

Caracterización teórica, estructural y funcional para el banco de instrumentos de trabajo
del laboratorio de circuitos eléctricos

Sebastián Sánchez Forero, Juan Pablo Valverde Mesa

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Electricista

Director

Luis Carlos Mantilla Espinosa

Doctor en educación

Codirector

César Antonio Duarte Gualdrón

Doctor en ingeniería eléctrica y computacional

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

A mis padres, Luis Emilio y Rosa Elena, por ser mi ejemplo a seguir, por mostrarme el camino y brindarme su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida; a mis hermanos, por estar siempre presentes, por sus palabras de aliento y por darme el impulso necesario para seguir avanzando; a mi novia, por acompañarme en este camino, por su amor, comprensión y apoyo constante, y por ayudarme a levantarme en cada caída para continuar adelante hasta alcanzar este importante logro; y a Dios, por guiar cada uno de mis pasos, por darme la paz, la esperanza y la fortaleza necesarias para superar los desafíos y hacer posible la culminación de esta etapa tan significativa de mi vida. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento, pues este logro también les pertenece.

Sebastián Sánchez Forero

A mi mamá y hermana, Ximena Mesa y Natalia Reyes, por ser la motivación mas grande que tengo en la vida; a mis abuelos, Hilda Vergara y Gil Cáceres, por ser unos segundos padres y apoyo incondicional durante toda mi vida; a mi hermana, Sara Valverde, por ser mi alma gemela que nunca me permitió dudar de lo que puedo lograr; y a Dios, porque sus tiempos son perfectos.

Juan Pablo Valverde

Agradecimientos

Expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad Industrial de Santander por la formación académica recibida y por brindar las herramientas, recursos y espacios necesarios para mi desarrollo profesional y para la realización de este trabajo de grado. De manera especial, agradezco a mi director de proyecto, Luis Carlos Mantilla Espinoza, y a mi codirector, César Antonio Duarte Gualdrón, por su orientación, disposición y valiosos aportes durante el desarrollo de este trabajo. Asimismo, agradezco a los docentes que contribuyeron a mi formación académica y a todas las personas que colaboraron directa o indirectamente en la ejecución de este proyecto, aportando su experiencia, apoyo y acompañamiento durante las diferentes etapas de su desarrollo.

Sebastián Sánchez Forero

Mis más sincero y profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron parte de este recorrido, especialmente a mis dos mejores amigos, David Felipe Niño y José Luis Torres, que en los días mas oscuros siempre estuvieron ahí para hacerme reír.

Juan Pablo Valverde

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	9
1. Objetivos.....	10
1.1 Objetivo general	10
1.2 Objetivos específicos	10
2. Cuerpo del trabajo	11
2.1 Marco referencial	11
2.1.1 La medición eléctrica en el contexto del laboratorio de circuitos eléctricos	11
2.1.2 Principios físicos asociados a la medición de magnitudes eléctricas.....	12
2.1.3 Fundamentos electrónicos internos de los instrumentos de medición	15
2.1.4 El electromagnetismo como parte fundamental de la medición	18
2.2 Método.....	18
2.2.1 Identificación de instrumentos claves	18
2.2.2 Trámite de permisos.....	19
2.2.3 Análisis interno	20
2.2.4 Estudio fundamental	24
2.2.5 Diseño, estructuración y elaboración de la guía	30
2.2.6 Enfoque practico y pedagógico.....	32
2.3 Resultados.....	33
2.3.1 Discusión.....	35
3. Conclusiones	37
Referencias bibliográficas.....	39

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Registro fotográfico e identificación de componentes del cosenofómetro	20
Figura 2. Registro fotográfico e identificación de componentes en el vatímetro	21
Figura 3. Registro fotográfico e identificación de componentes en la pinza amperimétrica.....	21
Figura 4. Registro fotográfico e identificación de componentes en el multímetro.....	22
Figura 5. Registro fotográfico e identificación de componentes en el osciloscopio	22
Figura 6. Registro fotográfico e identificación de componentes en el generador de funciones ...	23
Figura 7. Registro fotográfico e identificación de componentes en la fuente DC	24
Figura 8. Cadena de medición del cosenofómetro.....	25
Figura 9. Cadena de medición del vatímetro	25
Figura 10. Cadena de medición de la pinza amperimétrica	26
Figura 11. Cadena de medición del multímetro.....	27
Figura 12. Cadena de medición del Osciloscopio.....	28
Figura 13. Cadena de medición del generador de funciones	28
Figura 14. Cadena de medición de la fuente DC	29
Figura 15. Resultados de la encuesta con respecto a la claridad del contenido de la guía	34
Figura 16. Resultado de la encuesta con respecto al nivel técnico de la guía.....	34
Figura 17. Resultado de la encuesta con respecto al sentido de la información de la guía	35

Lista de Apéndices

Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS.

Apéndice A. Guía teórica, funcional y estructural para el laboratorio de circuitos eléctricos

Resumen

Título: Caracterización teórica, estructural y funcional para el banco de instrumentos de trabajo del laboratorio de circuitos eléctricos.

Autor: Sebastián Sánchez Forero

Palabras Clave: Laboratorio, funcionamiento, teoría.

Descripción: En los últimos años se ha evidenciado una problemática entre los estudiantes de los programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica de la Universidad Industrial de Santander, asociada a la falta de interés por comprender el funcionamiento fundamental de los sistemas y dispositivos utilizados en su formación práctica. Durante las prácticas de laboratorio de circuitos, es común que los estudiantes se limiten a la implementación de montajes guiados, a la conexión de instrumentos y a la medición de magnitudes eléctricas, sin profundizar en los principios físicos que gobiernan dichos procesos. Esta situación resulta preocupante, dado que estas disciplinas de la ingeniería se fundamentan en el conocimiento riguroso y a profundidad de los principios físicos que intervienen en todo proceso de construcción y medición de un circuito eléctrico o electrónico.

En respuesta a esta problemática, el presente trabajo desarrolla un estudio detallado del funcionamiento interno de los equipos de medición empleados en el laboratorio de circuitos, con el propósito de brindar al estudiante una comprensión más profunda de los principios fundamentales involucrados en los procesos de medición eléctrica.

* Trabajo de grado

* Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones. Director: Luis Carlos Mantilla Espinosa. Codirector: César Antonio Duarte Gualdron

Abstract

Title: Theoretical, structural, and functional characterization of the electrical circuits laboratory instrument workbench.

Author: Sebastián Sánchez Forero

Key Words: Laboratory, operation, theory.

Description: In recent years, a recurring issue has been identified among students of the Electrical Engineering and Electronic Engineering programs at Universidad Industrial de Santander, related to a lack of interest in understanding the fundamental operation of the systems and devices used in their practical training. During circuit laboratory sessions, students commonly limit themselves to connecting instruments and measuring electrical quantities, without delving into the physical principles that govern these processes. This situation is concerning, as these engineering disciplines are fundamentally based on rigorous knowledge of electrical and electronic properties.

In response to this issue, the present work develops a detailed study of the internal operation of the measurement equipment used in circuit laboratories, with the aim of providing students with a deeper understanding of the fundamental principles involved in electrical measurement processes.

* Bachelor Thesis

* Facultad de ingenierías fisicomecánicas. Escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones. Director: Luis Carlos Mantilla Espinosa. Codirector: César Antonio Duarte Gualdrón

Introducción

En el complejo mundo de la Ingeniería Eléctrica, la profundización en un laboratorio de circuitos y medidas eléctricas es esencial para el desarrollo de habilidades prácticas y la comprensión integral de los conceptos teóricos. Sin embargo, más allá de simplemente realizar mediciones y observar resultados, el verdadero entendimiento se alcanza al explorar minuciosamente el funcionamiento teórico, estructural y funcional de los equipos utilizados en este entorno.

El Banco de Instrumentos de Trabajo del Laboratorio de Circuitos Eléctricos es el núcleo de estas prácticas. Desde osciloscopios hasta pinzas amperimétricas, cada herramienta en este banco juega un papel en la adquisición y análisis de datos eléctricos. Por tanto, para lograr sacar un máximo provecho de estas herramientas, es necesario comprender no solo cómo utilizarlas, sino también cómo funcionan internamente y cómo se integran en el contexto de los circuitos eléctricos.

Por ejemplo, un osciloscopio, una herramienta aparentemente misteriosa con perillas y pantallas que muestra formas de onda eléctrica. ¿Qué hay detrás de esa pantalla brillante? ¿Cómo interpreta y visualiza las señales eléctricas? La caracterización teórica del osciloscopio lleva a un viaje de descubrimiento que va más allá de la superficie, permitiendo comprender en profundidad su funcionamiento y aplicaciones. Del mismo modo, una pinza amperimétrica, que parece simplemente sujetar cables, en realidad mide corriente eléctrica de manera no invasiva.

¿Cómo logra este dispositivo realizar esta tarea sin interrumpir el circuito? La respuesta está en su diseño y funcionamiento interno, aspectos que se convierten en conocimientos fundamentales para todo Ingeniero Electricista o Electrónico.

El propósito de este trabajo de grado va más allá de la simple explicación de cómo utilizar los instrumentos. Se centra en la caracterización teórica, estructural y funcional de los equipos en el Banco de Instrumentos de Trabajo, que permite preparar a los estudiantes no solo para el manejo práctico de los instrumentos, sino también para una comprensión de sus fundamentos. A través de un análisis adecuado, se espera adquirir las habilidades necesarias para evaluar y comprender los aspectos claves de cada instrumento, dejando como subproducto de este trabajo de grado el desarrollo de una guía que sirva como recurso en el Laboratorio de Circuitos Eléctricos. En resumen, realizar la caracterización de los implementos del laboratorio es importante en el proceso de formación de todo Ingeniero Electricista o Electrónico.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Realizar un estudio que permita caracterizar la composición, el funcionamiento y la operatividad desde lo teórico de los principales instrumentos utilizados en el Laboratorio de Circuitos Eléctricos de la E3T.

1.2 Objetivos específicos

Establecer criterios para priorizar los instrumentos a caracterizar.

Establecer la metodología se utilizará para la caracterización de los instrumentos.

Comprender los principios físicos y electrónicos del funcionamiento de los instrumentos.

Desarrollar una guía del funcionamiento de los equipos.

Proponer un enfoque pedagógico para exponer los conceptos de los equipos de medición.

Gestionar los recursos y permisos necesarios para examinar los instrumentos en el laboratorio.

2. Cuerpo del trabajo

2.1 Marco referencial

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos que sustentan el desarrollo del trabajo, abordando los principios físicos y electrónicos asociados a la medición de magnitudes eléctricas, así como la estructura y funcionamiento general de los instrumentos utilizados en el laboratorio de circuitos eléctricos. Estos conceptos permiten establecer una base para la comprensión del análisis realizado en los capítulos posteriores.

2.1.1 La medición eléctrica en el contexto del laboratorio de circuitos eléctricos

La medición eléctrica constituye un elemento fundamental en el análisis, verificación y comprensión del comportamiento de los circuitos eléctricos. En el entorno del laboratorio de circuitos, la medición no se limita a la obtención de valores numéricos de magnitudes como tensión, corriente o resistencia, sino que representa una herramienta esencial para validar modelos teóricos, contrastar resultados analíticos y desarrollar criterios técnicos en la formación del estudiante de ingeniería.

A diferencia del enfoque puramente teórico, el laboratorio introduce condiciones reales que afectan el proceso de medición, tales como la interacción entre el instrumento y el circuito

bajo prueba, la presencia de tolerancias en los componentes y las limitaciones propias de los equipos de medición. En este sentido, el instrumento deja de ser un elemento ideal y pasa a formar parte activa del sistema, influyendo directa o indirectamente en las variables que se desean medir.

La correcta interpretación de las mediciones requiere, por tanto, una comprensión básica del principio de funcionamiento interno de los instrumentos utilizados. Aspectos como la impedancia de entrada, el método de conversión de la magnitud eléctrica en una señal procesable y las etapas de acondicionamiento interno son determinantes para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos. Ignorar estos factores puede conducir a lecturas erróneas o a conclusiones incorrectas sobre el comportamiento del circuito analizado.

En el contexto académico, la medición eléctrica cumple además un rol formativo, ya que permite al estudiante desarrollar criterios de selección y uso adecuado de los instrumentos, así como reconocer sus alcances y limitaciones. Por esta razón, resulta pertinente abordar los fundamentos teóricos y estructurales de los equipos de medición empleados en el laboratorio de circuitos eléctricos, de manera que las prácticas experimentales se realicen con un entendimiento más profundo de los procesos físicos y electrónicos involucrados.

2.1.2 Principios físicos asociados a la medición de magnitudes eléctricas

La medición de magnitudes eléctricas se fundamenta en principios físicos que permiten convertir una variable eléctrica de interés en una señal que pueda ser procesada, interpretada y visualizada por un instrumento. En este proceso, la magnitud original no es observada de forma directa, sino que es transformada mediante fenómenos físicos controlados que garantizan una relación proporcional entre la variable medida y la señal obtenida. Esta conversión constituye la

base del funcionamiento de los instrumentos de medición empleados en el laboratorio de circuitos eléctricos.

Las dos principales magnitudes eléctricas que podemos encontrar en un circuito son el voltaje y la corriente. El voltaje representa una diferencia de potencial asociado a la presencia de un campo eléctrico entre dos puntos de un circuito (Ling et al., 2016). Su medición se realiza sin interrumpir la continuidad del sistema, conectando el instrumento en paralelo con el elemento de interés. Desde el punto de vista físico, el instrumento detecta una caída de potencial que genera una redistribución de cargas en su etapa de entrada, produciendo una señal proporcional al voltaje aplicado.

En contraste, la medición de corriente eléctrica requiere que el instrumento forme parte del trayecto de circulación de carga, siendo necesario interrumpir el circuito para su inserción en serie, o empleando una pinza amperimétrica que permite medir la corriente de forma indirecta mediante la interacción del campo magnético generado en el conductor que transporta la corriente. El principio físico más comúnmente empleado consiste en la conversión de la corriente en una caída de voltaje mediante un elemento resistivo de valor conocido, denominado resistencia de carga. El voltaje generado en este elemento es proporcional a la corriente que lo atraviesa, conforme a la ley de Ohm, permitiendo así inferir el valor de la corriente a partir de una magnitud más fácilmente procesable por el instrumento (Kishore, 2010).

Las magnitudes eléctricas presentadas anteriormente pueden presentarse de dos tipos: señales de corriente continua (DC) o señales de corriente alterna (AC), cuya naturaleza física determina el método de medición empleado por los instrumentos de laboratorio. Esta diferenciación resulta fundamental, ya que la variación temporal de la señal influye directamente en las etapas internas de acondicionamiento, procesamiento y visualización del instrumento. Las

señales de corriente continua se caracterizan por mantener un valor constante en el tiempo, asociado a un flujo unidireccional de carga eléctrica. Desde el punto de vista de la medición, este tipo de señales permite una detección directa de la magnitud, ya que la señal capturada por el instrumento no requiere procesos adicionales de rectificación o análisis temporal. En este caso, la medición se basa en la determinación del nivel de voltaje o corriente presente, lo que facilita una respuesta estable y una interpretación inmediata del valor medido (Malaric, 2011).

Por el contrario, las señales de Corriente Alterna presentan una variación periódica en el tiempo, lo que implica un cambio continuo en la dirección y magnitud del flujo de carga. Físicamente, estas señales están asociadas a campos eléctricos y magnéticos variables, lo que introduce la necesidad de considerar tanto la forma de onda como su comportamiento temporal. En consecuencia, la medición de señales AC requiere etapas internas adicionales que permitan transformar la señal alterna en una magnitud representativa y comparable, adecuada para su procesamiento y visualización (Malaric, 2011).

En el contexto de la instrumentación eléctrica, el valor eficaz o valor RMS (Root Mean Square) se emplea como una medida representativa de las señales alternas, dado que guarda una relación directa con el efecto energético producido sobre una carga resistiva. Este criterio permite comparar señales alternas con señales de corriente continua en términos de potencia disipada, razón por la cual es ampliamente utilizado en los instrumentos de medición de laboratorio (Kishore, 2010). La correcta interpretación del valor RMS depende de la capacidad del instrumento para procesar adecuadamente la forma de onda, aspecto que será relevante en la caracterización funcional de los equipos analizados en los capítulos siguientes.

2.1.3 Fundamentos electrónicos internos de los instrumentos de medición

Los instrumentos de medición utilizados en el laboratorio de circuitos eléctricos incorporan una arquitectura electrónica interna diseñada para transformar una magnitud física en una información interpretable por el usuario. Más allá de su apariencia externa, estos equipos están conformados por una serie de bloques funcionales interconectados, cada uno de los cuales cumple un papel específico en el proceso de medición.

La **etapa de entrada** constituye el primer punto de interacción entre el instrumento de medición y el circuito bajo prueba, siendo responsable de la captación inicial de la magnitud eléctrica a medir. Desde el punto de vista electrónico, esta etapa debe garantizar que la señal censada represente fielmente la variable de interés, al tiempo que protege los circuitos internos del instrumento frente a condiciones de operación fuera de rango, tales como sobretensiones, sobrecorriente o transitorios.

Para cumplir estas funciones, la etapa de entrada incorpora elementos pasivos y activos que limitan la energía que puede ingresar al sistema, como divisores resistivos, fusibles y diodos de protección. Estos elementos permiten adecuar el nivel de la señal a valores compatibles con las etapas posteriores, sin alterar significativamente el comportamiento del circuito medido. La correcta selección y diseño de esta etapa es determinante, ya que una protección excesiva puede degradar la precisión de la medición, mientras que una protección insuficiente compromete la integridad del instrumento (Doebelin & Manik, 2011).

Una vez captada y protegida, la señal es conducida hacia las etapas internas encargadas de su acondicionamiento y procesamiento, manteniendo una relación proporcional con la magnitud original.

La señal proveniente de la etapa de entrada presenta, en general, niveles de amplitud y características que no son directamente compatibles con los sistemas de conversión y procesamiento internos del instrumento. Por esta razón, se hace necesaria una **etapa de acondicionamiento** que adapte la señal captada a un formato adecuado, preservando su información esencial.

El acondicionamiento de señal incluye procesos como la amplificación, atenuación, filtrado y aislamiento, los cuales permiten ajustar el rango dinámico y reducir la influencia de ruido o interferencias externas. En esta etapa es común el uso de amplificadores operacionales configurados para ofrecer alta impedancia de entrada, ganancia controlada y estabilidad frente a variaciones ambientales. Asimismo, pueden incorporarse filtros analógicos que limiten el ancho de banda de la señal, evitando *aliasing* o respuestas indeseadas en las etapas posteriores (Doebelin & Manik, 2011).

Una vez acondicionada, la señal se encuentra en un estado adecuado para ser convertida a un formato digital, permitiendo su procesamiento mediante sistemas electrónicos de mayor complejidad y precisión.

La conversión analógica–digital representa un punto clave en la arquitectura interna de los instrumentos de medición modernos, ya que marca la transición de una señal eléctrica continua a una representación discreta susceptible de ser procesada digitalmente. En esta etapa, la señal acondicionada es muestreada y cuantificada por un convertidor analógico–digital (ADC), generando una secuencia de datos que conserva la información relevante de la magnitud medida.

El proceso de digitalización está condicionado por parámetros como la resolución, la frecuencia de muestreo y la precisión del sistema de referencia, los cuales influyen directamente en la exactitud y estabilidad de la medición. Una vez digitalizada, la información es tratada por

circuitos de procesamiento, que pueden incluir microcontroladores o procesadores dedicados, encargados de realizar operaciones como escalamiento, cálculo de valores representativos (por ejemplo, valor medio o valor eficaz), corrección de errores y compensación de efectos no ideales (Malaric, 2011; Gómez & Guerrero, 2010).

El resultado de este procesamiento es un conjunto de datos coherentes y normalizados que representan la magnitud medida de acuerdo con los criterios establecidos por el instrumento, los cuales son posteriormente enviados a la etapa de visualización.

La etapa de visualización constituye el último eslabón en la cadena de medición, siendo responsable de presentar al usuario el resultado final de forma clara y comprensible. Esta etapa traduce la información digital procesada en una representación visual, ya sea mediante indicadores analógicos, pantallas digitales o interfaces gráficas, según el tipo y complejidad del instrumento.

Desde el punto de vista funcional, la visualización no se limita a mostrar un valor numérico, sino que refleja las decisiones de procesamiento realizadas internamente, como el rango seleccionado, el tipo de magnitud medida y el criterio de representación adoptado. La resolución de la pantalla, la velocidad de actualización y la forma de presentación influyen directamente en la interpretación de la medición, especialmente en aplicaciones de laboratorio donde se analizan señales variables en el tiempo.

De esta manera, la visualización cierra el proceso iniciado en la etapa de entrada, permitiendo al usuario acceder a una información que ha sido captada, protegida, acondicionada, procesada y finalmente representada conforme a los fundamentos físicos y electrónicos que rigen el funcionamiento interno de los instrumentos de medición.

2.1.4 El electromagnetismo como parte fundamental de la medición

El funcionamiento de los equipos de medición en un laboratorio de circuitos eléctricos está directamente sustentado en las leyes fundamentales del electromagnetismo, las cuales describen la interacción entre campos eléctricos, campos magnéticos y cargas en movimiento. Sin estos principios, no sería posible medir magnitudes como corriente, voltaje, potencia o factor de potencia. La ley de Ampere-Maxwell que describe cómo una corriente eléctrica genera un campo magnético a su alrededor, la ley de inducción de Faraday la cual establece que una variación del flujo magnético a través de una bobina induce una fuerza electromotriz en ella y la ley de Lorentz la cual describe la fuerza que experimenta una carga eléctrica cuando se mueve en presencia de un campo eléctrico y/o magnético (Ling et al., 2016).

Equipos como vatímetros, cosenofímetros, pinzas amperimétricas y fuentes de alimentación DC dependen directamente de principios como la inducción electromagnética, la generación de campos magnéticos por corrientes y la fuerza sobre cargas en movimiento. Gracias a estas leyes, es posible transformar magnitudes eléctricas en señales medibles, ya sean mecánicas o eléctricas, permitiendo el análisis y control de sistemas eléctricos en laboratorio y en campo.

2.2 Método

2.2.1 Identificación de instrumentos claves

Se realizó un inventario de los principales instrumentos utilizados en el laboratorio de circuitos eléctricos. La selección de los equipos se basó en múltiples criterios, entre los cuales se destacan: su nivel de complejidad constructiva y funcional, la frecuencia de uso en las prácticas de laboratorio, su relevancia en la formación académica y su trazabilidad en asignaturas posteriores y en el ejercicio profesional. Adicionalmente, se consideró el grado de intuición en su

operación, priorizando aquellos instrumentos cuyo funcionamiento interno no resulta evidente para el usuario, con el fin de fortalecer la comprensión conceptual del estudiante. A partir de estos criterios, se definió la siguiente lista de equipos de estudio:

- Cosenofímetro análogo
- Vatímetro análogo
- Pinza amperimétrica digital
- Multímetro digital
- Osciloscopio
- Generador de funciones
- Fuente DC

2.2.2 Trámite de permisos

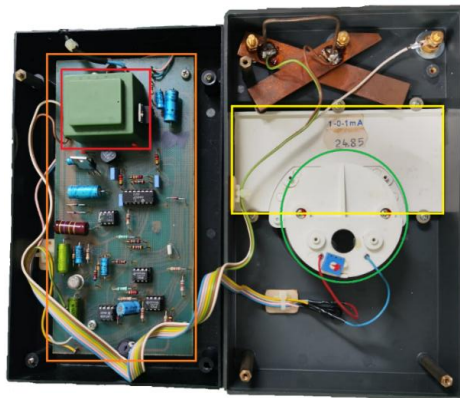
Se gestionaron los permisos correspondientes ante la dirección de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones para la manipulación interna y externa de los equipos en estudio. Dichos permisos fueron tramitados y otorgados de manera celeridad y oportuna, lo que permitió cumplir con los tiempos establecidos en el plan de trabajo. Asimismo, se contó con la disposición y apoyo del personal encargado del laboratorio, quienes facilitaron el acceso a los equipos y brindaron flexibilidad en la disponibilidad horaria para el desarrollo de las actividades. Es importante destacar que el análisis se realizó sobre instrumentos reales disponibles en el laboratorio, considerando sus condiciones actuales de uso, estado y tiempo de operación. Esto permitió desarrollar un estudio ajustado a las condiciones prácticas del entorno académico, evitando el uso de referencias genéricas o idealizadas y garantizando la pertinencia de los resultados obtenidos.

2.2.3 *Análisis interno*

Para cada uno de los instrumentos identificados se llevó a cabo una revisión de su composición interna, con el propósito de analizar los elementos que permiten el cumplimiento de la función específica para la cual cada equipo fue diseñado. Este análisis se centró en la identificación de los componentes que conforman la estructura interna de los instrumentos. La documentación interna se realizó por medio de tomas fotográficas que fueron posteriormente utilizadas en el documento guía final. En algunos equipos se presentaron inconvenientes al tomar el registro fotográfico ya que no todos permitían un acceso interno completo sin comprometer el correcto funcionamiento posterior.

Figura 1.

Registro fotográfico e identificación de componentes del cosenofímetro

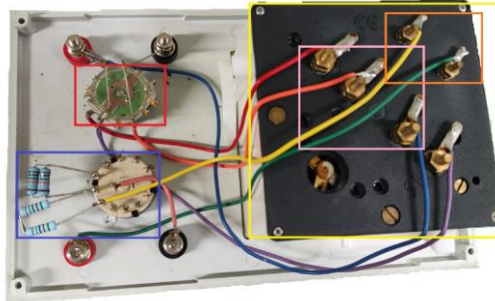


- Dos bobinas, una de corriente y una de voltaje, ambas se encuentran en la zona señalizada con el círculo verde.
- Una placa de circuito impreso señalado con el rectángulo naranja.
- Un transformador señalado con el rectángulo rojo.
- Una aguja indicadora señalizada con el rectángulo amarillo.

- Un mecanismo de amortiguación señalado con el círculo verde.

Figura 2.

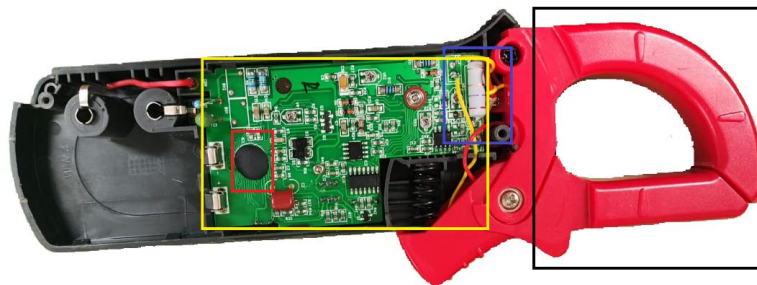
Registro fotográfico e identificación de componentes en el vatímetro



- Dos bobinas, una de corriente y una de voltaje. Los bornes de la bobina de corriente están señalizados con el rectángulo rosado y los de la bobina de tensión están señalizados con el rectángulo naranja.
- Un selector de corriente señalado con el rectángulo rojo.
- Un selector de voltaje (potenciómetro) señalado con el rectángulo azul.
- Una aguja indicadora y un sistema de amortiguación dentro de la caja negra delimitada con el rectángulo amarillo.

Figura 3.

Registro fotográfico e identificación de componentes en la pinza amperimétrica



- Una bobina de corriente indicada con el rectángulo de color negro.

- Una resistencia de carga indicada con el rectángulo de color azul.
- Un microcontrolador con ADC integrado indicados con el rectángulo de color rojo.
- Un circuito de acondicionamiento en una PCB indicados con el rectángulo de color amarillo.

Figura 4.

Registro fotográfico e identificación de componentes en el multímetro



- Un fusible de protección señalado con el rectángulo de color rojo.
- Una resistencia de carga señalada con el rectángulo de color amarillo.
- Un zumbador señalado con el cuadrado de color morado.
- Componentes del sistema de acondicionamiento, ADC y microcontrolador, protegidos por una placa metálica señalada con el rectángulo de color azul.

Figura 5.

Registro fotográfico e identificación de componentes en el osciloscopio



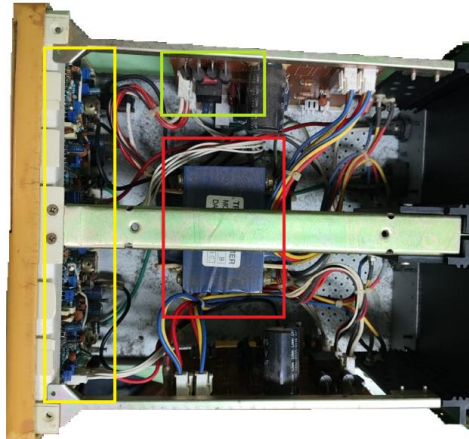
- Un chip FPGA (Field Programable Gate Array) señalado con el rectángulo de color rojo, este es el cerebro del osciloscopio.
- Memorias de almacenamiento señalizadas con el rectángulo de color azul.
- Un sistema de adecuación compuesto por atenuadores, amplificadores y filtros, señalado con el rectángulo de color amarillo.
- Un sistema de ventilación señalado con el rectángulo de color morado.

Figura 6.

Registro fotográfico e identificación de componentes en el generador de funciones



Por el orden constructivo del instrumento se hizo difícil hacer una señalización específica para cada apartado como en los equipos anteriores pero se pudo observar que el equipo trabaja con muchos componentes en conjunto para poder generar todos los tipos de onda que se requieren: Amplificadores operacionales que forman parte de la etapa de generación y acondicionamiento, resistencias que forman parte de los divisores de voltaje y el control de amplitud, capacitores que forman parte de la oscilación y formación de las ondas, potenciómetros usados para la calibración interna, entre otros.

Figura 7.**Registro fotográfico e identificación de componentes en la fuente DC**

- Un transformador reductor señalado con el rectángulo de color rojo.
 - Una fase de rectificación que se da por medio de los diodos señalizados con el rectángulo verde.
 - Una PCB compuesta por resistencias, capacitores, transistores, diodos y circuitos integrados. Esta señalizada con el rectángulo de color amarillo.

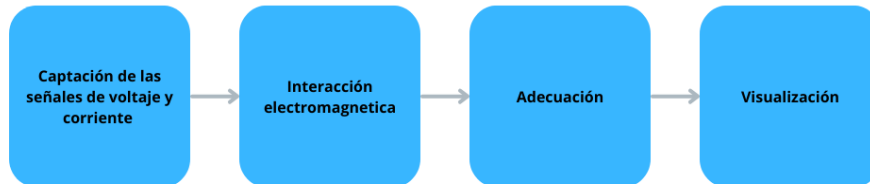
2.2.4 Estudio fundamental

A partir de la caracterización, se llevó a cabo una investigación en diversas fuentes de información con el objetivo de comprender el funcionamiento interno de dichos equipos, descomponiéndolo en etapas funcionales secuenciales. Este análisis permitió establecer el flujo de procesamiento de la señal dentro de cada dispositivo.

Cosenofímetro

Figura 8.

Cadena de medición del cosenofímetro

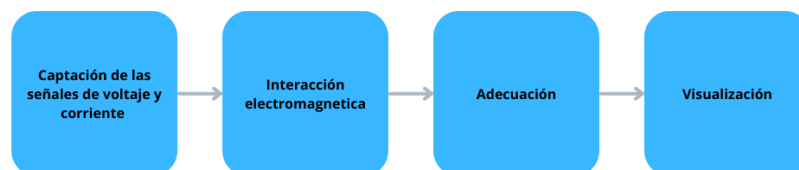


En el cosenofímetro analógico, la cadena de medición inicia con la captación simultánea de las señales de voltaje y corriente mediante dos bobinas internas, conectadas respectivamente en paralelo y en serie con el circuito bajo prueba. Estas corrientes generan campos magnéticos proporcionales a cada magnitud, los cuales interactúan en el espacio según los principios del electromagnetismo. Como resultado de esta interacción, se produce un torque electromagnético cuya magnitud y dirección dependen del desfase entre ambas señales. Posteriormente, este torque es equilibrado por un sistema mecánico de restitución y amortiguación, permitiendo que el sistema alcance una posición estable. Finalmente, dicha posición se traduce en un desplazamiento angular de la aguja sobre una escala calibrada, mostrando directamente el valor del factor de potencia y su naturaleza (inductiva o capacitiva).

Watímetro

Figura 9.

Cadena de medición del watímetro



En el vatímetro analógico, la cadena de medición comienza con la captación de las señales de corriente y voltaje a través de dos bobinas internas, configuradas en serie y en paralelo respectivamente con la carga. Estas señales generan campos magnéticos cuya interacción produce fuerzas electromagnéticas sobre una bobina móvil, de acuerdo con principios como la fuerza de Lorentz. El efecto combinado de estas fuerzas da lugar a un torque electromagnético proporcional al producto instantáneo del voltaje y la corriente, es decir, a la potencia activa del circuito. Este torque induce el movimiento de rotación del sistema móvil, el cual es contrarrestado por un resorte de control que establece una posición de equilibrio.

Pinza amperimétrica

Figura 10.

Cadena de medición de la pinza amperimétrica



En la pinza amperimétrica, la cadena de medición inicia con la captación indirecta de la corriente mediante un sensor electromagnético basado en una bobina que rodea el conductor, funcionando bajo el principio de un transformador de corriente. La corriente que circula por el conductor genera un campo magnético variable que induce una corriente proporcional en la bobina de la pinza. Esta señal es llevada a una resistencia de carga, donde se convierte en una señal de voltaje equivalente. Posteriormente, la señal pasa por una etapa de acondicionamiento que incluye amplificación, filtrado y ajuste de offset, con el fin de adecuarla a los rangos de operación del sistema electrónico. Una vez acondicionada, la señal es convertida a formato digital mediante un convertidor análogo-digital (ADC), donde se realiza el muestreo y la

cuantificación. El microcontrolador procesa estos datos digitales, aplicando constantes de calibración y algoritmos para calcular el valor eficaz de la corriente. Finalmente, el resultado es transformado a formato decimal y enviado a la pantalla del equipo, donde se presenta al usuario el valor de la corriente medida.

Multímetro

Figura 11.

Cadena de medición del multímetro



En el multímetro digital, la cadena de medición comienza con la captación directa de la señal eléctrica a través de las puntas de prueba, las cuales se conectan al elemento o circuito bajo análisis. Dependiendo de la magnitud a medir, la señal es conducida a una etapa de acondicionamiento, donde puede incluir divisores resistivos de precisión, generación de corrientes internas (en el caso de medición de resistencia) y circuitos de protección. Posteriormente, la señal es ajustada mediante procesos de amplificación, filtrado y adaptación de nivel para garantizar su correcta digitalización. En la siguiente etapa, un convertidor análogo-digital (ADC) realiza el muestreo y la cuantificación de la señal, generando datos digitales que representan la magnitud medida. Estos datos son procesados por un microcontrolador, el cual aplica relaciones físicas (como la ley de Ohm en el caso de resistencia) y constantes de calibración para obtener el valor real. Finalmente, el resultado es convertido a formato decimal y presentado en la pantalla del equipo, permitiendo al usuario visualizar de manera precisa la magnitud eléctrica medida.

Osciloscopio

Figura 12.

Cadena de medición del Osciloscopio

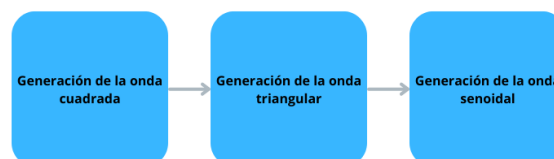


En el osciloscopio, la cadena de medición inicia con la captación de la señal de voltaje a través de la sonda, la cual replica la forma de onda del circuito bajo análisis en la entrada del equipo. Posteriormente, la señal pasa por una etapa de acondicionamiento compuesta por atenuadores, amplificadores y filtros, que ajustan su amplitud, eliminan ruido y la adaptan a los niveles adecuados para su procesamiento. A continuación, la señal analógica es convertida a formato digital mediante un convertidor análogo-digital (ADC), donde se realiza el muestreo en el tiempo y la cuantificación en amplitud, garantizando una representación discreta de la señal. Los datos digitales obtenidos son procesados por un sistema de alta velocidad, típicamente un FPGA, que asigna a cada muestra una coordenada en función del tiempo y el voltaje, reconstruyendo la forma de onda en un plano cartesiano.

Generador de funciones

Figura 13.

Cadena de medición del generador de funciones



En el generador de funciones, la cadena de procesamiento comienza con la generación interna de una señal base mediante circuitos electrónicos, comúnmente implementados con

amplificadores operacionales en configuraciones osciladoras. A partir de esta señal inicial, generalmente una onda cuadrada, se derivan otras formas de onda como la triangular mediante procesos de integración, y la senoidal mediante etapas de conformación que emplean redes de diodos y resistencias. Posteriormente, la señal generada pasa por una etapa de acondicionamiento donde se ajustan parámetros como la amplitud, la frecuencia y el offset, permitiendo adaptar la señal a los requerimientos del usuario. Una vez configurada, la señal es enviada a la salida del equipo, donde puede ser aplicada a circuitos externos para pruebas, análisis o simulación de condiciones reales de operación. De esta manera, el generador de funciones actúa como una fuente controlada de señales eléctricas con características definidas.

Fuente DC

Figura 14.

Cadena de medición de la fuente DC



En la fuente de alimentación DC, la cadena de procesamiento inicia con la recepción de energía eléctrica en forma de corriente alterna (AC) proveniente de la red. Esta señal es llevada a un transformador, donde se reduce su nivel de voltaje a valores adecuados mediante la relación de espiras entre los devanados. Posteriormente, la señal de corriente alterna es convertida en corriente continua pulsante a través de una etapa de rectificación, generalmente implementada con un puente de diodos. A continuación, la señal rectificada pasa por una etapa de filtrado, en la cual capacitores de alta capacidad reducen el rizado y estabilizan la tensión. Finalmente, la señal es regulada y ajustada mediante circuitos electrónicos internos que controlan el voltaje y la

corriente de salida, permitiendo entregar una señal DC estable, controlada y segura a los terminales del equipo. Esta salida puede ser ajustada por el usuario según los requerimientos del circuito bajo prueba.

La información detallada de las cadenas de medición de cada equipo de medición se encuentra en la guía que quedó como subproducto de esta investigación (Apéndice A).

2.2.5 Diseño, estructuración y elaboración de la guía

En el proceso de diseño y estructuración de la información recopilada en el estudio, y en coherencia con el análisis estratégico y la fase de ideación desarrollada en el plan de trabajo, se establecieron una serie de restricciones que condicionaron la solución adoptada. Las restricciones fueron la limitación de tiempo asociada al desarrollo del trabajo, la disponibilidad de herramientas informáticas y la facilidad de implementación en un entorno académico.

A partir de estas restricciones, se analizaron diferentes alternativas de solución para la presentación del contenido. Entre ellas se contempló el desarrollo de una guía técnica estructurada en formato documento (PDF), la creación de material multimedia como videos explicativos y animaciones, y el diseño de herramientas interactivas como simuladores o aplicaciones digitales. Cada una de estas alternativas fue evaluada considerando criterios como accesibilidad, requerimientos técnicos, costo de desarrollo, portabilidad y pertinencia en el contexto académico.

Si bien las soluciones basadas en contenido multimedia o herramientas interactivas ofrecen ventajas en términos de dinamismo y visualización, implican mayores requerimientos de infraestructura, conectividad y tiempo de desarrollo, lo cual limita su aplicabilidad en el entorno específico del laboratorio. En contraste, la guía en formato PDF permite integrar de manera estructurada el contenido técnico, garantizar su acceso en diferentes condiciones y facilitar su

uso como material de apoyo en las prácticas. En consecuencia, se seleccionó como solución el desarrollo de una guía técnica auto portada en formato PDF, al considerarse la alternativa que mejor satisface las restricciones planteadas y los objetivos del proyecto. Esta decisión implica que el contenido se presenta exclusivamente en formato textual y gráfico, sin incorporar recursos audiovisuales, en coherencia con los criterios de accesibilidad, portabilidad y viabilidad definidos en el proceso de diseño (Apéndice A).

Una vez seleccionada la alternativa de desarrollar una guía técnica, se establecieron criterios para su diseño y estructuración. En primer lugar, se definió la necesidad de una redacción clara, que permitiera a los usuarios comprender la información sin dificultad. En segundo lugar, se priorizó una organización lógica del contenido, orientada a facilitar la secuencia y asimilación de los conceptos. Finalmente, se buscó garantizar un nivel técnico adecuado, que permitiera abordar los fundamentos necesarios para comprender el funcionamiento de los equipos analizados.

No obstante, es importante precisar que el alcance de esta investigación se orienta a brindar un entendimiento general de los procesos internos de los instrumentos de medición, desde una perspectiva simplificada y pedagógica. En este sentido, no se pretende profundizar en niveles excesivamente detallados de cada proceso, dado que ello podría dificultar la comprensión del documento. Adicionalmente, algunos de los equipos estudiados cuentan con información técnica restringida o no disponible públicamente, lo cual limita la posibilidad de abordar ciertos aspectos con mayor nivel de detalle.

Adicional a la información técnica recopilada en el documento guía, se identificó como restricción de diseño la inclusión de un apartado orientado a la seguridad eléctrica. Dado que el uso de instrumentos en el laboratorio implica riesgos asociados a la manipulación de equipos

energizados, la incorporación de lineamientos de seguridad no constituye un elemento opcional, sino una condición obligatoria que incide directamente en la estructura y contenido de la guía. En este sentido, se integraron recomendaciones y precauciones orientadas a prevenir accidentes y promover el uso seguro de los equipos, en concordancia con buenas prácticas de laboratorio y criterios normativos aplicables (IEC, 2010).

De manera complementaria, se incluyó un apartado de contextualización de los componentes presentes en el interior de los equipos de medición, con el propósito de proporcionar una base conceptual previa que facilite la comprensión de los contenidos desarrollados posteriormente en la guía. Esta sección introduce de forma general los elementos más representativos de la instrumentación eléctrica, permitiendo al lector familiarizarse con su función y comportamiento antes de abordar el análisis detallado de cada instrumento.

Una vez terminada la etapa de diseño y estructuración, se contempló la implementación de un mecanismo de validación mediante pruebas piloto, con el fin de evaluar la claridad, utilidad y organización del contenido propuesto. Este proceso permitió obtener retroalimentación directa por parte de estudiantes y docentes, la cual fue utilizada como insumo para la mejora y ajuste del documento. De esta manera, la validación no se abordó únicamente como una etapa final, sino como un elemento integral del diseño, orientado a garantizar la pertinencia y efectividad de la solución desarrollada.

2.2.6 Enfoque practico y pedagógico

Además del estudio de la estructura interna de los equipos objeto de análisis, se desarrolló una explicación orientada al uso práctico de los instrumentos en las actividades de laboratorio, describiendo el propósito y funcionamiento de los controles externos, tales como botones, perillas e interfaces de operación. Esta descripción se realizó con el objetivo de facilitar una

correcta interacción del usuario con los equipos durante la ejecución de las prácticas de laboratorio. El enfoque adoptado busca establecer una relación clara entre los elementos visibles del instrumento y los procesos internos que estos activan o modifican, de modo que el usuario pueda asociar cada acción externa con su correspondiente efecto a nivel electrónico y funcional.

El enfoque adoptado no busca proponer un modelo formal de enseñanza, dado que ello excede los alcances del presente trabajo de grado, sino ofrecer una herramienta amigable, inmediata e intuitiva que facilite los procesos de enseñanza y aprendizaje desde el componente práctico de Circuitos Eléctricos. En este sentido, la guía se orienta a apoyar la comprensión de los instrumentos y su funcionamiento interno, promoviendo un aprendizaje significativo al establecer una relación clara entre la teoría y la práctica. Asimismo, resulta especialmente relevante contar con este tipo de herramienta en el primer componente práctico que los estudiantes enfrentan dentro de su ciclo profesional, ya que este constituye un punto de transición entre los fundamentos teóricos y su aplicación en entornos reales. Disponer de un recurso estructurado y accesible en esta etapa contribuye a fortalecer la apropiación de conceptos y a mejorar la interacción del estudiante con los equipos de laboratorio.

2.3 Resultados

La guía elaborada como subproducto de esta investigación fue sometida a un proceso de validación mediante la aplicación de una encuesta dirigida a una población compuesta por estudiantes que ya cursaron la asignatura de circuitos eléctricos, estudiantes que la están cursando actualmente y docentes del área. El objetivo de esta evaluación fue analizar la claridad, comprensión y organización del contenido presentado en la guía. A través de este instrumento, se buscó determinar si la información es accesible y entendible para los diferentes perfiles académicos involucrados, así como verificar si la estructura del documento facilita el aprendizaje

y la interpretación de los conceptos desarrollados. De esta manera, la encuesta permitió obtener retroalimentación relevante sobre la calidad del material.

Se califico cada etapa de la guía con la siguiente escala

1= totalmente en desacuerdo

2= en desacuerdo

3= neutral

4= de acuerdo

5= totalmente de acuerdo

Figura 15.

Resultados de la encuesta con respecto a la claridad del contenido de la guía

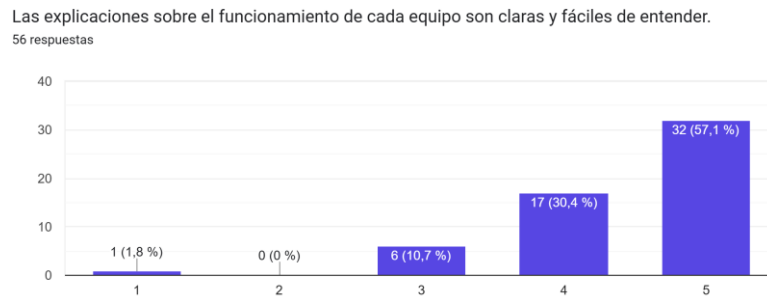


Figura 16.

Resultado de la encuesta con respecto al nivel técnico de la guía

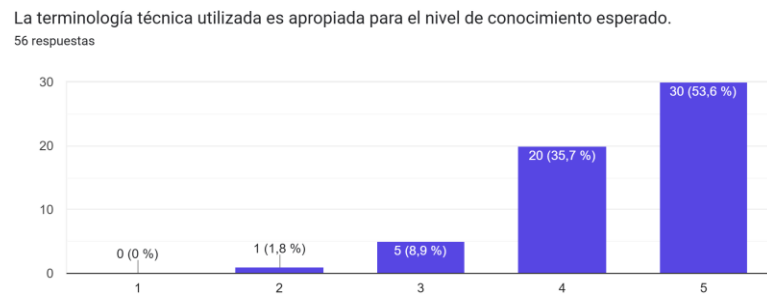
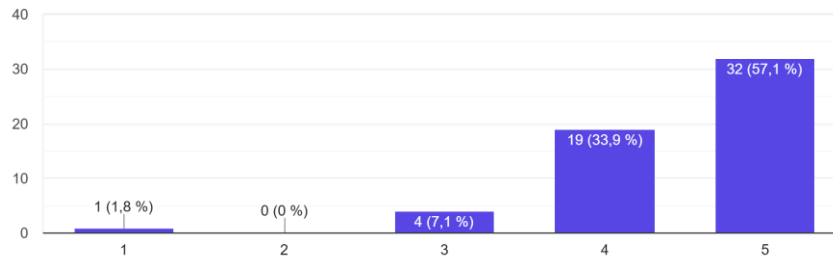


Figura 17.**Resultado de la encuesta con respecto al sentido de la información de la guía**

La información está presentada de forma coherente desde la teoría hasta la aplicación práctica.
56 respuestas



Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la encuesta fueron mayoritariamente positivos, evidenciando una adecuada comprensión del contenido y una percepción favorable respecto a la estructura de la guía. No obstante, dentro de las observaciones realizadas por los participantes, la recomendación más recurrente fue la necesidad de fortalecer el enfoque práctico del documento, específicamente en relación con la aplicación de los instrumentos en contextos reales. En este sentido, se sugirió complementar la explicación del uso de los equipos en el laboratorio con una descripción de sus aplicaciones en el ámbito profesional, permitiendo así una mejor contextualización de los conocimientos adquiridos. Atendiendo a esta recomendación, se incorporó en cada uno de los instrumentos analizados una sección adicional orientada a sus aplicaciones en el entorno laboral, con el fin de enriquecer el contenido y aumentar su pertinencia práctica.

2.3.1 Discusión

Los resultados obtenidos en el desarrollo de este trabajo evidencian que los instrumentos de medición utilizados en el laboratorio de circuitos eléctricos no pueden ser comprendidos únicamente desde una perspectiva operativa, sino que responden a una arquitectura interna

basada en principios físicos y electrónicos claramente definidos. En este sentido, la caracterización realizada permitió establecer que cada equipo de medición funciona a partir de una cadena estructurada de procesamiento de la señal, compuesta por etapas de captación, acondicionamiento, conversión, procesamiento y visualización.

Desde el punto de vista teórico, este hallazgo tiene implicaciones relevantes, ya que confirma que la medición eléctrica no es un proceso directo ni ideal, sino una transformación progresiva de la magnitud física en una representación interpretable. Esto implica que toda medición está sujeta a limitaciones asociadas a la arquitectura interna del instrumento, tales como la impedancia de entrada, la resolución del sistema de conversión analógica-digital y las características de los circuitos de acondicionamiento. Por tanto, los resultados refuerzan la necesidad de integrar el análisis del instrumento como parte activa del sistema bajo estudio, y no como un elemento externo ideal.

Asimismo, el análisis comparativo entre instrumentos analógicos y digitales permitió evidenciar diferencias significativas en la forma en que se materializa el proceso de medición. Mientras que los equipos analógicos basan su funcionamiento en interacciones electromagnéticas y sistemas mecánicos de equilibrio, los instrumentos digitales incorporan procesos de muestreo, cuantificación y procesamiento computacional, lo que introduce nuevas variables asociadas a la precisión, la frecuencia de muestreo y los algoritmos internos. Esta diferencia tiene implicaciones directas en la interpretación de resultados experimentales y en la selección del instrumento adecuado según la aplicación.

Finalmente, desde una perspectiva aplicada, los resultados obtenidos tienen implicaciones directas en el proceso de formación académica, ya que permiten superar el enfoque tradicional centrado en el uso operativo de los instrumentos, promoviendo una comprensión más profunda

de los fenómenos físicos y electrónicos involucrados. Esto contribuye a la formación de un criterio técnico más sólido en los estudiantes, facilitando la interpretación de mediciones, la identificación de errores y la toma de decisiones fundamentadas en el ejercicio de la ingeniería.

3. Conclusiones

- El análisis detallado de los equipos de medición permitió comprender que su funcionamiento no se limita a la lectura de magnitudes eléctricas, sino que responde a una cadena estructurada de transformación de señales, en la cual intervienen etapas de censado, acondicionamiento, conversión, procesamiento y visualización. Este enfoque facilitó la interpretación integral de cada instrumento desde una perspectiva de ingeniería.

- Se establecieron criterios técnicos y pedagógicos para la selección de los instrumentos, considerando aspectos como su frecuencia de uso, relevancia en la formación académica, trazabilidad en el ámbito profesional y nivel de complejidad conceptual. Esto permitió enfocar el estudio en equipos representativos y de alto impacto en el proceso de aprendizaje.

- Se definió y aplicó una metodología estructurada que combinó revisión teórica, análisis funcional y observación directa de los equipos, garantizando un enfoque sistemático y replicable. Esta metodología permitió abordar la caracterización desde una perspectiva técnica y aplicada, alineada con las condiciones reales del laboratorio.

- Se alcanzó una comprensión clara de los principios físicos y electrónicos que sustentan el funcionamiento de los instrumentos de medición, permitiendo interpretar su comportamiento

desde un enfoque ingenieril. Esto contribuye a una mejor apropiación conceptual por parte del usuario, trascendiendo el uso empírico de los equipos.

- Se propuso un enfoque pedagógico orientado a facilitar la comprensión de los instrumentos desde el componente práctico, sin pretender constituir un modelo de enseñanza formal. La guía promueve un aprendizaje significativo al conectar la teoría con la práctica mediante una presentación clara, progresiva e intuitiva de los contenidos.

- Se gestionaron de manera oportuna los permisos y recursos necesarios para el acceso a los instrumentos del laboratorio, lo que permitió desarrollar el estudio en condiciones reales. La disponibilidad y apoyo institucional garantizaron el cumplimiento del plan de trabajo y la pertinencia del análisis realizado.

- Finalmente, el desarrollo de este proyecto contribuyó a fortalecer competencias en áreas como la instrumentación eléctrica, análisis de sistemas, interpretación de señales y comprensión de fenómenos electromagnéticos, consolidando una visión más integral del comportamiento de los sistemas eléctricos tanto en laboratorio como en aplicaciones reales.

Referencias bibliográficas

Applications of Ampere's Law. (2024). University of Texas Physics Department

Doebelin, E. O., & Manik, D. N. (2011). Measurement systems: Application and design (6th ed.). McGraw-Hill.

Gómez, Luis. Guerrero, Félix. (2010). Fundamentos de instrumentación electrónica. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

IEC. (2010). IEC 61010-1: Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use. International Electrotechnical Commission.

Lal Kishore, K. (2010). Electronic measurements and instrumentation. Pearson.

Ling, S. J., Sanny, J., & Moebs, W. (2021). Física universitaria volumen 2. OpenStax.

Malaric, R. (2011). Instrumentation and Measurement in Electrical Engineering. BrownWalker Press.

Schmickler, H. (2021). Time & frequency domain measurements. CERN