

Desarrollo de medidor de voltaje de instrumentación para su uso en laboratorios de física

Estudiante:

Sebastián Jiménez Henao (sjimenezh1@eafit.edu)

Tutor del proyecto:

Carlos Alejandro Trujillo Anaya (catrujilla@eafit.edu.co)

Profesora del curso:

Elena Montilla Rosero (emontill@eafit.edu.co)

Universidad EAFIT

Escuela de Ciencias Aplicadas e Ingeniería

Pregrado de Ingeniería Física

Proyecto Avanzado I

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	2
Tabla de Tablas.....	2
Planteamiento del proyecto	3
Objetivos del Proyecto.....	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
Antecedentes.....	5
Metodología Propuesta	5
Cronograma de Actividades.....	6
Presupuesto	7
Propiedad Intelectual	7
Bibliografía	8

Tabla de Tablas

Tabla 1: Cronograma del proyecto.....	6
Tabla 2: Presupuesto.....	7

Planteamiento del proyecto

En el ámbito de la enseñanza de los principios físicos que debe dominar un ingeniero físico, la experimentación de primera mano es extremadamente valiosa. Con esto en mente, la precisión, versatilidad y facilidad de uso de los instrumentos de medición juegan un papel crucial en la formación práctica de los estudiantes. Particularmente, en experimentos fundamentales como la determinación de la constante dieléctrica mediante capacitores de placas planas, el estudio del efecto fotoeléctrico, y la exploración del principio de incertidumbre de Heisenberg a través de la difracción de rendija, se requiere la medición precisa de voltajes DC con características específicas de amplificación, robustez ante el ruido, y resistencia de entrada.

Los amplificadores universales actualmente disponibles en el mercado, si bien cumplen con los requisitos técnicos, presentan dos limitaciones significativas: su alto costo, que restringe la cantidad de unidades que una institución educativa puede adquirir y poner en uso concurrente, y la necesidad de utilizar un voltímetro externo, lo que complica el proceso de medición y aumenta la probabilidad de errores experimentales.

Ante esta problemática, surge la necesidad de desarrollar un medidor de voltaje de instrumentación específicamente diseñado para entornos educativos de ingeniería física. Este dispositivo debe no solo cumplir con los requerimientos técnicos de amplificación unitaria y alta resistencia de entrada, sino también incorporar características que faciliten su uso en un contexto pedagógico.

La pregunta de investigación que guía este desarrollo será: ¿Cómo se puede diseñar y construir un medidor de voltaje de instrumentación que combine precisión en la medición de voltajes DC, facilidad de uso, modularidad, y costo accesible para su implementación en laboratorios pedagógicos de ingeniería física?

Este desafío requiere la aplicación integrada de conocimientos en electrónica, diseño de circuitos, instrumentación y metrología. Los estudiantes de ingeniería física, con su formación interdisciplinaria que abarca tanto los fundamentos físicos como los principios de la ingeniería electrónica, están en una posición única para abordar este problema. El

desarrollo de este medidor de voltaje no solo resolvería una necesidad práctica en los laboratorios universitarios, sino que también proporcionaría una valiosa experiencia de aprendizaje en el diseño y construcción de instrumentación científica. Específicamente, el estudiante a cargo del desarrollo de este proyecto tiene experiencia extracurricular con el diseño y fabricación de impresoras 3D, implementación de circuitos de potencia media y metrología con microcontroladores, áreas que presentan alta aplicabilidad al problema a resolver.

Objetivos del Proyecto

En esta sección se precisarán los objetivos y especificaciones de ingeniería requeridas para resolver el problema previamente planteado.

Objetivo General

Desarrollar un medidor de voltaje de instrumentación para su utilización en laboratorios de las materias de Física Moderna y Electromagnetismo, que iguale o supere en desempeño al amplificador universal de PhyWe actualmente utilizado en las siguientes experiencias:

- Medición de la constante dieléctrica de un material por capacitor de placas paralelas [1].
- Confirmación experimental del principio de incertidumbre de Heisenberg por difracción de una rendija [2].
- Medición de la constante de Planck por efecto fotoeléctrico [3].

Objetivos Específicos

- Desarrollar un medidor de voltaje de instrumentación para señales entre 0 V y 5 V, con una precisión de al menos ± 1 mV, y una impedancia de entrada en el orden de los M Ω .
- Implementar un sistema de visualización de la medición integrado al medidor de voltaje.
- Maximizar la reparabilidad y longevidad utilizando un diseño modular, con piezas comercialmente disponibles, o de fácil fabricación.

- Implementar entradas diferenciales en caso de encontrar que los experimentos de alto voltaje requieran la utilización de una tierra independiente para el experimento.

Antecedentes

El antecedente principal de este proyecto es el amplificador universal actualmente utilizado para la recolección de datos en las experiencias anteriormente detalladas [4]. Este amplificador servirá como estándar de funcionamiento mínimo en el desarrollo de este proyecto.

Metodología Propuesta

La metodología a seguir en este proyecto estará basada en prototipos incrementales, con el objetivo de conseguir una funcionalidad básica de manera rápida e iterar sobre esta base hasta conseguir los resultados esperados del proyecto final. Cada prototipo se dividirá en 5 etapas secuenciales, 2 de diseño, 2 de fabricación y una de pruebas de funcionamiento. Se espera necesitar 2 prototipos antes de alcanzar el proyecto final.

Dentro de la etapa de pruebas de funcionamiento se espera realizar los experimentos como serían realizados por los estudiantes en el curso normal del experimento, para asegurar la paridad de funciones entre el dispositivo en pruebas y el amplificador universal de PHYWE.

Tomando como ejemplo la experiencia explorando el efecto fotoeléctrico, se realizaría el montaje experimental, logrando un espectrómetro simple, tal como es descrito en la guía [3]. Una vez se logre que la irradiancia de la lámpara de amplio espectro por mercurio de alta presión sea seccionada por una rendija regulable, colimada por su lente y difractada por la rendija de difracción, se procede a seguir el protocolo experimental descrito en [3], moviendo la fotocelda (con sus respectivos filtros para rechazar longitudes de onda del patrón de difracción de segundo orden) a las regiones de luz difractada, tomando el valor del voltaje fotoeléctrico logrado con cada longitud de onda de interés (visibles) utilizando el amplificador universal de PHYWE y un multímetro. Una vez se recolecten los datos necesarios, se calcula la constante de Planck. Luego, se reemplaza el amplificador universal por el medidor de voltaje de instrumentación, se realiza de nuevo el protocolo de toma de

datos, y se calcula la constante de Planck. Se considerará en la medición del rendimiento del proyecto factores como la precisión del valor obtenido en relación con el valor encontrado en la literatura, facilidad de uso contra el protocolo experimental actual, y fuentes de error experimental introducidas o removidas por el protocolo experimental actualizado.

Cronograma de Actividades

En esta sección se propone un cronograma para el desarrollo del proyecto propuesto, delimitando con una fecha límite de cada una.

Tabla 1: Cronograma del proyecto

Etapas	Diseño electrónico	Diseño Carcasa	Elaboración electrónica	Elaboración carcasa	Pruebas de funcionamiento
Fundamentación (Definición del proyecto e investigación inicial)	Semanas 2 – 4				
Prototipo 1	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 7	Semana 8
Prototipo 2	Semana 8	Semana 9	Semana 9	Semana 10	Semana 10
Medidor final	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 13
Documentación y reporte de resultados	Semanas 14 - 16				

Presupuesto

En esta sección se presenta el presupuesto preliminar del proyecto, detallando cantidades, precio por unidad y encargado.

Tabla 2: Presupuesto

Ítem	Encargado	Cantidad	Precio por unidad	Subtotal
Hora consultoría: Carlos Trujillo	CLAB	10	\$ 100,000.00	\$ 1,000,000.00
Hora consultoría: Álvaro Velásquez	CLAB	5	\$ 100,000.00	\$ 500,000.00
Hora de trabajo: Sebastián Jiménez	CLAB	100	\$ 50,000.00	\$ 5,000,000.00
Filamento PETG 1 kg	CLAB	2	\$ 98,000.00	\$ 196,000.00
Set tornillería	CLAB	3	\$ 10,000.00	\$ 30,000.00
Módulo voltímetro 7 segmentos	CLAB	3	\$ 30,000.00	\$ 90,000.00
Fuente 12V	CLAB	3	\$ 10,000.00	\$ 30,000.00
Op-Amp LM324	CLAB	5	\$ 1,600.00	\$ 8,000.00
Selector rotativo	CLAB	3	\$ 22,000.00	\$ 66,000.00
Electrónica - varios	CLAB	1	\$ 300,000.00	\$ 300,000.00
Conector BNC	CLAB	5	\$ 3,000.00	\$ 15,000.00
Hora impresión 3D	CLAB	50	\$ 10,000.00	\$ 500,000.00
Hora laboratorio electrónica	CLAB	50	\$ 5,000.00	\$ 250,000.00
			Total:	\$ 7,985,000.00

Propiedad Intelectual

Según el reglamento de propiedad intelectual de la universidad [5], este proyecto pertenece a la categoría de propiedad industrial, cuyos derechos serán atribuidos al inventor Sebastián Jiménez Henao, y a los inversores, en este caso el CLAB, dado la inversión detallada en el apartado de presupuesto. Los detalles de los derechos de explotación del diseño serán determinados en las etapas finales del proyecto, en acuerdo con los directivos pertinentes del CLAB.

Bibliografía

- [1] PHYWE Systeme GmbH & Co., "Dielectric constant of different materials," Göttingen.
- [2] PHYWE Systeme GmbH & Co., "Diffraction through a slit and Heisenberg's uncertainty principle," Göttingen.
- [3] PHYWE Systeme GmbH & Co., "Plank's "quantum of action" from the photoelectric effect (line separation by diffraction)," Göttingen.
- [4] PHYWE Systeme GmbH & Co., "Universal Amplifier Operating Instructions," Göttingen.
- [5] Universidad EAFIT, «Reglamento de Propiedad Intelectual,» Editorial EAFIT, Medellín, 2018.
- [6] SnapEDA Team, "The Top 10 Operational Amplifiers on SnapEDA," 23 October 2019. [Online]. Available: <https://blog.snapeda.com/2019/10/23/the-top-10-operational-amplifiers/>.
- [7] Texas Instruments, Op Amps for Everyone, Dallas: Texas Instruments Incorporated, 2002.