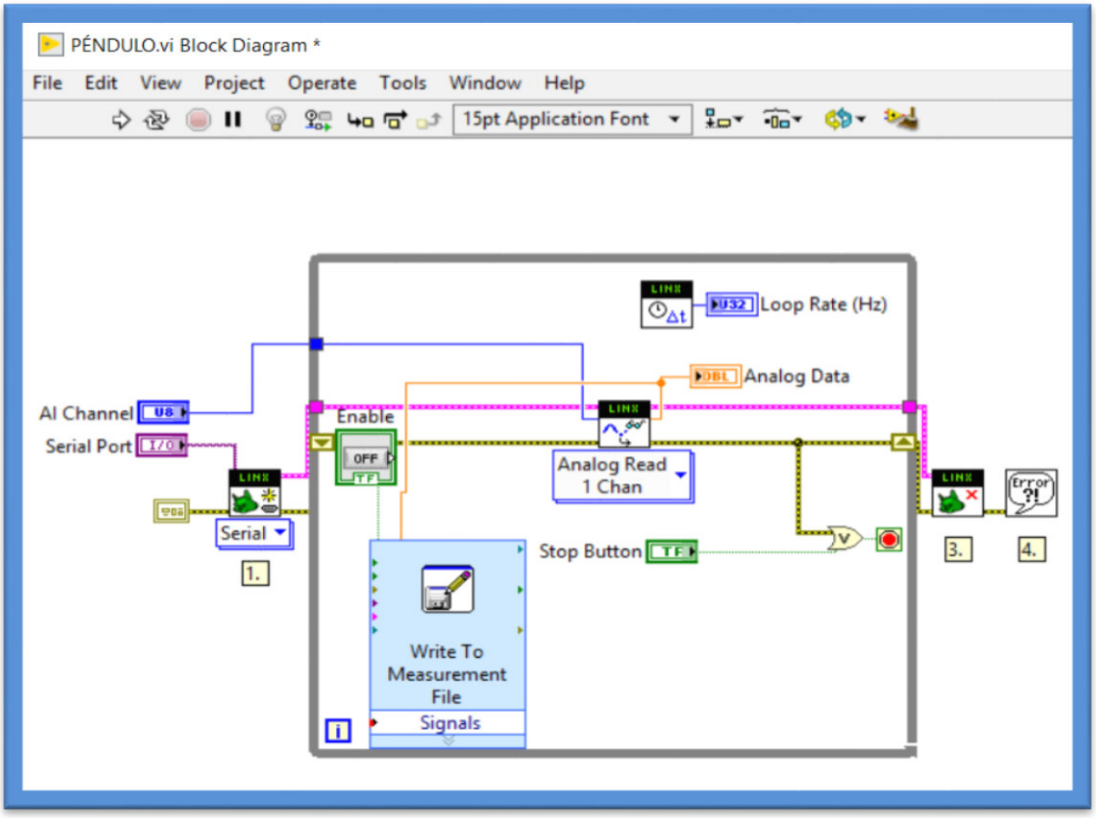


Fig. 4.8 Diagrama de bloques en LabVIEW para el péndulo simple

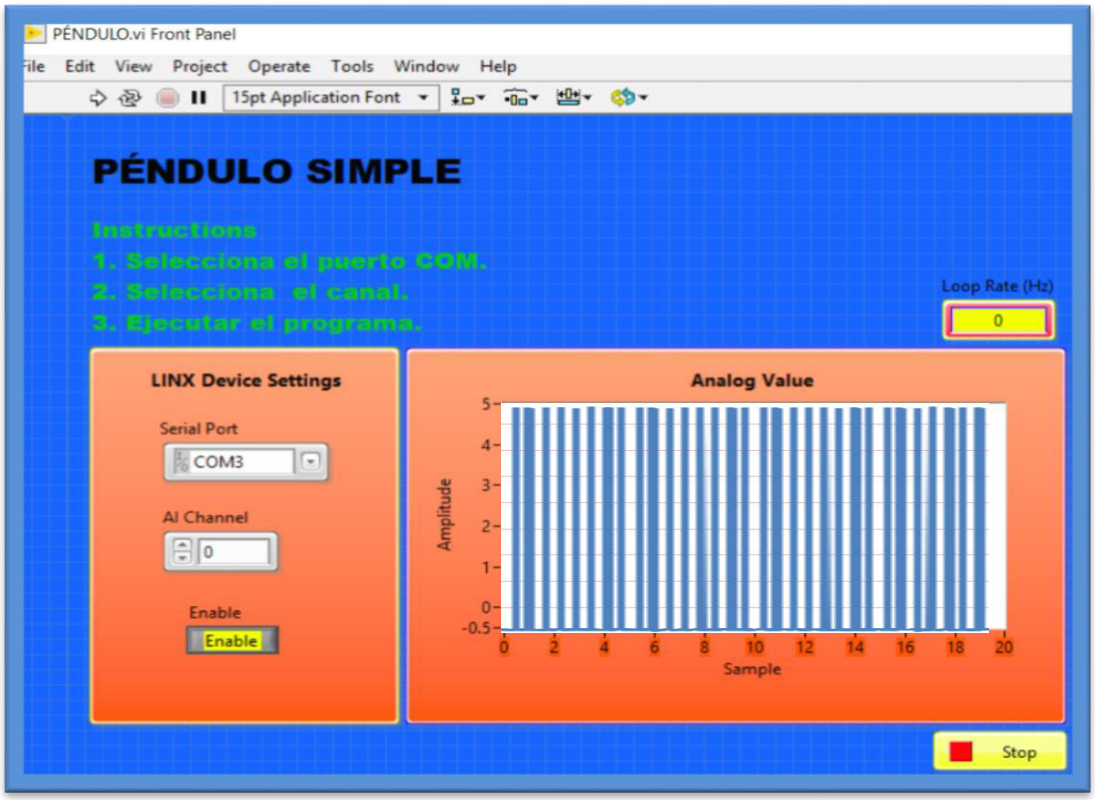


Fig. 4.9 Panel frontal de entrada de datos para el péndulo simple

CAPITULO 4

Resultados de los fenómenos físicos estudiados

4.1 RESULTADO EXPERIMENTAL DE LA CARGA DEL CAPACITOR

Tabla 6
Las condiciones físicas de trabajo

Magnitud	Equipo	Modelo del equipo	Rango
Temperatura	Termómetro	Fluke-54-2 B 60HZ	-40 a +260°C
Presión	Barómetro	Fluke- Modelo 7050	400 mbar a 100 bar
Humedad	Higrómetro	Fluke – Modelo 971	5% a 95% HR

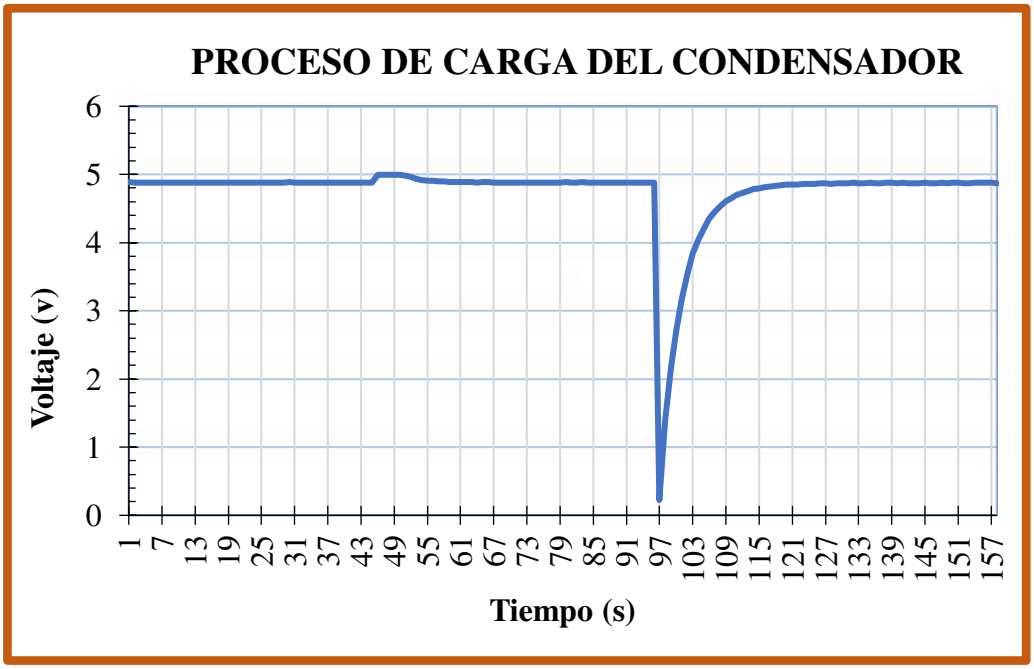


Fig. 5 Gráfica de la toma de datos en el proceso de carga del condensador de un capacitor de 470 µF 16 v y una resistencia de 220 Ω.

Los valores reales son: de la resistencia 218,7 y del condensador 446,5 µf

En la carga del condensador se cumple que: El condensador de capacidad *C*=446,5 µF en serie con una resistencia de *R*=218,7 Ω con un voltaje de 4V para el instante *t*=133 ms

- La carga (q) del condensador es:

$$q = CV_{\varepsilon}\left\{1 - exp\left(\frac{-t}{RC}\right)\right\}$$

$$q = (446{,}5 \times 10^{-6})(4)\left\{1 - exp\left(\frac{-133 \times 10^{-3}}{218{,}7 \times 446{,}5 \times 10^{-6}}\right)\right\}$$

$$q = 1328{,}526 \times 10^{-6}\ C$$

- La intensidad (i) es:

$$i = \frac{V_{\varepsilon}}{R} exp\left(\frac{-t}{RC}\right) = \frac{4}{218{,}7} exp\left(\frac{-133 \times 10^{-3}}{218{,}7 \times 446{,}5 \times 10^{-6}}\right) = 15.6162\ \mathrm{A}$$

- La energía suministrada por la batería hasta el instante *t* es:

$$\mathrm{E_B} = \mathrm{V_{\varepsilon}}^2\mathrm{C}\left\{1 - \exp\left(\frac{-\mathrm{t}}{\mathrm{RC}}\right)\right\}$$

$$\mathrm{E_B} = (4^2)(446{,}5 \times 10^{-6})\left\{1 - exp\left(\frac{-133 \times 10^{-3}}{218{,}7 \times 446{,}5 \times 10^{-6}}\right)\right\}$$

$$\mathrm{E_B} = 5{,}3141 \times 10^{-3} J$$

- La energía disipada en la resistencia hasta el instante *t* es:

$$\mathrm{E_R} = \frac{\mathrm{V_{\varepsilon}}^2\mathrm{C}}{2}\left\{1 - \exp\left(\frac{-2\mathrm{t}}{\mathrm{RC}}\right)\right\}$$

$$\mathrm{E_R} = \frac{(4^2)(446{,}5 \times 10^{-6})}{2}\left\{1 - exp\left(\frac{-2(133 \times 10^{-3})}{218{,}7 \times 446{,}5 \times 10^{-6}}\right)\right\}$$

$$\mathrm{E_R} = 3{,}3376 \times 10^{-3} J$$

- La energía acumulada en el condensador es

$$E_C = \frac{{V_\varepsilon}^2 C}{2}\left\{1 - \exp\left(\frac{-2t}{RC}\right)\right\} = 3{,}3376 \times 10^{-3} J$$

Cuando se completa el proceso de carga $t \to \infty$

- La carga del condensador es:

$$q = V \times C = 4(446{,}5\text{x}10^{-6}) = 1786 \times 10^{-6} C$$

- La energía suministrada por la batería es:

$$E_B = 5{,}3141 \times 10^{-3} J$$

- La energía acumulada en el condensador es:

$$E_C = 2{,}65705 \times 10^{-3} J$$

- La energía total disipada en la resistencia es:

$$E_R = 2{,}65705 \times 10^{-3} J$$

En la descarga del condensador se cumple que: Un condensador de capacidad C=446,5 µf en serie con una resistencia de R=218,7Ω inicialmente con q=$1786 \times 10^{-6} C$ para t=133 ms

- La carga del condensador es: Q es la carga inicial

$$q = Qexp\left(\frac{-t}{RC}\right) = 1786 \times 10^{-6} exp\left(\frac{-133 \times 10^{-3}}{218{,}7 \times 446{,}5 \times 10^{-6}}\right)$$

$$q = 4{,}5747 \times 10^{-4} C$$

- La intensidad es:

$$i = \frac{Q}{RC} exp\left(\frac{-t}{RC}\right) = \frac{1786 \times 10^{-6}}{218{,}7 \times 446{,}5 \times 10^{-6}} exp\left(\frac{-133 \times 10^{-3}}{218{,}7 \times 446{,}5 \times 10^{-6}}\right)$$

$$i = 4{,}6848 \times 10^{-3} A$$

- La energía almacenada inicialmente en el condensador es:

$$E_0 = \frac{Q^2}{2C} = \frac{(1786 \times 10^{-6})^2}{2(446{,}5 \times 10^{-6})} = 3{,}572 \times 10^{-3} J$$

- La energía disipada en la resistencia hasta el instante *t* es:

$$\mathrm{E_R} = \int_0^t \mathrm{i^2 R dt} = \frac{Q^2}{2\mathrm{C}}\left\{1 - \exp\left(\frac{-2\mathrm{t}}{\mathrm{RC}}\right)\right\}$$

$$\mathrm{E_R} = \frac{(1786 \times 10^{-6})^2}{2(446{,}5 \times 10^{-6})}\left\{1 - exp\left(\frac{-2x133 \times 10^{-3}}{218{,}7 \times 446{,}5 \times 10^{-6}}\right)\right\}$$

$$\mathrm{E_R} = 3{,}3376 \times 10^{-3} J$$

- La energía acumulada en el condensador hasta el instante *t* es:

$$E_C = \frac{q^2}{2C} = \frac{(4{,}5747 \times 10^{-4})^2}{2 \times 446{,}5 \times 10^{-6}} = 2{,}3435 \times 10^{-4} \qquad donde\text{:}\ E_0 = \mathrm{E_R} + E_C$$

4.2 RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LA ABSORCIÓN DE LA RADIACIÓN

Tabla 7
Las condiciones físicas de trabajo

Magnitud	Equipo	Modelo del equipo	Rango
Temperatura	Termómetro	Fluke-54-2 B 60HZ	-40 a +260°C
Presión	Barómetro	Fluke- Modelo 7050	400 mbar a 100 bar
Humedad	Higrómetro	Fluke – Modelo 971	5% a 95% HR

1. Grafica de la lata roja

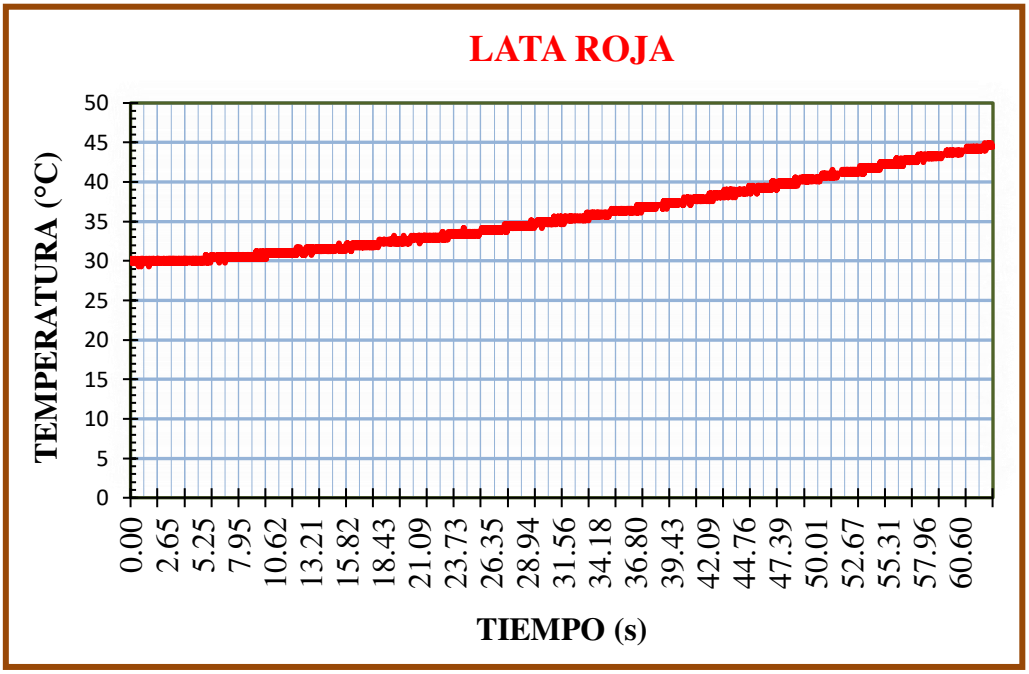


Fig. 5.1 Temperatura vs. Tiempo (se describe una curva pendiente)

2. Grafica de la lata negra

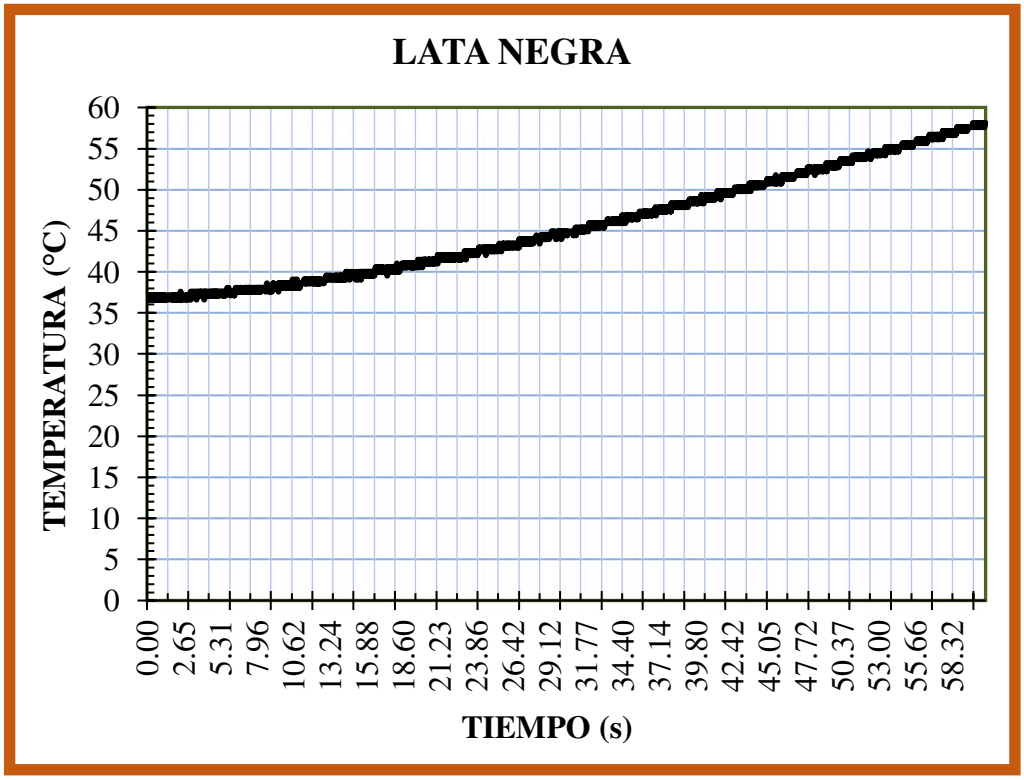


Fig. 5.2 Temperatura vs. Tiempo (se describe una curva pendiente)

3. Grafica de la lata dorada

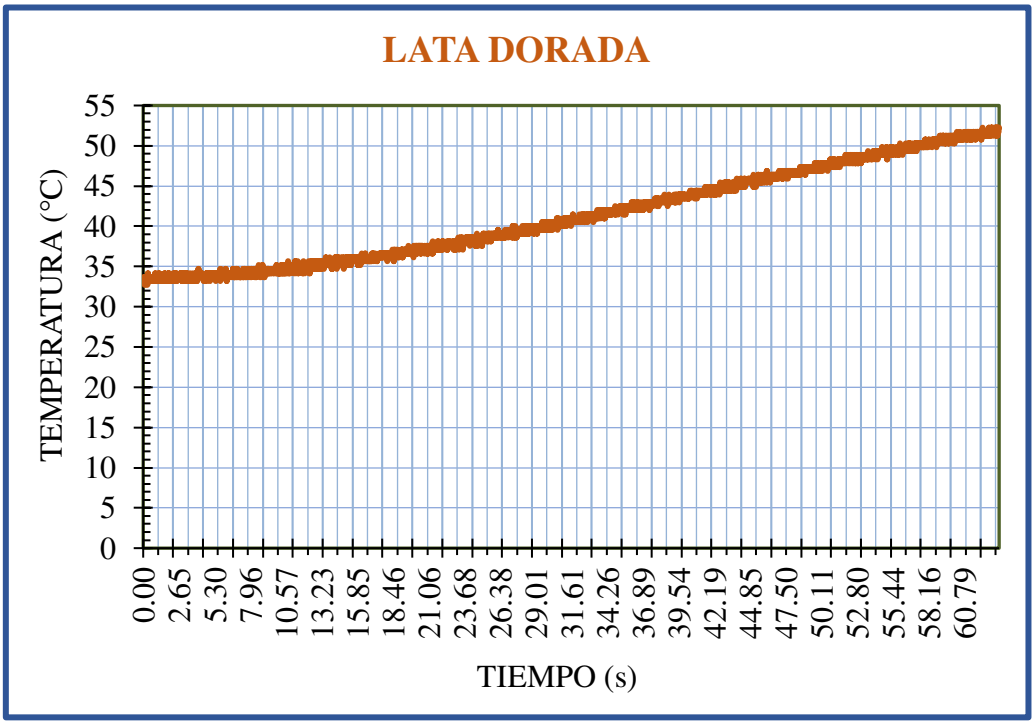


Fig. 5.3 Temperatura vs. Tiempo (se describe una curva pendiente)

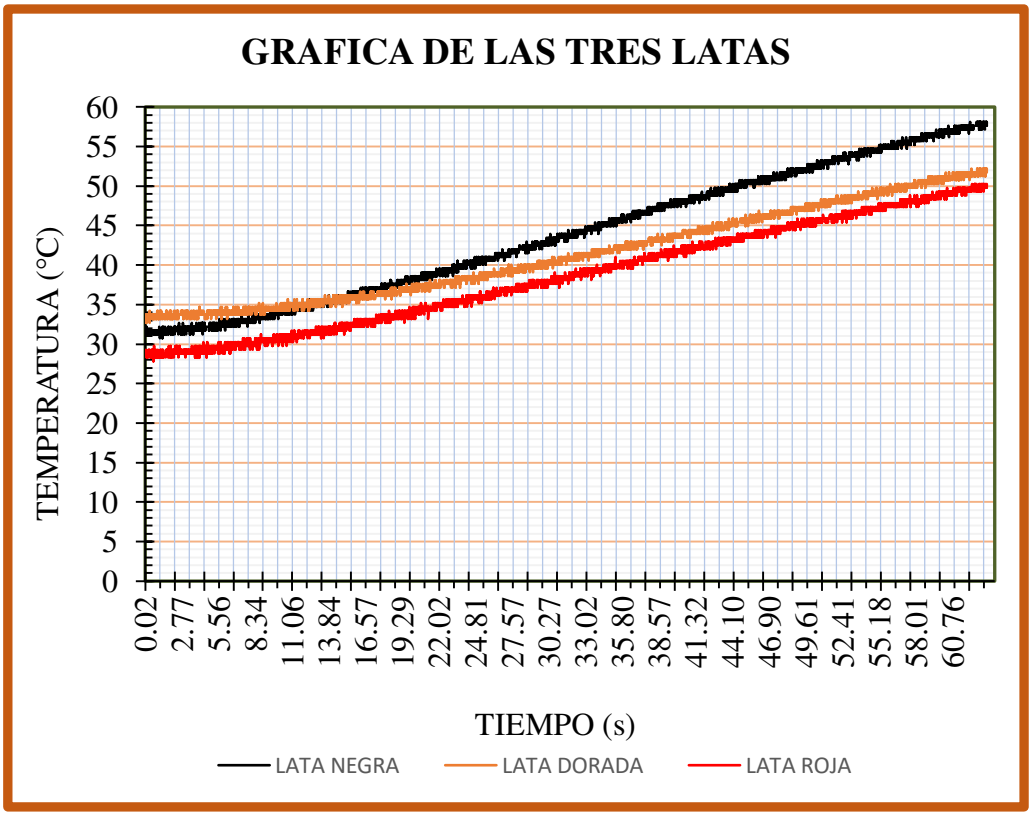


Fig. 5.4 Se observa la comparación de las gráficas de las tres latas con sus respectivas pendientes, la lata de color negra adquiere mayor temperatura seguida por la de color dorada y finalmente la lata roja para un mismo tiempo.

Tabla 8
Valores de la temperatura según los colores

Dorada		Roja		Negra	
Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Temperatura (°C)
10.006037	34.667969	10.011772	30.761719	10.015977	38.085937
20.010209	37.109375	20.001781	32.714844	20.00913	41.015625
30.016946	40.039062	30.01765	34.179687	30.016589	44.433594
40.003206	43.945312	40.003175	37.597656	40.011422	48.828125
50.005796	47.363281	50.006526	40.527344	50.00203	53.222656
60.008721	51.269531	60.006425	43.457031	60.003963	57.617187

4.3 RESULTADO EXPERIMENTAL DEL PERIODO DE UN PÉNDULO SIMPLE

Tabla 9
Las condiciones físicas de trabajo

Magnitud	**Equipo**	**Modelo del equipo**	**Rango**
Temperatura	Termómetro	Fluke-54-2 B 60HZ	-40 a +260°C
Presión	Barómetro	Fluke- Modelo 7050	400 mbar a 100 bar
Humedad	Higrómetro	Fluke – Modelo 971	5% a 95% HR

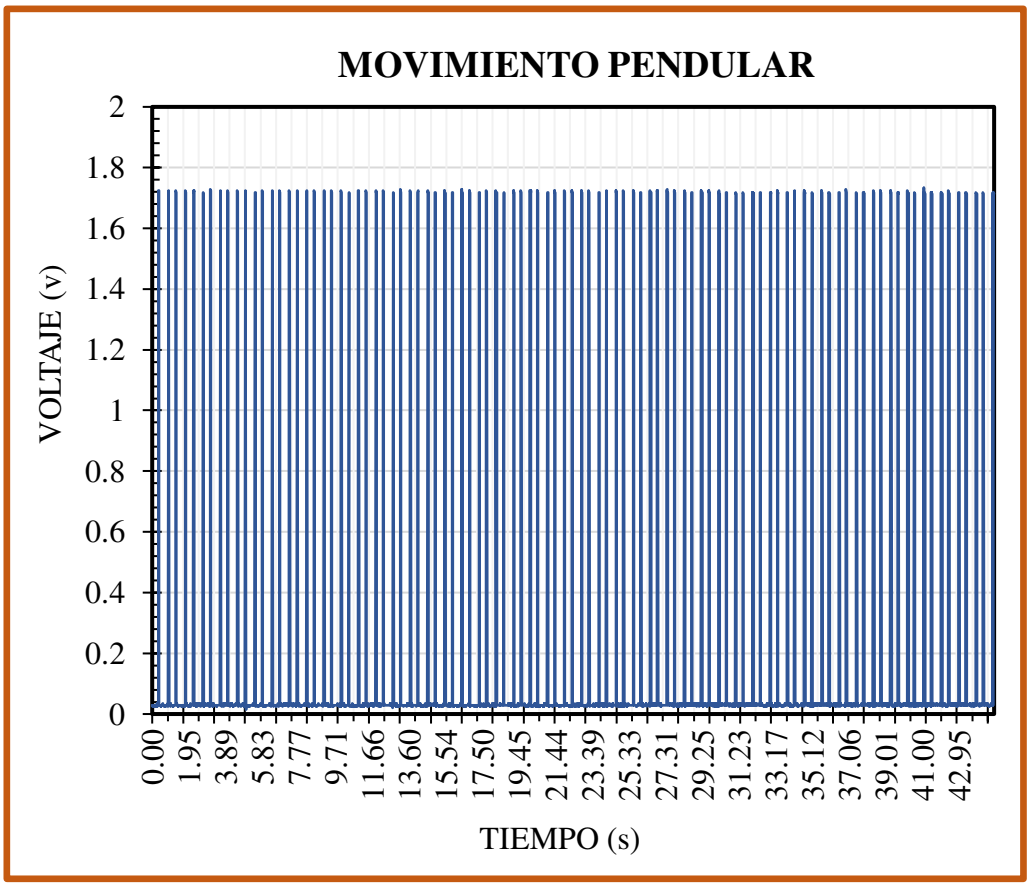


Fig. 5.5 Gráfica del péndulo (Se muestra todos los picos)

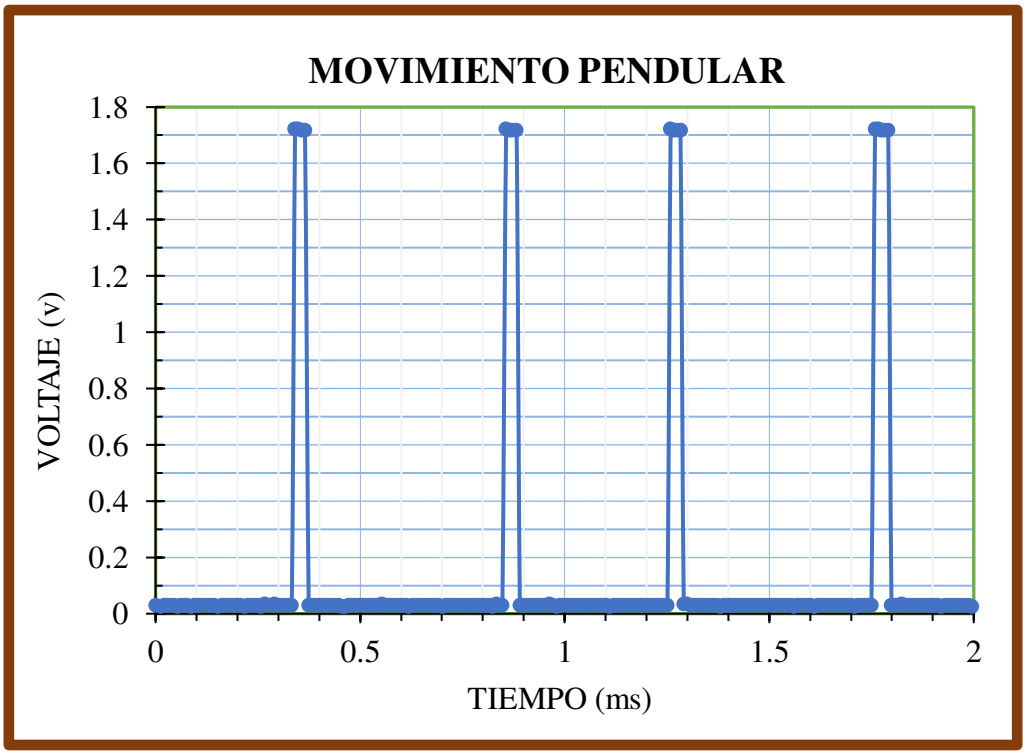


Fig. 5.6 Gráficas del péndulo (Se muestran 4 picos)

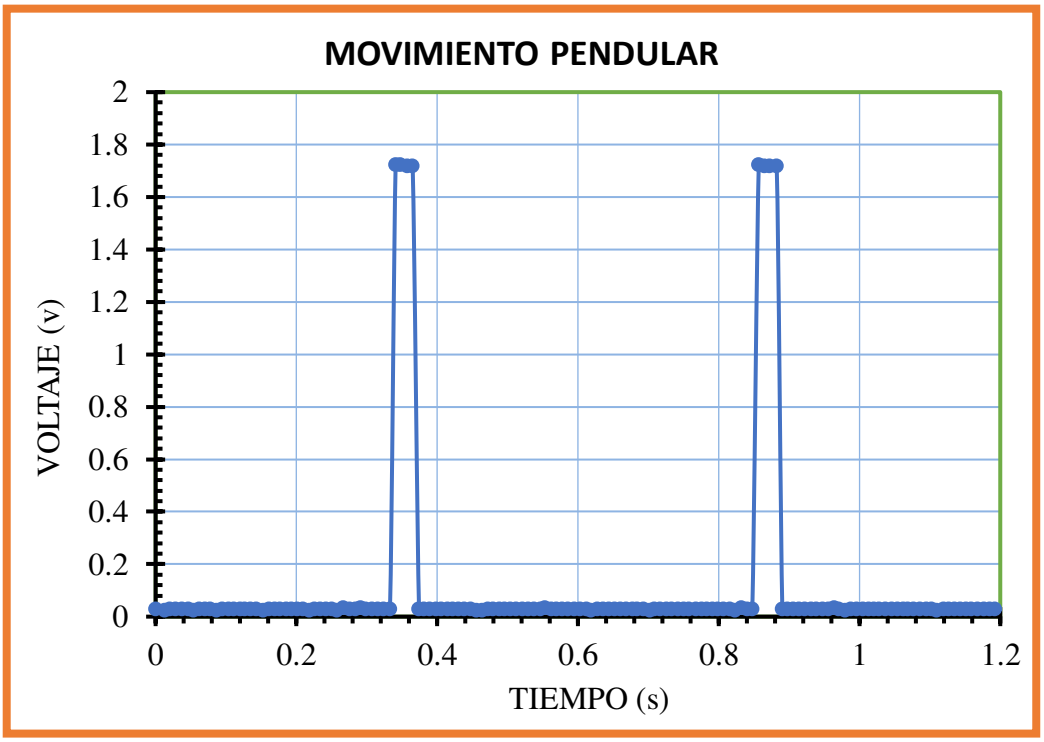


Fig. 5.7 Gráfica del péndulo (Se muestran 2 picos), t representa el tiempo que la longitud de la masa del péndulo pasa sobre el sensor reflectivo TCRT5000.

CAPITULO 5

Conclusiones y recomendaciones

1. Este trabajo demuestra que sí permite diseñar, fabricar mediante una tarjeta económica, un sistema de adquisición de datos y no de una gran inversión.
2. El programa diseñado es accesible para la obtención de información de los fenómenos físicos.
3. La aplicación de este sistema se da para todo tipo de fenómeno físico y químico.
4. Las tarjetas de interface de Arduino Mega 2560, los dispositivos electrónicos y materiales demás materiales son económicamente accesibles para la fabricación de un sistema de adquisición de datos.
5. Estas experiencias se realizaron en tiempo real pudiéndose analizar los datos y elaborar las gráficas respectivas en Microsoft Excel.
6. Permite al investigador obtener datos experimentales en contexto.
7. Es recomendable que este trabajo realizado, puedan tener acceso los alumnos de nivel primario y secundario de los colegios nacionales como de los particulares, por su bajo costo de implementación y de los dispositivos utilizados en su diseño, por lo que contribuiría eficientemente al estudio en forma real y objetiva del estudio de las ciencias.

CAPITULO 6

Referencias Bibliográficas

[1]. Teoria y problemas de fundamentos de electricidad, Milton Gussow, 1ra edición, 1985

[2]. Fundamentos de la teoría electromagnética, William D. Callister, 3ra edición, 1975

[3]. http://webpersonal.uma.es/~jmpeula/carga_y_descarga.html

[4]. Condensadores: https://www.upct.es/seeu/_as/divulgacion_cyt_09 /Libro_Historia _Ciencia /multimedia/rc/rc.htm

[5]. https://www.ecured.cu/Longitud_de_onda

[6]. Instrumentos de observación https://webs.um.es/gregomc/IntroduccionAstronomia/Temas/04%20INSTRUMENTOS%20DE%20OBSERVACION.pdf

[7]. https://www.taringa.net/+apuntes_y_monografias/el-color-existe-o-es-solo-un-percepcion-del-cerebro_h55sp

[8]. http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/calor/enfriamiento_4/enfriamiento_4.html

[9]. https://es.scribd.com/document/364610412/Historia-Del-Pendulo-Simple

[10]. https://previa.uclm.es/profesorado/ajbarbero/Practicas/02_Pendulo_simple.pdf

[11]. https://soloformulas.com/aplicaciones-del-pendulo.html

[12].http://ocw.usal.es/ensenanzas-tecnicas/fisica-i/contenidos/practicas_laboratorio /pendulosimple.pdf

[13]. https://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/

[14]. https://www.finaltest.com.mx/product-p/art-4.htm

[15]. http://proyecto987.es/blog/wp-content/uploads/2016/04/Arduino-LabVIEW.pdf

[16]. https://arduinodhtics.weebly.com/historia.html

[17]. https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno

[18]. https://es.wikipedia.org/wiki/LabVIEW

[19]. http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/12145

[20]. http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/212478

[21]. https://translate.google.com.pe/translate?hl=es&sl=en&u=https://fileinfo.com /extension/vip&prev=search