

Área de Conocimiento de Tecnología de la Información y
Comunicación

Diseño de instrumentos de laboratorio para la asignatura de sistemas de medición en el área de sensores

TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA

Elaborado por:

Br. Carlos Amaury
Orozco Miranda
Carnet: 2007-22264

Br. Mario David
Mairena Madriz
Carnet: 2009-29334

Br. Carlos José
Centeno Herrera
Carnet: 2001-10441

Tutor:

Ing. Álvaro Antonio
Gaitán



Área de Conocimiento de
Tecnología de la Información
y Comunicación

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN** hace constar que:

OROZCO MIRANDA CARLOS AMAURY

Carné: **2007-22264** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **97** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**, en el año 2016 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los treinta días del mes de agosto del año dos mil veinte y cuatro.

Atentamente,



Ing. Cedrick Elksnherr Dallar Parrales
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA



Móvil: (505) 8588 8333



Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
Apdo: 5595



www.uni.edu.ni



Área de Conocimiento de
Tecnología de la Información
y Comunicación

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN** hace constar que:

MAIRENA MADRIZ MARIO DAVID

Carné: **2009-29334** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **97** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**, en el año 2013 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los seis días del mes de agosto del año dos mil veinte y cuatro.

Atentamente,



Ing. Cedrick Elksnherr Dalla Torre Parrales
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA



Móvil: (505) 8588 8333



Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
Apdo: 5595



www.uni.edu.ni



Área de Conocimiento de
Tecnología de la Información
y Comunicación

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

El Suscrito Secretario del **ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN** hace constar que:

CENTENO HERRERA CARLOS JOSE

Carné: **2001-10441** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **97** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**, en el año 2007 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los treinta días del mes de agosto del año dos mil veinte y cuatro.

Atentamente,



Ing. Cedrick Elksnherr Dallal **Parrales**
SECRETARIO DE ÁREA ACADÉMICA



Móvil: (505) 8588 8333



Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
Apdo: 5595



www.uni.edu.ni

Managua, 22 de octubre del 2024

Msc. Claudia Benavidez Rugama
Directora DACTIC
Su despacho

Estimada Msc. Benavidez

Reciba saludos fraternos de mi parte.

Por este medio deseo comunicarle en calidad de tutor del tema de monografía: "DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE LABORATORIO PARA LA ASIGNATURA DE SISTEMAS DE MEDICIÓN EN EL ÁREA DE SENSORES", que he revisado el documento final de la misma, y este cumple con la normativa de culminación de estudios de la universidad.

Por lo cual autorizo a los bachilleres: Carlos Amaury Orozco Miranda con Carnet: 2007-2264, Mario David Mairena Madriz con Carnet: 2009-29334 y Carlos José Centeno Herrera con Carnet: 2001-10441, egresados de la carrera de Ingeniería Electrónica, la entrega del documento a la instancia correspondiente.

Sin otro particular que agregar y deseándole éxito en sus labores, me despido cordialmente.

Atentamente,

Ing. Álvaro Antonio Gaitán
Profesor Auxiliar DACTIC-UNI.
Tutor



Decanatura | FEC

Universidad Nacional de Ingeniería
Recinto Universitario "Simón Bolívar"
Facultad de Electrotecnia y Computación

Decanatura
DF-05-2023-57

Managua, 22 de mayo del 2023.

Bachilleres.

Carlos Amaury Orozco Miranda 2007-22264.
Mario David Mairena Madriz 2009-29334.
Carlos José Centeno Herrera 2001-10441.

Egresados de la Carrera de Ingeniería Electrónica.

Estimados Bachilleres:

El suscrito Decano de la Facultad de Electrotecnia y Computación, a través de la presente autoriza de manera formal la inscripción de la Monografía Titulada **“DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE LABORATORIO PARA LA ASIGNATURA DE SISTEMAS DE MEDICIÓN EN EL ÁREA DE SENSORES”**. Para optar al Título de Ingeniero Electrónico, para tal efecto se nombra como Tutor de la Monografía al **Ing. Álvaro Gaitán**.

Así mismo le solicito proceda a la **Inscripción de dicho Tema Monográfico** en secretaria Académica de la facultad, con la finalidad de darle control y seguimiento, de acuerdo a los reglamentos establecidos.

Se les recuerda que, según la normativa para los trabajos monográficos, a partir de la fecha de inscripción tiene 12 meses para defender dicho trabajo.

Sin más a que referirme y deseándoles mucho éxito en la culminación de esta etapa, me despido.

Atentamente



Msc. Augusto César Palacios Rodríguez
Decano UNI-FEC

C/c: Ing. María Lourdes Montes.
Ing. Juan Martínez Toribio.
Ing. Álvaro Gaitán.
Archivo.

Secretaria Académica.
Jefe de Dpto. de Electrónica.
Tutor.

📞 Teléfono: (505) 2270 5126

📍 Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
Apdo: 5595

✉️ augusto.palacios@fec.uni.edu.ni
www.fec.uni.edu.ni

DEDICATORIA

Con profundo agradecimiento a Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza, por permitirnos alcanzar esta meta. A nuestros queridos padres y madres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por siempre nuestra inspiración. A nuestras compañeras de vida, por su paciencia, comprensión y por creer en nosotros en todo momento. A nuestros amigos y familiares, por sus palabras de aliento y compañía en este camino.

En especial, dedicamos este trabajo a la abuelita de uno de nuestros integrantes del grupo, Otilia Jaime, cuyo espíritu luchador y presencia constante han sido una fuente inagotable de inspiración y fortaleza para nuestro futuro colega. Su ejemplo de vida nos motiva a seguir adelante y a enfrentar los desafíos con valentía.

Finalmente, pero no menos importante expresamos nuestro más sincero agradecimiento a todos los docentes que han contribuido a nuestra formación académica, en especial al Ing. Álvaro Antonio Gaitán, cuya guía y conocimientos fueron fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo. Su pasión por la enseñanza nos motivó a superar cada desafío.

RESUMEN

Este trabajo monográfico presenta el diseño y desarrollo de una serie de instrumentos de laboratorio utilizando el modelo instruccional ADDIE, para la unidad II de la asignatura de sistemas de medición que comprenden la temática de sensores y acondicionadores de señal, con el objetivo de superar las limitaciones actuales en la enseñanza de esta unidad. A través de la implementación de sensores actuales, circuitos de acondicionamiento de señal personalizados y el software de simulación Proteus, se crearon cinco instrumentos para medir con precisión magnitudes eléctricas (corriente, voltaje, potencia) y no eléctricas (temperatura, presión y distancia).

Estos instrumentos permitirán a los estudiantes realizar experimentos prácticos más completos, tanto de manera presencial como remota y comprender de manera más profunda los principios de funcionamiento de los sensores, ya que también se crearon videos de apoyo como material didáctico adicional. De igual manera, se espera que este proyecto no solo mejore la calidad de la enseñanza, sino que también fomente la creatividad y el desarrollo de habilidades prácticas en los estudiantes de ingeniería electrónica.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVOS	8
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	9
1.1 SENSORES	9
1.2 TRANSDUCTOR.....	10
1.3 TRANSMISOR.....	10
1.4 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL.....	10
1.5 MEDICIÓN DE TEMPERATURA	11
1.5.1 RTD PT100	11
1.5.2 Puente de Wheatstone.....	12
1.5.3 Amplificador de Instrumentación AD620.....	13
1.5.4 Termocupla Tipo K.....	14
1.5.5 Amplificador de Instrumentación AD595.....	16
1.6 MEDICIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE	17
1.6.1 Sensor ACS712T	17
1.6.2 Sensor FZ0430	18
1.7 MEDICIÓN DE DISTANCIA Y HUMEDAD RELATIVA.....	19
1.7.1 Sensor HC-SR04	19
1.7.2 Sensor DHT11	22
1.8 MEDICIÓN DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y ALTITUD	22
1.8.1 Sensor BMP180.....	23
1.9 HARDWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	23
1.9.1 Atmega328P	23

1.9.2 Proteus 8.1	25
1.9.3 Arduino IDE.....	26
1.10 APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO.....	27
1.11 MODELO ADDIE PARA EL DISEÑO INSTRUCCIONAL	27
1.12 GUÍAS DE LABORATORIOS	28
1.13 E-LEARNING	29
1.13.1 Software ActivePresenter Free Edition Version 9.1.4.....	29
CAPÍTULO II. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	31
2.1 DISEÑO METODOLÓGICO.....	31
2.1.1 Etapa 1. Análisis de objetivos y contenido de la asignatura	31
2.1.2 Etapa 2. Diseño de cinco guías de laboratorios	31
2.1.3 Etapa 3: Elaboración de videos como material de apoyo.....	32
2.1.4 Etapa 4: Elaboración de manual de apoyo, para el docente.....	32
2.1.5 Etapa 5: Evaluación de guías.....	33
2.2 DESARROLLO METODOLÓGICO	33
2.3 ETAPA DE ANÁLISIS.....	34
2.4 ETAPA DE DISEÑO.....	36
2.5 ETAPA DE DESARROLLO.....	40
2.5.1 Laboratorio 1: Medición de temperatura utilizando el sensor PT100	40
2.5.2 Laboratorio 2: Medición de temperatura utilizando como sensor la Termocupla tipo K	41
2.5.3 Laboratorio 3: Medición de corriente, voltaje y potencia utilizando el sensor ACS712T	42
2.5.4 Laboratorio 4: Medición de distancia y humedad relativa utilizando los sensores HC-SR04 y DHT11	43
2.5.5 Laboratorio 5: Medición de presión atmosférica utilizando el sensor BMP180.....	45
2.5.6 Elaboración de video-tutoriales.....	45
2.5.7 Elaboración de material de apoyo para el docente	47
2.6 ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN.....	48

2.6.1 Procedimiento General	49
2.6.2 Laboratorio 1: Medición de temperatura utilizando el sensor PT100	49
2.6.3 Laboratorio 2: Medición de temperatura utilizando como sensor la Termocupla tipo K	51
2.6.4 Laboratorio 3: Medición de corriente, voltaje y potencia utilizando el sensor ACS712T	52
2.6.5 Laboratorio 4: Medición de distancia y humedad relativa utilizando los sensores HC-SR04 y DHT11	53
2.6.6 Laboratorio 5: Medición de presión atmosférica utilizando el sensor BMP180	54
2.6.7 Problemas técnicos con códigos QR	54
2.7 ETAPA DE EVALUACIÓN.....	55
2.7.1 Rúbricas de desempeño para evaluar las guías de laboratorio	55
2.7.2 Rúbrica de desempeño para evaluar a los estudiantes.....	70
2.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS	79
CAPÍTULO III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
3.1 CONCLUSIONES.....	81
3.2 RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83

Índice de Anexos

ANEXO 1: ENTREVISTA A DOCENTE	I
ANEXO 2: GUÍAS DE LABORATORIOS PROPUESTAS	II
ANEXO 3: SOLUCIONARIO DE GUÍAS DE LABORATORIO.....	III
ANEXO 4: HOJAS DE DATOS	IV

INTRODUCCIÓN

En ingeniería electrónica, la medición es una tarea fundamental para la evaluación y análisis de los sistemas electrónicos. La precisión y fiabilidad de estas mediciones dependen en gran medida de los instrumentos de laboratorio utilizados.

Este trabajo monográfico tiene como propósito desarrollar instrumentos de laboratorio para la asignatura de sistemas de medición, utilizando las herramientas actuales y otras que aún no han sido implementadas; en donde se describan los diferentes tipos de instrumentos utilizados para la medición de magnitudes eléctricas como la corriente, el voltaje y la resistencia, así como la medición de magnitudes no eléctricas como la temperatura, la presión y la fuerza.

En el documento se describen los objetivos planteados, el desarrollo del trabajo monográfico, las herramientas teóricas que se requieren para la ejecución del proyecto y su diseño metodológico, el cual se compone de cinco etapas de desarrollo que involucran: análisis, diseño, verificación y evaluación de los instrumentos de laboratorio.

Cabe añadir que la asignatura de Sistemas de Medición se define como un curso profesionalizante para los estudiantes del cuarto año de la carrera de Ingeniería Electrónica, el cual se enmarca en el campo de la automatización industrial, y es precedente para las asignaturas de Sistemas de Control, Control aplicado y Electrónica Industrial. Sin embargo, a pesar de la relevancia de esta asignatura para el desarrollo académico y profesional, los estudiantes tienen limitaciones en el aprendizaje del contenido de la asignatura, ya que no cuentan con instrumentos de laboratorios actualizados en el área de sensores, el laboratorio físico carece de suficientes puestos de trabajo y existe poca variedad de distintos tipos de sensores, para realizar las prácticas de la asignatura.

Por tal motivo, consideramos que es importante proponer instrumentos de laboratorio actualizados, para que el estudiante pueda reforzar de manera significativa los conocimientos adquiridos en la asignatura de Sistemas de Medición y su desarrollo en el área de sensores.

De esta manera, fortalecerá el desarrollo y consolidación de conocimientos, habilidades y destrezas que requieren los estudiantes, acerca de los distintos tipos de sensores, sus circuitos acondicionadores de señal y las aplicaciones prácticas que pueden tener estos tanto a nivel académico como profesional.

En consecuencia a través del diseño, elaboración y disponibilidad de nuevos instrumentos de laboratorio se pretende abordar las necesidades de la asignatura, para que el estudiante mediante el uso del software de simulación Proteus, ensamble circuitos que ejemplifican los diferentes principios de operación y aplicaciones prácticas que ilustren el uso de los distintos tipos de sensores, dejando claramente establecidos los criterios de selección y requerimientos de acondicionamiento del sensor a utilizar.

Así mismo en las prácticas propuestas se considerarán las ventajas técnicas, económicas y versatilidad de los instrumentos, para que el estudiante logre realizar sin limitaciones las prácticas de laboratorio, tanto dentro, como fuera del centro de estudio.

ANTECEDENTES

Según datos de la revisión curricular realizada a la carrera de ingeniería electrónica en el año 2022, los estudiantes egresados y graduados han expresado la necesidad de realizar más prácticas de laboratorio relacionadas al ejercicio de la profesión y también la actualización de los recursos utilizados, según las nuevas tendencias científico-tecnológicas.

En la asignatura de sistemas de medición estas necesidades deben ser tomadas en consideración dado que tiene como objetivo principal, desarrollar sistemas de adquisición de datos para aplicaciones de control y monitoreo automático de procesos y variables, utilizando las metodologías correspondientes, en concordancia con los estándares comúnmente reconocidos. Cabe añadir que, para dar cumplimiento al objetivo, la asignatura se compone por cuatro unidades temáticas las cuales son:

- Unidad I - Conceptos básicos de mediciones
- Unidad II - Fundamentos de sensores y acondicionadores de señal
- Unidad III - Tecnología para la adquisición de datos
- Unidad IV - Estudio de los sistemas SCADA

Sin embargo, a pesar de la relevancia de esta asignatura en el perfil de egreso de la carrera, las unidades temáticas no se actualizan de manera recurrente, y a la fecha se conocen dos antecedentes locales en la UNI referenciados específicamente a los laboratorios de instrumentos de medición en el área de sensores.

Los estudios fueron propuestos con el objetivo de brindar alternativas adicionales a las prácticas de laboratorio relacionadas al ejercicio de la profesión, conforme al plan temático de la asignatura y en correspondencia con las FOE , en donde a través de prácticas de laboratorios se involucraba: el estudio de conceptos básicos de mediciones, los fundamentos de sensores y sus acondicionadores de señal, y el uso de tecnología para la adquisición de datos.

Como primer antecedente, (Rizo, 2014) presentó un diseño e implementación de guías de laboratorio en la asignatura de sistemas de medición, desarrollando 5 laboratorios los cuales se encuentran enfocados principalmente a dos tipos de sensores de temperatura: RTD y Termocupla, con el fin de fortalecer el balance teórico-practico en los estudiantes. También implementó utilidades del puente de Wheatstone y el amplificador de instrumentación como convertidores y procesadores de las variables, en conjunto con el PIC16F877A que analiza y presenta las señales obtenidas del sistema de medición por medio de la plataforma LabVIEW para desarrollar un sistema de adquisición de datos. Esto debido a que este par de sensores son los que se tienen físicamente en el laboratorio de automatización y control de la FEC, lo que permite que puedan ser simulados o montados de manera física.

Los 5 laboratorios fueron empleados en los estudiantes de cuarto año de la carrera de Ingeniería Electrónica en el año 2014, con el objetivo de fortalecer sus habilidades y destrezas necesarias para el campo laboral y aquellas empresas que se dedican a la instrumentación electrónica. El cumplimiento del objetivo propuesto, se obtuvo evaluando inicialmente el conocimiento previo de los estudiantes y sus estilos de aprendizajes mediante encuestas. Una vez obtenidos los resultados de las encuestas, se procedió a diseñar las guías de laboratorio y la implementación de las mismas en las prácticas de laboratorio de los estudiantes. Finalmente, y posterior a las prácticas realizadas, se implementaron evaluaciones de desempeño a los estudiantes tomando como referencia el cumplimiento de requisitos básicos para aprobar la asignatura, tales como: desempeño en las prácticas de laboratorio, nivel de aprendizaje a través de la comprensión de actividades propuestas, nivel del contenido teórico para comprender los principios de funcionamiento de los sistemas de medición y adquisición de datos, entre otros.

De esta manera se obtuvo como conclusión, que los instrumentos de laboratorio propuestos cumplieron con sus objetivos de mejorar el aprendizaje y comprensión de los sistemas de medición, ya que estos contaron con un grado de aprobación

superior al 80% por parte de los estudiantes en que fueron implementados, lo cual nos indica la necesidad de los mismos aplicado a otros sensores que se abordan en la unidad 2 de la asignatura de sistemas de medición.

En el segundo y último antecedente presentado (Estrada & Lira, 2017) presentaron un diseño de instrumentos de medición y 3 tarjetas de adquisición de datos basadas en el procesamiento del microcontrolador Atmega328, utilizando el lenguaje de programación Processing a través de cinco laboratorios midiendo las variables de temperatura, presión, tensión y corriente por sensores específicos como la PT-100, PX26-030GV, ZMCT102, ZMPT101B, YL-69 y YL-38 siendo procesados por las tarjetas de adquisición de datos que ellos desarrollaron.

El sistema fue evaluado en conjunto con el docente encargado de impartir la clase, para cumplir con los requerimientos de la asignatura, y el contenido de los instrumentos de laboratorio propuestos fue enfocado principalmente en distintos acondicionamientos de señales necesarios para utilizar con las variables a medir, en conjunto con el desarrollo de la programación necesaria para manipular dichas variables. El objetivo de esto era obtener un aprendizaje significativo de los contenidos abordados en cada práctica de laboratorio, para ampliar los conocimientos y desarrollar las destrezas necesarias en el campo laboral de la carrera.

El cumplimiento del objetivo, fue medido mediante rúbricas de evaluación que planteaban cinco criterios en cada guía de laboratorio propuesta. Los criterios fueron evaluados en escalas de 0 a 5, siendo estos los siguientes:

- Claridad del contenido y actividades a desarrollar en las guías.
- Tiempo de ejecución en el desarrollo de las guías.
- Contenido de las guías aplicado al nivel de conocimiento del estudiante.
- Desempeño en el uso de la tarjeta propuesta.
- Cumplimiento de los objetivos propuestos en cada guía.

JUSTIFICACIÓN

La electrónica es la rama de la física y especialización de la ingeniería, que estudia y emplea sistemas cuyo funcionamiento se basa en la conducción y el control del flujo de los electrones u otras partículas cargadas eléctricamente (robolution, s.f.). En consecuencia, se encuentra en constante evolución y las nuevas tendencias tecnológicas requieren de una continua actualización de los planes de estudios y los modelos curriculares de la UNI, siendo la principal casa de estudios de esta ciencia en el país. Tomando en cuenta esta situación hemos podido observar que no existen instrumentos de laboratorio actualizados desde el año 2017, o enfocados a la unidad de fundamentos de sensores y acondicionadores de señal de la asignatura de sistemas de medición de la carrera de Ingeniería Electrónica, lo que esto conlleva a un desfase de al menos 5 años de desactualización tomando en consideración que esta asignatura es pieza fundamental para el desarrollo de proyectos de asignaturas de fin de carrera.

A finales de 2019, cuando inició la pandemia del COVID19, en los períodos altos de infestación los estudiantes estuvieron limitados con el desarrollo del contenido de las asignaturas; alterando y afectando de manera negativa la metodología de enseñanza bajo la modalidad presencial. Esto también demostró que los instrumentos de laboratorios anteriores, no estaban diseñados para tales adversidades pedagógicas y en consecuencia es necesario proponer instrumentos que puedan ser desarrollados desde entornos virtuales o desde casa, en donde el aprendizaje pueda ser evaluado por el docente de manera remota.

En 2020 se actualizaron las guías de instrumentos de laboratorio, pero se limitó a la temática de adquisición de datos, la cual abarca solo una parte de prácticas de esa asignatura. Así mismo, a pesar de que en la actualidad existe un universo de sensores a ser tomados en cuenta y orientados a nuevas tendencias tecnológicas como IoT (Internet of Things), Inteligencia Artificial, Redes 5G, Automatización, entre otras. Los únicos sensores con los que se han trabajado en las prácticas de laboratorio corresponden a la medición de variables físicas de: temperatura,

presión, corriente, voltaje, humedad. No así otras como velocidad, distancia y /o frecuencia.

Encontramos como limitación adicional, que la universidad no cuenta con un plan de inversión a corto plazo para la adquisición de nuevos sensores que puedan ser utilizados para medir otras variables de instrumentación y el laboratorio de instrumentos de medición, cuenta con pocos puestos de trabajos para realizar de manera física las prácticas propuestas en las guías de laboratorio.

Por otro lado también la FEC-UNI, ha ingresado al programa de la UALN¹ cuya labor se enfoca en la enseñanza a distancia y exige nuevos métodos de aprendizaje que se adapten a una enseñanza del tipo virtual, así que nos vemos en la iniciativa de proponer guías de instrumentos de laboratorio y prácticas, que involucren el uso de otros modelos de sensores, que estén enfocados a las nuevas tendencias tecnológicas y sean capaces de medir variables de instrumentación ya estudiadas o adicionales tales como: corriente, voltaje, humedad, velocidad, distancia y de frecuencia de manera simulada con las herramientas utilizadas por la universidad y bajo el modelo ADDIE; incluyendo una nueva modalidad de video-tutoriales de corta duración donde se desarrolla los sensores y circuitos de acondicionamiento de señal que el estudiante a través del aprendizaje cognitivo pueda replicar desde el EVA de la UNI permitiéndole aprender bajo modalidad presencial o en casa.

De esta manera se pretende perfeccionar el aprendizaje significativo en los estudiantes, mediante el diseño de instrumentos de laboratorios actualizados y prácticas que permitan realizar evaluaciones de desempeño tanto presenciales como virtuales. Con el fin de que estos puedan fortalecer los conocimientos, habilidades y actitudes del perfil de egreso del programa de ingeniería electrónica.

¹ Universidad Abierta en Línea de Nicaragua.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar instrumentos de laboratorio para la unidad temática de Sensores y Acondicionadores de Señal de la asignatura Sistemas de Mediciones de la carrera Ingeniería Electrónica que fortalezcan el aprendizaje significativo en los estudiantes.

Objetivos Específicos

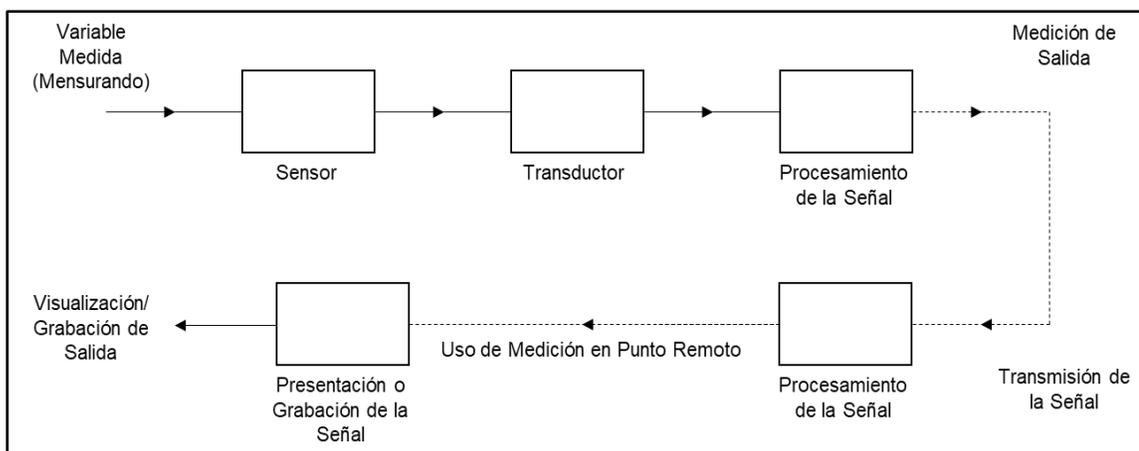
1. Proponer cinco instrumentos de laboratorios utilizando el modelo ADDIE, que podrán ser desarrollados por el estudiante tanto de manera presencial como remota.
2. Implementar en las guías propuestas, la medición de variables físicas de temperatura, distancia y presión.
3. Elaborar videos didácticos que muestren el procedimiento de la guía de laboratorio para que afiance los conocimientos y habilidades de medición electrónica.
4. Evaluar las guías de instrumentos de laboratorio utilizando rúbricas de desempeño, donde se establezcan los criterios de valoración acerca del material propuesto tales como: Precisión, Organización de la guía, entre otros.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Un sistema electrónico de medición es un conjunto de dispositivos electrónicos diseñados para medir diferentes variables físicas o eléctricas, como temperatura, presión, velocidad, corriente, voltaje, entre otras. La estructura básica de un sistema electrónico de medición consta de tres componentes principales: el sensor, el transductor y el acondicionador de señal. Sin embargo, su representación esquemática se puede visualizar en la Figura 1.

Figura 1

Representación esquemática de un sistema de medición



Nota. Adoptado de *Elementos de un sistema de medición*. (Langari & Morris, 2012, pág. 6)

1.1 Sensores

El término sensor se refiere a un elemento que produce una señal relacionada con la cantidad que se está midiendo. Por ejemplo, en el caso de un elemento para medir temperatura mediante resistencia eléctrica, la cantidad que se mide es la temperatura y el sensor transforma una entrada de temperatura en un cambio en la resistencia. (Bolton & Lomel Dáz, 2013, pág. 29) Estos a su vez pueden ser divididos en analógicos y digitales. Donde:

- Se considera análogo si ofrece una salida que sea análoga y de esta manera cambia de forma continua y por lo general tiene una salida cuyo tamaño es

proporcional al tamaño de la variable que se está midiendo. (Bolton & Lomel Dáz, 2013, pág. 29)

- Se considera digital cuando los sistemas ofrecen salidas que son digitales por naturaleza, por ejemplo, una secuencia de señales encendido/apagado principalmente, que arrojan un número cuyo valor se relaciona con el tamaño de la variable que se está midiendo. (Bolton & Lomel Dáz, 2013, pág. 29)

1.2 Transductor

Los elementos de conversión de variables son necesarios cuando la variable de salida de un transductor primario tiene una forma inconveniente y debe convertirse a una forma más conveniente. Por ejemplo, la galga extensiométrica que mide el desplazamiento tiene una salida en forma de resistencia variable. Debido a que el cambio de resistencia no se puede medir fácilmente, se convierte en un cambio de voltaje mediante un circuito puente, que es un ejemplo típico de un elemento de conversión variable. En algunos casos, se combinan el sensor primario y el elemento de conversión variable; a esta combinación se le conoce como transductor. (Langari & Morris, 2012, págs. 4-6)

1.3 Transmisor

Los elementos de procesamiento de señales existen para mejorar la calidad de la salida de un sistema de medición de alguna manera. Un tipo muy común de elemento de procesamiento de señales es el amplificador electrónico, que amplifica la salida del transductor primario o elemento de conversión variable, mejorando así la sensibilidad y resolución de la medición. Otros tipos de elementos de procesamiento de señales son los que filtran el ruido inducido y eliminan los niveles medios, etc. En algunos dispositivos, el procesamiento de señales se incorpora a un transductor, que entonces se conoce como transmisor. (Langari & Morris, 2012, pág. 6)

1.4 Acondicionamiento de Señal

La señal de salida del sensor de un sistema de medición en general se debe procesar de una forma adecuada para la siguiente etapa de la operación. La señal

puede ser, por ejemplo, demasiado pequeña y tener que amplificarse; podría contener interferencias que eliminar; ser no lineal y requerir linealización; ser analógica y requerir digitalización; ser digital y convertirse en analógica; ser un cambio en el valor de la resistencia y convertirse en un cambio de corriente; consistir en un cambio de voltaje y convertirse en un cambio de corriente de magnitud adecuada, etcétera. A todas estas modificaciones se les designa en general con el término acondicionamiento de señal. (Bolton & Lomel Dáz, 2013, pág. 69)

1.5 Medición de Temperatura

Probablemente todos sabemos que la medición de la temperatura es muy importante en todos los ámbitos de la vida. En aplicaciones de ingeniería, es especialmente importante en las industrias de procesos, donde es la variable de proceso que se mide con más frecuencia. Es por tal motivo que los sensores de temperatura se utilizan en una amplia gama de aplicaciones en diversas industrias debido a su importancia en el monitoreo y control de la temperatura. Algunos de los elementos más utilizados para este fin son los siguientes:

1.5.1 RTD PT100

El RTD es un detector de temperatura resistivo basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura (Langari & Morris, 2012, págs. 362-363). El tipo de sensor de RTD más utilizado es con diferencia el PT100 y la característica más importante de este, es que está fabricado con un alambre de platino el cual tiene resistencia eléctrica de 100 ohmios a una temperatura de 0 °C (Instrumentación de Procesos Industriales, s.f.).

La relación entre temperatura y resistencia de conductores en el rango de temperatura cerca de 0°C se calcula a partir de la siguiente ecuación (Cooper & Helfrick, 1991):

$$R_t = R_{ref}(1 + \alpha\Delta t)$$

Donde

$$R_t = \text{resistencia del conductor a la temperatura } t \text{ (}^\circ\text{C)}$$

R_{ref} = resistencia a la temperatura de referencia normalmente 0°C

α = coeficiente de temperatura de referencia

Δt = diferencia entre la temperatura de referencia y la de operación

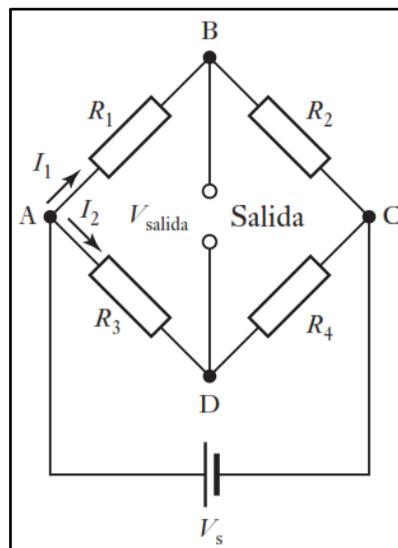
1.5.2 Puente de Wheatstone

Los circuitos puente se utilizan muy comúnmente como elemento de conversión variable en sistemas de medición y producen una salida en forma de nivel de voltaje que cambia a medida que cambia la cantidad física medida. Proporcionan un método preciso para medir valores de resistencia, inductancia y capacitancia y permiten la detección de cambios muy pequeños en estas cantidades con respecto a un valor nominal. (Langari & Morris, 2012, pág. 208)

Debido a que el cambio de resistencia no se puede medir fácilmente, se convierte en un cambio de voltaje mediante un circuito puente como el puente de Wheatstone, que es un ejemplo típico de un elemento de conversión variable. (Cooper & Helfrick, 1991, pág. 358)

Figura 2

Puente de Wheatstone



Nota. Adoptado de *Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. (Bolton & Lomel Dáz, 2013, pág. 84)

En la Figura 2 se muestra la configuración básica de este puente. Cuando el voltaje de salida V_{salida} es cero, el potencial en B debe ser igual al potencial en D. La diferencia de potencial en R_1 , es decir, V_{AB} , debe ser igual a la diferencia en R_3 , o sea, V_{AD} . Por lo tanto, $I_1R_1 = I_1R_2$. También significa que la diferencia de potencial en R_2 , es decir, V_{BC} , debe ser igual a la de R_4 , es decir V_{DC} . Dado que en BD no hay corriente, la de R_2 debe ser igual a la que hay en R_1 y la corriente en R_4 debe ser la misma que en R_3 . Por consiguiente, $I_1R_2 = I_2R_4$. Dividiendo las dos ecuaciones se obtiene:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Y, por tanto, se considera que el puente esta balanceado. (Bolton & Lomel Dáz, 2013, pág. 84)

1.5.3 Amplificador de Instrumentación AD620

El AD620 es un amplificador de instrumentación de bajo costo y alta precisión que requiere solo una resistencia externa para establecer ganancias de 1 a 1000. Por tanto, es ideal para su uso en sistemas de adquisición de datos de precisión, como básculas e interfaces de transductores. (Equipo de Analog Devices, 1999, pág. 1)

El AD620 es un amplificador de instrumentación monolítico basado en una modificación del clásico sistema de tres amplificadores operacionales. El ajuste de valor absoluto permite al usuario programar la ganancia con precisión (hasta 0,15 % en $G = 100$) con una sola resistencia. La construcción monolítica y el ajuste de obleas láser permiten la adaptación y el seguimiento precisos de los componentes del circuito, lo que garantiza el alto nivel de rendimiento inherente a este circuito. La ganancia del amplificador operacional se calcula a partir de la siguiente ecuación (Equipo de Analog Devices, 1999, pág. 10):

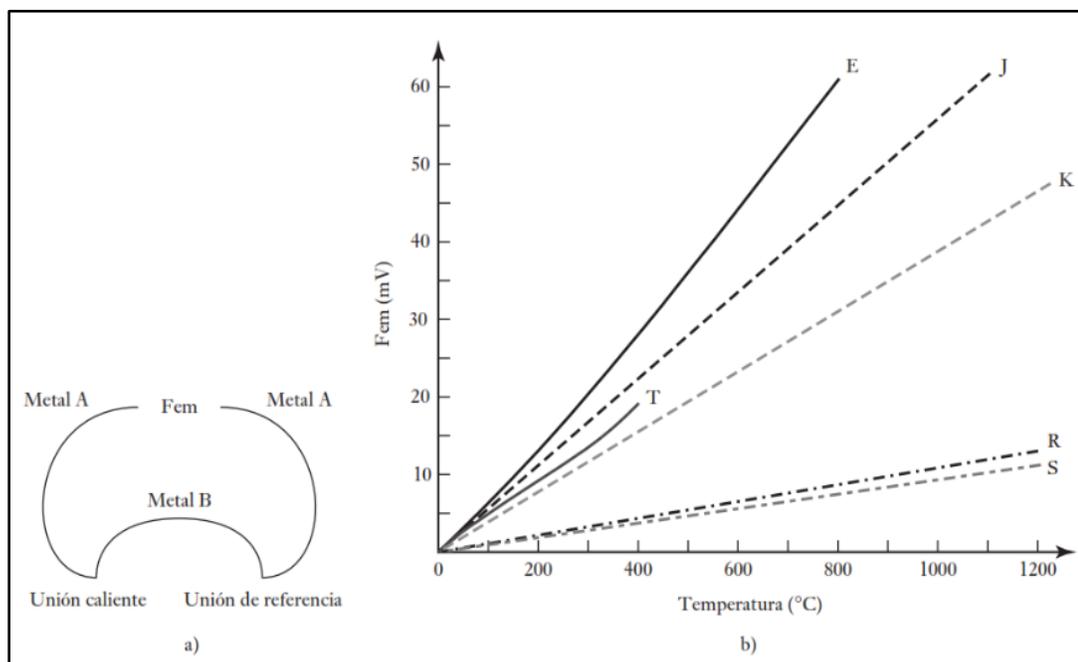
$$G = \frac{49.4K\Omega}{R_G} + 1$$

1.5.4 Termocupla Tipo K

Las termocuplas o también llamados termopares son sensores de temperatura que funcionan aprovechando el efecto Seebeck. Este efecto establece que al unir dos metales diferentes y someter la unión a una diferencia de temperatura, se genera una diferencia de potencial (voltaje) proporcional a la diferencia de temperatura. (Silva, 2016, pág. 397)

Figura 3

Termopar y gráfica fem termoeléctrica-temperatura



Nota. a) Un termopar, b) gráfica fem termoeléctrica-temperatura. Adoptado de *Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. (Bolton & Lomel Dáz, 2013, pág. 59)

Si ambas uniones están a la misma temperatura (Figura 3a), no existe una fem neta. En cambio, si la temperatura es diferente, sí se produce una fem. El valor E de esta fem depende de los dos metales utilizados y de las temperaturas t de ambas uniones. Por lo general una de ellas se mantiene a $0^{\circ}C$, y entonces se cumple, hasta cierto punto,

$$E = at + bt^2$$

donde a y b son las constantes de los metales utilizados. En la tabla 1 se muestran los termopares de uso más común, los intervalos de temperatura en los que se usan y sus sensibilidades características. A estos termopares de uso común se les asignan letras de referencia. Por ejemplo, el de hierro-constantán se conoce como termopar tipo J. La Figura 3b) muestra cómo la fem varía con la temperatura en pares de metales de uso común. (Bolton & Lomel Dáz, 2013, pág. 59)

Tabla 1

Tipos de Termopares

Ref.	Materiales	Intervalo en °C	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
B	Rodio/platino, platino 30%, rodio 6%	0 a 1 800	3
E	Cromel/constantán	-200 a 1 000	63
J	Hierro/constantán	-200 a 900	53
K	Cromel/alumel	-200 a 1 300	41
N	Nirosil/nisil	-200 a 1 300	28
R	Platino/platino con 13% rodio	0 a 1 400	6
S	Platino/platino con 10% rodio	0 a 1 400	6
T	Cobre/constantán	-200 a 400	43

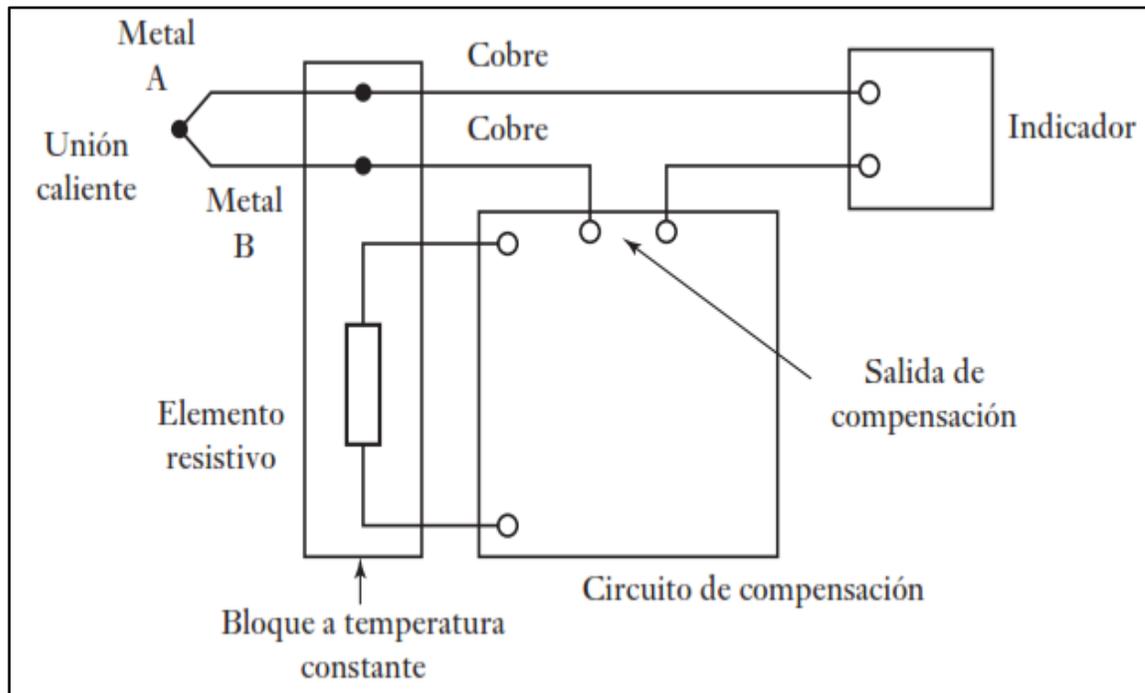
Nota. Adoptado de *Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. (Bolton & Lomel Dáz, 2013, pág. 59)

Para mantener una unión de un termopar a 0°C , por ejemplo, lo tenemos inmerso en una mezcla de hielo y agua, que a menudo no es conveniente. Sin embargo, se puede utilizar un circuito de compensación para ofrecer una fem que varía con la temperatura de la unión fría de tal forma que cuando es añadida a la fem ésta genera una fem combinada que equivale a haberlo estado generando si la unión fría hubiera estado a 0°C (Figura 4).

La fem compensada puede ser provista por el voltaje que proviene a través de un elemento termómetro de resistencia. (Bolton & Lomel Dáz, 2013, pág. 60)

Figura 4

Compensación de unión fría.



Nota. Adoptado de *Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica.* (Bolton & Lomel Dáz, 2013, pág. 60)

1.5.5 Amplificador de Instrumentación AD595

El AD595 es un amplificador de instrumentación completo y un compensador de unión fría de termopar en un chip monolítico. Combina una referencia de punto de hielo con un amplificador precalibrado para producir una salida de alto nivel (10 mV/°C) directamente desde una señal de termopar. Las opciones de fijación de pines permiten su uso como amplificador-compensador lineal o como controlador de punto de ajuste de salida conmutada utilizando control de punto de ajuste fijo o remoto. Se puede utilizar para amplificar su voltaje de compensación directamente, convirtiéndolo así en un transductor Celsius independiente con una salida de voltaje de baja impedancia. (Equipo de Analog Devices, 1999, pág. 1)

Para lograr una salida proporcional a la temperatura de 10 mV/°C y compensar con precisión la unión de referencia en el rango operativo nominal del circuito, el AD594/AD595 tiene una ganancia ajustada para que coincida con la característica de transferencia de los termopares tipo J y K a 25 °C. Para una salida de tipo J en este rango de temperatura, la característica de transferencia es de 51,70 µV/°C, mientras que para una de tipo K es de 40,44 µV/°C. La ganancia resultante para el AD594 es de 193,4 (10 mV/°C dividido por 51,7 µV/°C) y para el AD595 es de 247,3 (10 mV/°C dividido por 40,44 µV/°C). (Equipo de Analog Devices, 1999, pág. 2)

Además, un ajuste de precisión absoluta induce un desfase de entrada en la característica del amplificador de salida de 16 µV para el AD594 y de 11 µV para el AD595. Este desfase surge porque el AD594/AD595 está ajustado para una salida de 250 mV mientras se aplica una entrada de termopar de 25 °C. (Equipo de Analog Devices, 1999, pág. 2)

Debido a que el voltaje de salida de un termopar no es lineal con respecto a la temperatura, y el AD594/AD595 amplifica linealmente la señal compensada, se deben utilizar las siguientes funciones de transferencia para determinar los voltajes de salida reales (Equipo de Analog Devices, 1999, pág. 2):

$$\text{Salida AD595} = (\text{Volt. Termocupla K} + 11\mu\text{V}) \times 247.3$$

$$\text{Voltaje tipo K} = \left(\frac{\text{Salida AD595}}{247.3} \right) - 11\mu\text{V}$$

1.6 Medición de Voltaje y Corriente

En el ámbito de la ingeniería eléctrica y la gestión de energía, la medición precisa de la corriente y el voltaje es esencial para garantizar la seguridad, optimizar la eficiencia y mantener la integridad del o los equipos. Algunos de los elementos que pueden ser utilizados para este fin son los siguientes:

1.6.1 Sensor ACS712T

El Allegro ACS712 proporciona soluciones económicas y precisas para la detección de corriente CA o CC en sistemas industriales, comerciales y de

comunicaciones. El paquete del dispositivo permite una fácil implementación por parte del cliente. Las aplicaciones típicas incluyen control de motores, detección y gestión de cargas, fuentes de alimentación conmutadas y protección contra fallos de sobre corriente. El dispositivo no está diseñado para aplicaciones automotrices. El dispositivo consta de un circuito Hall lineal, preciso y de baja compensación con una ruta de conducción de cobre ubicada cerca de la superficie de la matriz. (Equipo de Allegro Microsystems, 2024, pág. 1)

El efecto Hall es el principio bajo el cual funciona el sensor ACS712T. Básicamente, un sensor de efecto Hall es un dispositivo que se utiliza para medir la magnitud de un campo magnético y consiste en un conductor que transporta una corriente que está alineado ortogonalmente con el campo magnético. Esto produce una diferencia de voltaje transversal a través del dispositivo que es directamente proporcional a la intensidad del campo magnético. (Langari & Morris, 2012, pág. 321)

El conductor de los sensores de efecto Hall suele estar hecho de un material semiconductor en lugar de un metal porque se produce una salida de voltaje mayor para un campo magnético de un tamaño determinado. En un uso común del dispositivo como sensor de proximidad, el campo magnético lo proporciona un imán permanente integrado en el dispositivo. La magnitud de este campo cambia cuando el dispositivo se acerca a cualquier objeto o límite de metal ferroso. (Langari & Morris, 2012, pág. 321)

1.6.2 Sensor FZ0430

El módulo sensor de voltaje FZ0430 es un módulo bastante simple, el cual consiste en un divisor de tensión conformado por dos resistores uno de 7.5K y uno de 30K, con el cual podremos ser capaces de reducir el voltaje medido en una razón de 0.2 y por lo tanto seremos capaces de medir una tensión máxima de 25 V con procesador de 5V y 16.5 V con un procesador de 3.3V.

El módulo cuenta con 2 bornes donde se debe conectar la tensión a medir, los cuales tienen polaridad, así mismo cuenta con 3 pines, lo cuales son:

- + = Referencia positiva de 3.3 a 5V
- - = Referencia negativa
- S = Señal

Debido a su forma de funcionamiento, con este módulo sólo podemos medir tensión DC, para medir AC tendríamos que primero rectificar la tensión. (Arrieta, 2019)

1.7 Medición de Distancia y Humedad Relativa

En el ámbito de la ingeniería electrónica, la medición precisa de parámetros físicos como la distancia y la humedad relativa juega un papel fundamental en el desarrollo de diversos sistemas y aplicaciones. Algunos de los elementos que pueden ser utilizados para este fin son los siguientes:

1.7.1 Sensor HC-SR04

Los dispositivos ultrasónicos se utilizan en muchos campos de la medición, particularmente para medir caudales de fluidos, niveles de líquidos y desplazamientos traslacionales. (Langari & Morris, 2012, pág. 332)

El ultrasonido es una banda de frecuencias en el rango superior a 20 kHz, es decir, por encima del rango sonoro que los humanos habitualmente pueden oír. Los dispositivos de medición que utilizan ultrasonido constan de un dispositivo que transmite una onda de ultrasonido y otro dispositivo que recibe la onda. Los cambios en la variable medida se determinan midiendo el cambio en el tiempo que tarda la onda ultrasónica en viajar entre el transmisor y el receptor o, alternativamente, midiendo el cambio de fase o frecuencia de la onda transmitida. (Langari & Morris, 2012, pág. 332)

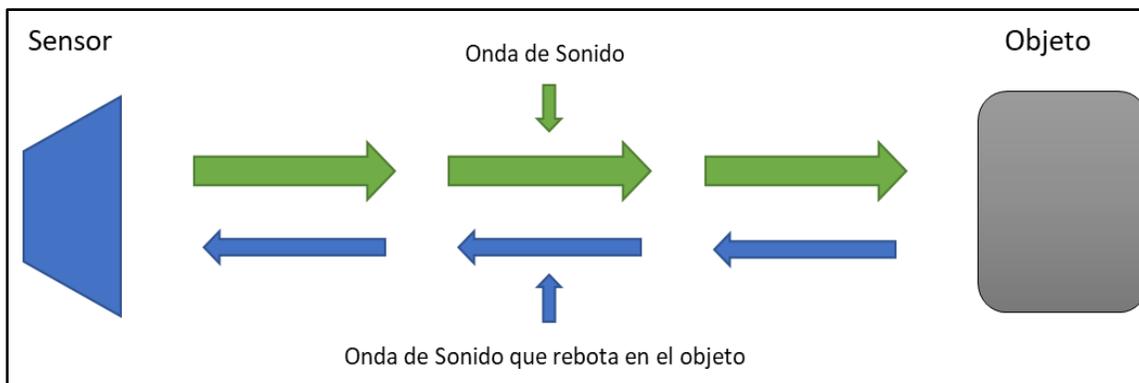
El sensor ultrasónico HC-SR04 envía una onda de sonido a una frecuencia específica. Luego escucha esa onda de sonido específica para rebotar en un objeto y regresar (Figura 5). El sensor realiza un seguimiento del tiempo entre el envío de la onda de sonido y su retorno. La velocidad del sonido se puede calcular en función de una variedad de condiciones atmosféricas, incluidas la temperatura, la humedad y la presión. Por tanto, si sabes qué tan rápido va algo y cuánto tiempo

viaja, puedes encontrar la distancia recorrida con la ecuación 1. (Morgan, 2014, pág. 1)

Ecuación 1. $d = v \times t$

Figura 5

Diagrama de funcionamiento de sensor ultrasónico



Nota. Adoptado de *HC-SR04 Sensor Ultrasónico*. (Morgan, 2014, pág. 1)

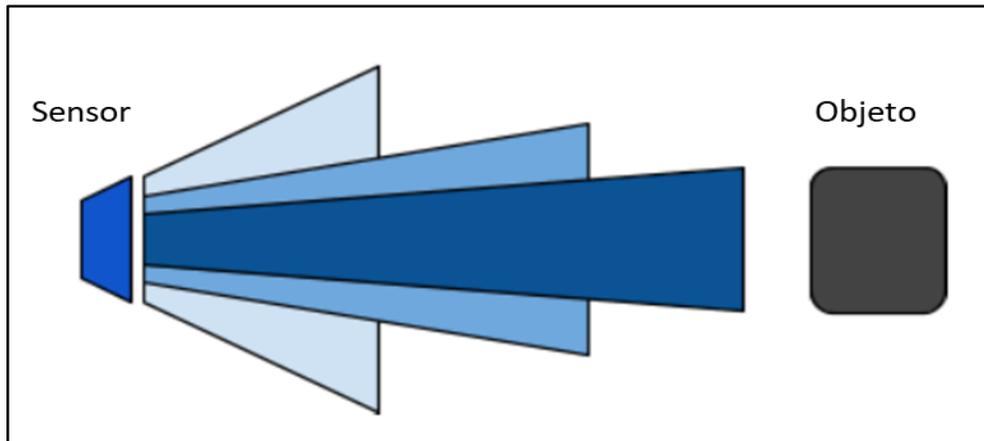
Este sensor además tiene un cono de detección y el ángulo de este cono varía con la distancia, la Figura 6 muestra esta relación. La capacidad del sensor para detectar un objeto también depende de la orientación de los objetos respecto al sensor. Si un objeto no presenta una superficie plana al sensor, entonces es posible que la onda de sonido rebote en el objeto de manera que no regrese al sensor. (Morgan, 2014, págs. 1-2)

El HCSR04 tiene cuatro pines: VCC, GND, TRIG y ECHO. Todos estos pines tienen funciones diferentes. Los pines VCC y GND son los más simples: alimentan al HCSR04. Estos pines deben estar conectados a una fuente de +5V y tierra, respectivamente. Hay un solo pin de control: el pin TRIG. El pin TRIG es responsable de enviar la ráfaga ultrasónica. Este pin debe configurarse en ALTO durante 10µs, momento en el cual el HCSR04 enviará una ráfaga sónica de ocho ciclos a 40 kHz. Después de enviar una ráfaga sónica, el pin ECHO se pondrá en ALTO. El pin ECHO es el pin de datos que se usa para tomar medidas de distancia. Después de enviar una ráfaga ultrasónica, el pin se pondrá ALTO y

permanecerá alto hasta que se detecte una ráfaga ultrasónica, momento en el que se pondrá BAJO. (Morgan, 2014, pág. 3)

Figura 6

Cono de detección de sensor ultrasónico

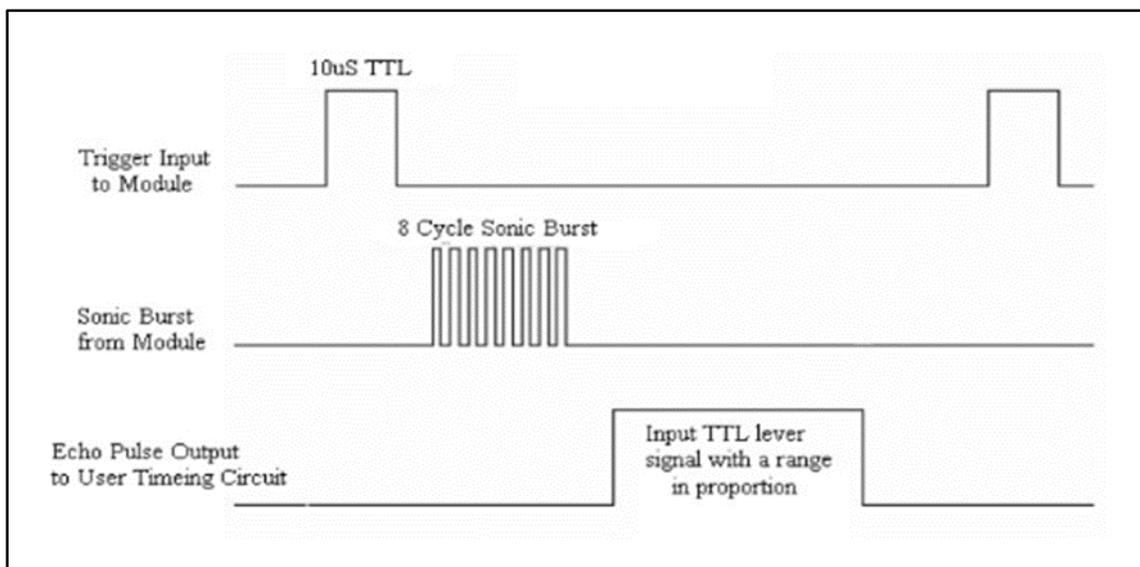


Nota. Adoptado de *HC-SR04 Sensor Ultrasónico*. (Morgan, 2014, pág. 2)

En la Figura 7 se puede observar de manera detallada el diagrama de tiempo con el cual el sensor puede obtener los valores de distancia medidos.

Figura 7

Diagrama de Tiempo



Nota. Adoptado de *HC-SR04 Sensor Ultrasónico*. (Morgan, 2014, pág. 3)

Para interpretar la lectura del tiempo en una distancia, debes cambiar la ecuación 1. El reloj del dispositivo que estás usando probablemente contará en microsegundos o menos. Para usar la ecuación 1, se debe determinar la velocidad del sonido, que es 343 metros por segundo a temperatura y presión estándar. Para convertir esto en una forma más útil, usa la ecuación 2 para cambiar de metros por segundo a microsegundos por centímetro. Luego, se puede utilizar la ecuación 3 para calcular fácilmente la distancia en centímetros. (Morgan, 2014, pág. 3)

$$\text{Ecuación 2. } Distancia = \frac{Velocidad}{170.15 \text{ m}} \times \frac{Metros}{100 \text{ cm}} \times \frac{1e^6 \mu S}{170.15 \text{ m}} \times \frac{58.772 \mu S}{\text{cm}}$$

$$\text{Ecuación 3. } Distancia = \frac{tiempo}{59} = \frac{\mu S}{\mu S/cm} = \text{cm}$$

1.7.2 Sensor DHT11

La humedad relativa (HR) es la relación entre la presión de vapor real del aire a cualquier temperatura y la presión de vapor de saturación máxima a la misma temperatura. (Fraden, 2010, pág. 446)

El sensor DHT11 se compone de un elemento para medición de humedad de tipo resistivo y un termistor NTC para medición de temperatura. Los cuales se conectan a un microcontrolador de 8 bits de alto rendimiento para ofrecer excelente calidad, rápida respuesta, inmunidad a interferencias y de bajo costo. (Equipo de Mouser Electronics, pág. 3)

Cada elemento DHT11 está calibrado estrictamente en el laboratorio, lo que lo hace extremadamente preciso en la calibración de humedad. Los coeficientes de calibración se almacenan como programas en la memoria OTP, que son utilizados por el proceso de detección de señal interna del sensor. La interfaz serial de un solo cable hace que la integración del sistema sea rápida y sencilla.

1.8 Medición de Presión Atmosférica y Altitud

En el ámbito de la ingeniería electrónica, la medición precisa de la presión atmosférica es crucial para una amplia gama de aplicaciones, desde sistemas de navegación aérea y estaciones meteorológicas hasta dispositivos portátiles de

monitoreo ambiental. Para este propósito el sensor BMP180, desarrollado por Bosch Sensortec, se ha convertido en una herramienta popular debido a su tamaño compacto, bajo consumo de energía, alta precisión y facilidad de uso.

1.8.1 Sensor BMP180

El BMP180 es el sucesor compatible con funciones del BMP085, una nueva generación de sensores de presión digitales de alta precisión para aplicaciones de consumo. La electrónica de bajo voltaje y potencia ultra baja del BMP180 está optimizada para su uso en teléfonos móviles, PDA, dispositivos de navegación GPS y equipos para exteriores. El BMP180 se basa en tecnología piezorresistiva para brindar robustez EMC, alta precisión y linealidad, así como estabilidad a largo plazo. (Equipo de Bosch, 2013, pág. 3)

1.9 Hardware de Adquisición de Datos

El término adquisición de datos (DAQ) suele usarse con frecuencia en sistemas en cuyas entradas desde los sensores están convertidas a la forma digital para procesamiento, análisis y exhibición en una computadora. Por lo tanto, los sistemas contienen: sensores, cableado para conectar los sensores para el acondicionamiento de señal para llevar a cabo tal vez la filtración y la amplificación, la adquisición de datos del hardware para desempeñar funciones como conversión de entrada a formato digital y conversión de señales de salida al formato análogo para los sistemas de control, la computadora y el software de adquisición de datos. El software lleva a cabo análisis de las señales de entrada digitales. Dichos sistemas están también diseñados para ejercer funciones de control. (Bolton & Lomel Dáz, 2013, pág. 151)

1.9.1 Atmega328P

El Atmel® ATmega328P es un microcontrolador CMOS de 8 bits y bajo consumo basado en la arquitectura RISC mejorada AVR®. Al ejecutar instrucciones potentes en un solo ciclo de reloj, el ATmega328P alcanza rendimientos cercanos a 1 MIPS por MHz, lo que permite al diseñador del sistema optimizar el consumo de energía en función de la velocidad de procesamiento.

El núcleo AVR® combina un conjunto de instrucciones completo con 32 registros de trabajo de propósito general. Los 32 registros están conectados directamente a la unidad lógica aritmética (ALU), lo que permite acceder a dos registros independientes en una sola instrucción ejecutada en un ciclo de reloj. La arquitectura resultante es más eficiente en el uso del código y logra rendimientos hasta diez veces más rápidos que los microcontroladores CISC convencionales.

El Atmel® ATmega328P ofrece las siguientes características: 32K bytes de memoria flash programable en el sistema con capacidades de lectura y escritura, 1K bytes de EEPROM, 2K bytes de SRAM, 23 líneas de E/S de propósito general, 32 registros de trabajo de propósito general, tres temporizadores/contadores flexibles con modos de comparación, interrupciones internas y externas, un USART serial programable, una interfaz serial de 2 cables orientada a bytes, un puerto serial SPI, un ADC de 10 bits y 6 canales (8 canales en paquetes TQFP y QFN/MLF), un temporizador de vigilancia programable con oscilador interno y cinco modos de ahorro de energía seleccionables por software. El modo inactivo detiene la CPU mientras permite que la SRAM, los temporizadores/contadores, el USART, la interfaz serial de 2 cables, el puerto SPI y el sistema de interrupción sigan funcionando. El modo de apagado guarda el contenido de los registros, pero congela el oscilador, deshabilitando todas las demás funciones del chip hasta la siguiente interrupción o reinicio del hardware. En el modo de ahorro de energía, el temporizador asincrónico continúa funcionando, lo que permite al usuario mantener una base de temporizador mientras el resto del dispositivo está en reposo.

El modo de reducción de ruido del ADC detiene la CPU y todos los módulos de E/S excepto el temporizador asincrónico y el ADC, para minimizar el ruido de conmutación durante las conversiones del ADC. En el modo de espera, el oscilador de cristal/resonador está funcionando mientras el resto del dispositivo está en reposo. Esto permite un arranque muy rápido combinado con un bajo consumo de energía.

El dispositivo está fabricado utilizando la tecnología de memoria no volátil de alta densidad de Atmel. La memoria flash ISP en el chip permite que la memoria del programa se re programe en el sistema a través de una interfaz serial SPI, mediante un programador de memoria no volátil convencional o mediante un programa de arranque en el chip que se ejecuta en el núcleo del AVR. El programa de arranque puede utilizar cualquier interfaz para descargar el programa de aplicación en la memoria flash de aplicación. El software en la sección de memoria flash de arranque seguirá ejecutándose mientras se actualiza la sección de memoria flash de aplicación, lo que proporciona una verdadera operación de lectura mientras se escribe. Al combinar una CPU RISC de 8 bits con una memoria flash autoprogramable en el sistema en un chip monolítico, el ATmega328P de Atmel es un potente microcontrolador que proporciona una solución sumamente flexible y rentable para muchas aplicaciones de control integradas.

El AVR ATmega328P es compatible con un conjunto completo de herramientas de desarrollo de programas y sistemas, entre las que se incluyen: compiladores de C, ensambladores de macros, depuradores/simuladores de programas, emuladores en circuito y kits de evaluación. (Equipo de Atmel, 2015, págs. 6-7)

1.9.2 Proteus 8.1

Proteus VSM (Virtual System Modelling) es un producto innovador para ingenieros electrónicos que ofrece un nuevo enfoque para el desarrollo y la depuración de sistemas integrados. Simulación de microcontroladores y SPICE en modo mixto con captura esquemática y diseño de PCB. También proporciona una plataforma de desarrollo única para el ingeniero integrado. Le permite especificar un programa (archivo HEX, archivo COF, archivo ELF/DWARF2, archivo UBROF, etc.) como una propiedad de la parte del microcontrolador en el esquema y durante la simulación le mostrará los efectos del programa en el esquema que ha creado.

Puede cambiar su 'hardware' reconectando el esquema, cambiando los valores de los componentes para resistencias, capacitores, etc. y eliminando o agregando nuevos componentes al diseño. Puede cambiar su firmware en el IDE de su

elección y, una vez compilado, probar el nuevo código en el nuevo sistema con solo presionar un botón. Esto le brinda total libertad para experimentar con diferentes ideas y encontrar la solución de diseño óptima para su proyecto. El esquema sirve como un "prototipo virtual" para el firmware y es rápido y fácil hacer cambios en ambos.

Normalmente, los ingenieros dedican tanto tiempo a buscar y solucionar problemas y a probar proyectos como a crearlos en primer lugar. Esta es un área en la que Proteus VSM sobresale. Cuando se establece un punto de interrupción en el código, todo el sistema se detiene cuando se alcanza esa línea de código. Cuando se ejecuta un solo paso, todo el sistema avanza, mostrándole los efectos de la ejecución de esa línea de código en el esquema (prototipo virtual). Esto hace que sea más fácil determinar dónde se encuentra un problema en particular y si el diseño del software o el diseño del hardware son los responsables. Dado que el esquema sirve como hardware, es perfectamente posible dividir las tareas y que una persona desarrolle el diseño de la PCB mientras que otra utiliza el esquema como base para escribir, probar y depurar el firmware. Esto significa que cuando finalmente llega el prototipo físico del fabricante, el firmware ya se ha completado y probado. Como el sistema ha sido depurado y probado en software, requerirá menos iteraciones de diseño físico y, por lo tanto, el producto estará listo para el mercado más pronto. (Equipo de Labcenter Electronics, 1988)

1.9.3 Arduino IDE

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fáciles de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirlas en una salida (activar un motor, encender un LED o publicar algo en línea). Puedes indicarle a tu placa qué hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador de la placa. Para ello, utilizas el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el software Arduino (IDE), basado en Processing.

A lo largo de los años, Arduino ha sido el cerebro de miles de proyectos, desde objetos cotidianos hasta instrumentos científicos complejos. Una comunidad

mundial de creadores (estudiantes, aficionados, artistas, programadores y profesionales) se ha reunido en torno a esta plataforma de código abierto; sus contribuciones han sumado una increíble cantidad de conocimiento accesible que puede ser de gran ayuda tanto para principiantes como para expertos.

Arduino nació en el Ivrea Interaction Design Institute como una herramienta sencilla para la creación rápida de prototipos, dirigida a estudiantes sin conocimientos previos de electrónica y programación. Tan pronto como llegó a una comunidad más amplia, la placa Arduino comenzó a cambiar para adaptarse a nuevas necesidades y desafíos, diferenciando su oferta desde simples placas de 8 bits hasta productos para aplicaciones IoT, wearables, impresión 3D y entornos integrados. (Equipo de Arduino, 2018)

1.10 Aprendizaje Significativo

Según (Ausubel, 2002), el aprendizaje significativo se caracteriza por edificar los conocimientos de forma armónica y coherente, por lo que es un aprendizaje que se construye a partir de conceptos sólidos. Parece una serie de vasos comunicantes que se interconectan unos con otros formando redes de conocimientos. Allí, el discernimiento establece niveles cognoscitivos de comprensión e interpretación de la realidad concreta; por esta razón, lo que interesa es cómo los conocimientos nuevos se integran a los preexistentes y estos a la estructura cognitiva del sujeto. El propósito es que, estos conocimientos, perduren en el tiempo.

1.11 Modelo ADDIE para el diseño instruccional

Este modelo es uno de los más utilizados para el diseño instruccional, empleado habitualmente en los procesos educativos. El acrónimo ADDIE, se encuentra estructurado por las palabras que conforman sus cinco fases, las cuales son: analize (análisis), designe (diseño), develop (desarrollo), implement (implementación) y evaluate (evaluación). En cada una de las fases se valora o evalúa los productos y evidencias de aprendizaje empleados en cada etapa del modelo lo que hace que este sea flexible, ya que las fases pueden desarrollarse de forma paralela, es decir al mismo tiempo, lo que otorga efectividad y calidad en

los procesos. La parte central de este modelo es conducir al aprendizaje autónomo del estudiante. (Hernández Rozo & David Lobo, 2021, pág. 30)

1.12 Guías de Laboratorios

Una guía de laboratorio es una herramienta didáctica que tiene como objetivo guiar a los estudiantes en la realización de prácticas experimentales. Entre los aspectos pedagógicos y didácticos que se deben considerar al diseñar una guía de laboratorio se encuentran:

Objetivos de la práctica: La guía debe establecer claramente los objetivos de la práctica, indicando qué habilidades y conocimientos se espera que los estudiantes adquieran al finalizar la práctica.

- Descripción del experimento: La guía debe incluir una descripción detallada del experimento, con información sobre los materiales, el procedimiento y las precauciones de seguridad que se deben tener en cuenta.
- Preguntas orientadoras: La guía debe incluir preguntas orientadoras que ayuden a los estudiantes a reflexionar sobre los resultados obtenidos y a comprender el significado de los mismos.
- Actividades previas y posteriores a la práctica: La guía puede incluir actividades previas y posteriores a la práctica, como lecturas, investigaciones y discusiones en clase, que ayuden a los estudiantes a contextualizar el experimento y a comprender su importancia.
- Evaluación de la práctica: La guía debe incluir una sección dedicada a la evaluación de la práctica, indicando cómo se evaluará el desempeño de los estudiantes y qué criterios se utilizarán para la calificación.
- Bibliografía: La guía debe incluir una bibliografía con referencias a los textos y fuentes utilizadas para la elaboración de la práctica, lo que permite a los estudiantes profundizar en el tema y ampliar su conocimiento.
- Uso de la tecnología: En la actualidad, la tecnología es un recurso importante en la enseñanza de las ciencias, por lo que se pueden incluir en la guía de laboratorio elementos multimedia, videos explicativos, simulaciones virtuales y otros recursos que enriquezcan la experiencia de aprendizaje.

En resumen, una guía de laboratorio efectiva debe ser clara, detallada, orientadora, contextualizada, evaluativa, bibliográfica y tecnológica, con el fin de garantizar que los estudiantes adquieran los conocimientos y habilidades necesarios para desarrollarse en el ámbito de la ciencia y la tecnología.

1.13 E-learning

Definimos e-learning como la instrucción impartida desde un dispositivo digital (como una computadora de escritorio, una computadora portátil, una tableta o un teléfono inteligente) que está destinado a respaldar el aprendizaje. Los cursos de e-learning incluyen tanto contenido (es decir, información) como métodos de instrucción (es decir, técnicas) que ayudan a las personas a aprender el contenido. (Clark & Mayer, 2016, pág. 8)

Los cursos e-learning se imparten a través de dispositivos digitales que utilizan palabras en forma de texto hablado o impreso e imágenes como ilustraciones, fotografías, animaciones o videos. Algunas formas de aprendizaje electrónico, llamadas aprendizaje electrónico asincrónico, están disponibles a pedido y están diseñadas para el autoaprendizaje individual. Otros formatos, llamados aprendizaje electrónico sincrónico, aulas virtuales o seminarios web, están diseñados para la capacitación en tiempo real dirigida por un instructor. (Clark & Mayer, 2016, pág. 9)

1.13.1 Software ActivePresenter Free Edition Version 9.1.4

ActivePresenter es un software de creación líder que simplifica su experiencia de diseño de aprendizaje electrónico. Se destaca del resto como una herramienta fácil de usar y rica en funciones para múltiples escenarios, que incluyen:

- Diseñar cursos interactivos de alta calidad para el aprendizaje en la escuela y el lugar de trabajo.
- Crear simulaciones de software interactivas con tecnología de captura de pantalla inteligente.
- Desarrollar evaluaciones y juegos educativos.
- Crear o grabar videos con herramientas de captura de pantalla y edición.

- Convertir presentaciones de PowerPoint existentes en cursos de aprendizaje electrónico.

Así mismo aprovecha el soporte de alto nivel de respuesta, HTML5, SCORM y xAPI, el contenido creado con ActivePresenter puede ejecutarse perfectamente en cualquier dispositivo e integrarse con casi todos los sistemas de gestión de aprendizaje (LMS). La salida de video (MP4, WebM, MKV, WMV, AVI) también se puede cargar en sitios web para compartir videos. (Equipo de Atomi Systems, 2023)

CAPÍTULO II. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

2.1 Diseño Metodológico

La investigación realizada fue de tipo aplicada, ya que se requería solucionar un problema brindando actualizaciones a la asignatura de sistemas de medición en la temática de sensores a través la elaboración de instrumentos de laboratorio y utilizando adicionalmente el enfoque pedagógico cognitivista.

Por tanto y con el fin de dar cumplimiento a los objetivos propuestos, este trabajo fue segmentado en etapas de desarrollo que involucran: análisis, diseño, verificación y evaluación de los instrumentos de laboratorio correspondiente a la temática de Sensores y Acondicionadores de Señal de la asignatura Sistemas de Medición. La división de cada etapa y su función, consistió en lo siguiente:

2.1.1 Etapa 1. Análisis de objetivos y contenido de la asignatura.

- Se estudiaron los objetivos particulares y el contenido (temáticas) correspondiente a la Unidad II de la asignatura de Sistemas de Medición.
- Se analizaron las recomendaciones metodológicas dispuestas en el proceso de mejoramiento y actualización curricular del año 2020.

2.1.2 Etapa 2. Diseño de cinco guías de laboratorios

Para cada guía de laboratorio se utilizó la placa de desarrollo Arduino, considerando que los estudiantes según el pensum, no han recibido la clase correspondiente a los microcontroladores. El contenido específico a cada práctica de laboratorio tenía que incluir lo siguiente:

- **Laboratorio 1: Medición de temperatura con sensor PT100.** Uso del sensor PT100 para medir la variable física de temperatura, en conjunto con el amplificador de instrumentación AD620.
- **Laboratorio 2: Medición de temperatura con Termocupla tipo K.** Uso de termocupla tipo K, en conjunto con el amplificador de instrumentación AD595 para medir la variable física de temperatura.

- **Laboratorio 3: Medición de corriente, voltaje y cálculo de potencia en DC con sensores ACS712T y FZ0430.** Uso del sensor ACS712T, en conjunto con el sensor FZ0430 para medir corriente, voltaje y potencia en DC. La potencia obtenida podrá ser calculada según los datos obtenidos de los sensores.
- **Laboratorio 4: Medición de distancia y humedad relativa con sensores HC-SR04 y DHT11.** Uso del sensor ultrasónico HC-SR04 para medir la distancia entre dos puntos. El sensor de humedad DHT11 será utilizado para medir humedad relativa y temperatura del entorno.
- **Laboratorio 5: Medición de Presión Atmosférica con sensor BMP180.** Uso del sensor BMP180 para medir la presión atmosférica, temperatura y altitud de un entorno.

Sin embargo, también es conveniente mencionar que de manera general todas las guías de laboratorio debían contener lo siguiente:

- Ejercicios para realizar simulaciones con el software Proteus para así cuantificar los datos obtenidos.
- Preguntas acerca de la simulación realizada, demostración de cálculos y análisis del tema con propuestas de posibles soluciones a problemáticas en entorno real.

2.1.3 Etapa 3: Elaboración de videos como material de apoyo.

- A cada guía de laboratorio se le elaboró un video correspondientes al procedimiento de temática en estudio de tal manera que los estudiantes pudieran realizar la simulación del circuito propuesto de manera satisfactoria.

2.1.4 Etapa 4: Elaboración de manual de apoyo, para el docente.

- A cada guía de laboratorio se le realizó un solucionario como manual de apoyo correspondiente a la temática en estudio.

- El solucionario fue utilizado únicamente por el docente, ya que en este se mostraban las respuestas de cada ejercicio propuesto en las guías de laboratorio.

2.1.5 Etapa 5: Evaluación de guías.

- Las guías de laboratorio pudieron ser evaluadas en conjunto tanto del docente encargado de impartir la asignatura de sistemas de medición, como por parte de los estudiantes utilizando rúbricas de desempeño. De esta manera, el docente y el estudiante pudieron aportar puntos de vista acerca del diseño planteado en cada guía propuesta.

2.2 Desarrollo metodológico

En el ámbito de la educación en ingeniería, los instrumentos de laboratorio desempeñan un papel fundamental para el aprendizaje práctico y la comprensión profunda de conceptos teóricos. Por tanto, el desarrollo metodológico se ejecutó tomando en cuenta las posibles limitaciones económicas tanto de la UNI como de sus estudiantes; el uso de tecnologías de bajo coste en el mercado nacional e internacional y el uso de software libre, para el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

La investigación desarrollada se caracteriza por su enfoque aplicado y orientado a solucionar la necesidad de actualizar la asignatura de Sistemas de Medición en la temática de sensores. Para ello, se elaboraron instrumentos de laboratorio y se implementó el enfoque pedagógico cognitivista, promoviendo un aprendizaje activo y significativo en los estudiantes. En consecuencia, el trabajo fue segmentado en diferentes etapas siguiendo el modelo instruccional ADDIE de la siguiente manera:

- Etapa de Análisis: Se identificaron las necesidades específicas de la asignatura y las características de los instrumentos de laboratorio disponibles.
- Etapa de Diseño: Se plantearon los objetivos de aprendizaje, las estructuras y formatos de los instrumentos de laboratorio y también los materiales a utilizar para desarrollar cada práctica de laboratorio.

- Etapa de Desarrollo: Se estructuró el contenido de los instrumentos de laboratorio en conjunto con el material complementario para realizar cada una de las prácticas propuestas, tales como: los solucionarios y los videos demostrativos correspondiente a cada guía de laboratorio.
- Implementación: Se utilizaron los instrumentos de laboratorios propuestos para uso de los estudiantes de la asignatura de sistemas de medición.
- Etapa de Evaluación: Mediante rúbricas de desempeño fueron evaluados los instrumentos de laboratorios desarrollados en el contexto de la asignatura y se recopiló la retroalimentación tanto de los estudiantes como del docente.

A través de este proceso metodológico, fue posible crear los instrumentos de laboratorio actualizados, que permitieron fortalecer la enseñanza de la temática de sensores en la asignatura de Sistemas de Medición. Los detalles correspondientes a cada etapa para dar cumplimiento a los objetivos propuestos se presentan a continuación.

2.3 Etapa de análisis

Los instrumentos de laboratorios fueron diseñados para estudiantes del turno diurno de cuarto año de la carrera de ingeniería electrónica, que comprenden un rango de edad entre 19 y 21 años. Así mismo, era conveniente tomar en consideración que las prácticas propuestas debían ser realizadas en un lapso aproximado de máximo 100 minutos mediante clases presenciales.

En consecuencia y para obtener mayor información acerca del contenido que debía incluir cada guía de laboratorio, se realizó una entrevista² al actual docente de la asignatura de sistemas de medición Ing. Álvaro Antonio Gaitán, con el fin de profundizar acerca del programa que contempla la Unidad II correspondiente a Fundamentos de Sensores y acondicionadores de señal. Y con la entrevista realizada se obtuvo la siguiente información:

² Ver entrevista en Anexo 1

- Es requerido que las nuevas tendencias sean incorporadas poco a poco en los programas de la asignatura, a fin de fortalecer el desarrollo de las prácticas realizadas de tal manera que los estudiantes pudieran crear diseños de pequeños sistemas de mediciones con controladores programables (microcontroladores, raspberry pi, entre otros) ya que, las guías utilizadas de Sensores y Acondicionadores de Señal son principalmente compuestas por circuitos de montajes analógicos.
- En el área de sensores no se habían actualizado las guías desde el año 2014, y por lo tanto era conveniente actualizar las mismas.
- Las guías de instrumentos de laboratorios dedicadas a la temática de sensores, se encontraban principalmente enfocadas al uso de sensores de temperatura. Sin embargo, los estudiantes podrían trabajar adicionalmente con:
 - Sensores de medición de corriente, voltaje y potencia eléctricos de DC y AC.
 - Sensores de medición de humedad.
 - Sensores ultrasónicos.
 - Sensores de presión.
 - Sensores de flujo.
 - Galgas extensométricas o celdas de carga.
 - Acelerómetros.
 - Medidores de RPM.
- Se requería adicionalmente que los instrumentos de laboratorio enfocados al área de sensores, fueran adaptados bajo el Modelo de aprendizaje ADDIE, con el fin de que los estudiantes puedan aprender acerca de la temática de manera significativa.

Una vez que la información obtenida a través de la entrevista fue recopilada para elaborar las propuestas de instrumentos de laboratorio, fue posible proceder con el desarrollo de la siguiente etapa de ejecución, correspondiente al diseño de las guías de laboratorio.

2.4 Etapa de diseño

La elaboración de los instrumentos de laboratorio tenía como fin formar guías actualizadas, personalizadas y mejor descritas tanto para el estudiante como para el docente. De esta manera las guías de laboratorio podrían ser utilizadas no solo como referencia, sino que también como herramientas que involucran referencias de libros, material de apoyo actualizado y prácticas específicas de simulación utilizando el programa Proteus.

Por tanto, fue necesario analizar diversas opciones para proponer un nuevo formato de guías de laboratorios de tal manera que la nueva propuesta estuviera actualizada y adaptada a satisfacer los requerimientos de la asignatura, del docente y de los estudiantes. En consecuencia, se valoraron a manera de referencia tres distintas estructuras de guías de laboratorio provenientes de distintos trabajos monográficos.

Dos de las referencias analizadas corresponden a propuestas monográficas realizadas a la Universidad Nacional de Ingeniería y dirigidas a la facultad de Electrotecnia y Computación para optar al título de Ingeniería Electrónica. En la primera referencia monográfica (Rizo, 2014), se presentó un diseño e implementación de guías de laboratorio en la asignatura de sistemas de medición, desarrollando 5 laboratorios los cuales se encuentran enfocados principalmente a dos tipos de sensores de temperatura: RTD y Termocupla, con el fin de fortalecer el balance teórico-práctico en los estudiantes. También fue utilizado el puente de Wheatstone y el amplificador de instrumentación como convertidores y procesadores de las variables, en conjunto con el PIC16F877A que analiza y presenta las señales obtenidas del sistema de medición por medio de la plataforma LabVIEW para desarrollar un sistema de adquisición de datos.

En la segunda referencia monográfica (Estrada & Lira, 2017), se presentó un diseño de instrumentos de medición y 3 tarjetas de adquisición de datos basadas en el procesamiento del microcontrolador Atmega328, utilizando el lenguaje de programación Processing a través de cinco laboratorios midiendo las variables de temperatura, presión, tensión y corriente por sensores específicos como la PT-

100, PX26-030GV, ZMCT102, ZMPT101B, YL-69 y YL-38 siendo procesados por las tarjetas de adquisición de datos que los integrantes de esta monografía desarrollaron.

Finalmente, la última referencia se obtuvo de una propuesta monográfica realizada a la Universidad del Valle de Guatemala dirigida a la facultad de Ciencias y Humanidades para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Electrónica.

En esta (Morales Solórzano, 2003), se presentaron 13 prácticas de laboratorios para fortalecer el aprendizaje en el uso de: Diodos de propósito general y Diodos Zener. Así mismo se fueron propuestas 12 prácticas para fortalecer el aprendizaje en el uso de Transistores y Amplificadores Operacionales, de tal manera que los estudiantes desarrollen la capacidad de diseño e implementen sus propios circuitos electrónicos.

A pesar de que la temática de esta última referencia es diferente, las estructuras de las guías fueron el objetivo principal por el cual se utilizó como parte de las referencias para la elaboración de un nuevo formato de guías de laboratorio. De tal manera que con la información obtenida fue posible comparar las características de cada guía de manera detallada, como se muestra en la Figura 8.

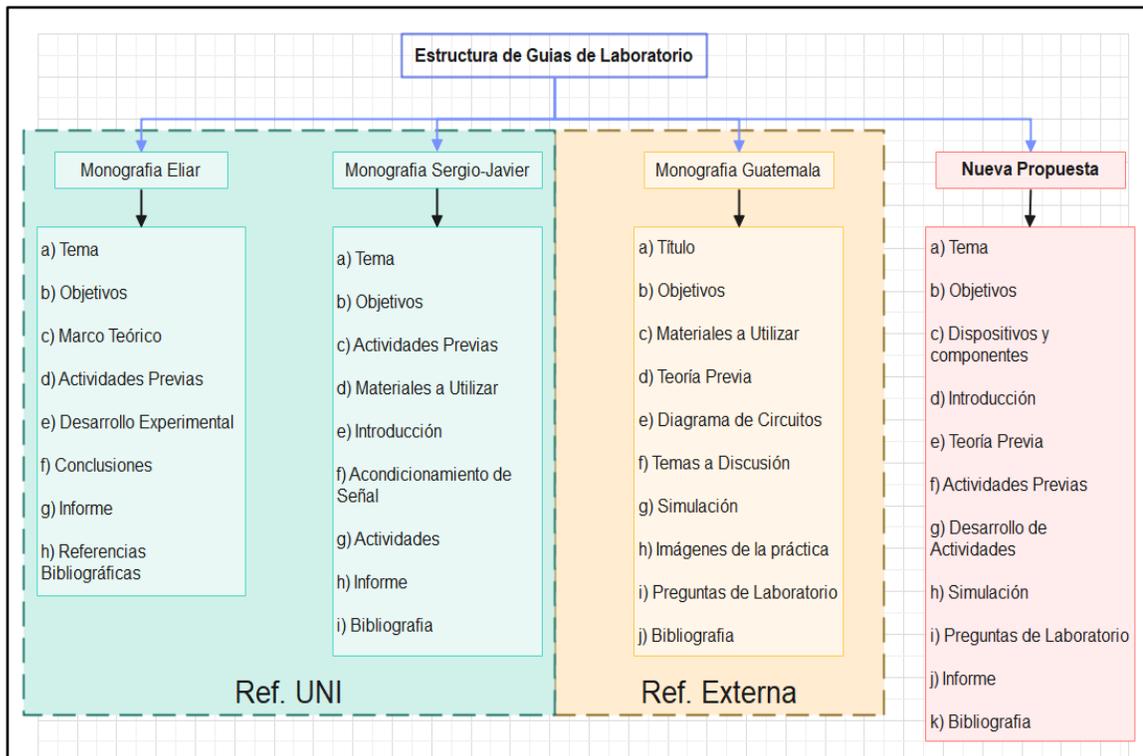
Como se puede observar, las estructuras analizadas poseen similitudes entre sí, pero las diferencias entre las mismas es lo que se utilizó principalmente para proponer una estructura más completa, actualizada y acorde a la Unidad II de la temática de Sensores y Acondicionadores de Señal de la asignatura Sistemas de Mediciones. Por consiguiente y tomando en cuenta lo anterior mencionado, la estructura de la nueva propuesta de las guías de laboratorios se realizó bajo el formato APA 7ma edición y consta de lo siguiente:

- Tema: Describe el contenido principal de la práctica de laboratorio.

- **Objetivos:** Establecen las metas que el estudiante debe alcanzar al finalizar la práctica. Estos deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con un tiempo definido.
- **Dispositivos y componentes:** Enumera los equipos, materiales y componentes necesarios para realizar la práctica.
- **Introducción:** Presenta una breve descripción del tema de la práctica, contextualizándolo dentro del programa de la asignatura. Incluye información sobre la importancia del tema y sus aplicaciones prácticas.

Figura 8

Comparativo de estructuras de guías de laboratorios



Nota. Fuente Propia

- **Antecedentes Teóricos:** Desarrolla los conceptos teóricos necesarios para comprender el funcionamiento del circuito o dispositivo que se estudiará.
- **Actividades Previas:** Indica las actividades que el estudiante debe realizar antes de la práctica de laboratorio. Entre las actividades se incluyen lecturas,

ejercicios o investigaciones previas. El objetivo es que el estudiante llegue a la práctica con los conocimientos y habilidades básicas para comprender y desarrollar las actividades experimentales.

- **Desarrollo de Actividades:** Describe paso a paso el procedimiento experimental que el estudiante debe seguir. Se incluyen instrucciones claras y precisas, utilizando un lenguaje sencillo y directo. Este punto es apoyado con los videos demostrativos de las prácticas.
- **Simulación:** Proporciona las instrucciones para realizar la simulación, incluyendo el software a utilizar, los pasos a seguir y los parámetros a configurar. La simulación tiene la posibilidad de ser complementada con experimentación real, permitiendo al estudiante observar y analizar los fenómenos en estudio.
- **Preguntas de Laboratorio:** Describe las preguntas que guían al estudiante en el análisis de los resultados obtenidos y la comprensión de los conceptos teóricos. De tal manera que el estudiante pueda obtener una reflexión crítica y sea fomentado el pensamiento creativo.
- **Estructura del Informe a Presentar:** Indica la estructura que debe seguir el informe que el estudiante debe presentar al finalizar la práctica. El reporte a entregar deberá ser entregado a través de la plataforma EVA y deberá contener como mínimo lo siguiente:
 - Portada.
 - Introducción.
 - Respuestas a las preguntas de la guía.
 - Imágenes de simulaciones realizadas durante la práctica de laboratorio.
 - Código/s utilizado/s durante la práctica de laboratorio.
 - Conclusiones.
- **Bibliografía:** Incluye una lista de las fuentes de información consultadas para la elaboración de la guía de laboratorio.

Adicional a las guías de laboratorio se incluye como material complementario el solucionario de cada práctica, que será únicamente para uso del docente y en el mismo se describen los resultados que se deben esperar con cada práctica. Así mismo se incluyen videos demostrativos con cada práctica a realizar de tal manera que el estudiante pueda utilizar el mismo como una herramienta adicional para comprender de una manera más profunda la temática en estudio.

Una vez que la estructura de las guías de laboratorio fue establecida se procedió con la siguiente etapa de ejecución, correspondiente al desarrollo de contenido que cada guía debía incluir para dar cumplimiento al programa de la asignatura.

2.5 Etapa de Desarrollo

En el contexto de la formación en ingeniería electrónica, la práctica experimental es fundamental para consolidar los conocimientos teóricos y desarrollar habilidades prácticas. Con el objetivo de fortalecer este proceso de aprendizaje, se diseñaron guías de laboratorio siguiendo el modelo instruccional ADDIE. Estas guías, pensadas para facilitar la realización de experimentos, se centran en el uso del microcontrolador Arduino, una plataforma de hardware y software libre ampliamente utilizada en el ámbito de la electrónica. La elección de Arduino se justifica por su facilidad de uso y su versatilidad, ya que permite programar y controlar diversos dispositivos desde cualquier computadora. Además, cada guía se complementa con videos tutoriales que ofrecen una guía visual paso a paso para la correcta ejecución de los experimentos.

Aclarados los detalles generales de elaboración de los instrumentos de laboratorio, el contenido específico de cada guía de laboratorio se aborda a continuación:

2.5.1 Laboratorio 1: Medición de temperatura utilizando el sensor PT100

El enfoque de la práctica se basa principalmente en el uso del sensor PT100 para medir la variable física de temperatura, en conjunto con el puente de Wheatstone y el uso del amplificador de instrumentación AD620. Adicionalmente fue agregado

un código QR en donde los estudiantes podían acceder al material complementario para desarrollar las actividades propuestas de la guía.

Como práctica previa se le solicita al estudiante, calcular los valores del puente de Wheatstone en estado de equilibrio, el valor de la resistencia de ganancia para el amplificador de instrumentación AD620 y demostrar el valor de temperatura esperado que debe mostrar el sensor PT100 con los valores previamente calculados a una temperatura de 150 °C.

Como práctica de laboratorio se le solicita al estudiante, la simulación distintos valores de temperatura utilizando como componentes el sensor PT100, el puente de Wheatstone, el amplificador de instrumentación AD620, el microcontrolador Arduino UNO y un LCD 16x2 para visualización de datos. A su vez para realizar la simulación satisfactoriamente se solicita el uso del software de simulación circuitos electrónicos Proteus 8, en conjunto con el IDE de Arduino para la programación del microcontrolador.

Al finalizar la práctica el estudiante debe graficar los valores de los resultados de simulación obtenidos vs el porcentaje de error del sensor, con el fin de comprender de una manera más clara el comportamiento y la precisión del sensor de temperatura PT100. Así mismo, se solicita que el estudiante proponga alguna solución de entorno real utilizando los conocimientos adquiridos en la práctica, de tal manera que se fortalezca tanto el pensamiento crítico del estudiante como su conocimiento en la asignatura.

2.5.2 Laboratorio 2: Medición de temperatura utilizando como sensor la Termocupla tipo K

El enfoque de la práctica se basa principalmente en el uso de la Termocupla tipo K para medir la variable física de temperatura, en conjunto con el uso del amplificador de instrumentación AD595. Adicionalmente fue agregado un código QR en donde los estudiantes podían acceder al material complementario para desarrollar las actividades propuestas de la guía.

Como práctica previa se le solicita al estudiante indicar cual es el valor de ganancia y describir fórmula para calcular el voltaje de salida para las termocuplas tipo K al utilizar el amplificador de instrumentación AD595. Así mismo, se agrega una tabla comparativa de voltajes de salida entre la Termocupla K y el amplificador de instrumentación AD595 a manera de ejercicio para agregar los valores de voltaje correspondiente según un valor de temperatura previamente propuesto. Esto con el objetivo de obtener una idea del comportamiento previo entre el sensor y el amplificador de instrumentación, así como también para familiarizar al estudiante con el uso de la hoja de datos del amplificador de instrumentación.

Como práctica de laboratorio se le solicita al estudiante, la simulación distintos valores de temperatura utilizando la termocupla tipo K como sensor, el amplificador de instrumentación AD595, el microcontrolador Arduino UNO y un LCD 16x2 para visualización de datos. A su vez para realizar la simulación satisfactoriamente se solicita el uso del software de simulación circuitos electrónicos Proteus 8, en conjunto con el IDE de Arduino para la programación del microcontrolador.

Al finalizar la práctica el estudiante debe graficar los valores de los resultados de simulación obtenidos vs el porcentaje de error del sensor, con el fin de comprender de una manera más clara el comportamiento y la precisión de la termocupla tipo K en conjunto con el amplificador de instrumentación AD595. Así mismo, se solicita que el estudiante proponga alguna solución de entorno real utilizando los conocimientos adquiridos en la práctica, de tal manera que se fortalezca tanto el pensamiento crítico del estudiante como su conocimiento en la asignatura.

2.5.3 Laboratorio 3: Medición de corriente, voltaje y potencia utilizando el sensor ACS712T

El enfoque de la práctica se basa principalmente en el uso del sensor ACS712T para medir la variable física de corriente directa, en conjunto con el uso del sensor FZ0430 para medir voltaje en corriente directa también. Es conveniente mencionar que partir de esta guía los códigos QR no se continuaron utilizando por motivos presupuestarios y logísticos.

Como práctica previa se le solicita al estudiante describir la fórmula para calcular un divisor de voltaje con valores de resistencias preestablecidos, debido al principio de funcionamiento del sensor FZ0430. También se agrega una tabla de voltaje de entrada vs voltaje de salida a manera de ejercicio para calcular distintos valores de voltaje y se le indica al estudiante explicar brevemente el funcionamiento del sensor FZ0430.

Posteriormente y referente al sensor ACS712T, se le solicita al estudiante indicar algunos parámetros técnicos y de funcionamiento correspondiente al sensor. También se le brinda al estudiante el análisis de la fórmula para obtener los valores de corriente del sensor ACS712T-20 en donde se toma en cuenta la sensibilidad del sensor, y se agrega una tabla comparativa para calcular corriente y potencia con valores de voltaje y de carga preestablecidos.

Como práctica de laboratorio se le solicita al estudiante, la simulación de distintos valores de voltaje utilizando el sensor FZ0430 para medir voltaje DC, el sensor ACS712T-20 para medir corriente DC, el microcontrolador Arduino UNO y un LCD 16x4 para visualización de datos. A su vez para realizar la simulación satisfactoriamente se solicita el uso del software de simulación circuitos electrónicos Proteus 8, en conjunto con el IDE de Arduino para la programación del microcontrolador. Para esta práctica también fue necesario agregar un potenciómetro para simular a través de este, el valor de la carga conectada al circuito y así lograr visualizar el comportamiento de los sensores.

Al finalizar la práctica el estudiante debe explicar que función cumple la variación de resistencia del potenciómetro en el circuito simulado en Proteus. Así mismo, se solicita que el estudiante proponga alguna solución de entorno real utilizando los conocimientos adquiridos en la práctica, de tal manera que se fortalezca tanto el pensamiento crítico del estudiante como su conocimiento en la asignatura.

2.5.4 Laboratorio 4: Medición de distancia y humedad relativa utilizando los sensores HC-SR04 y DHT11

El enfoque de la práctica se basa principalmente en el uso del sensor ultrasónico HC-SR04 y el sensor DHT11 para humedad relativa. Debido a que en esta guía

involucra el uso de sensores completamente diferentes para medir variables diferentes, la actividad practica fue diseñada para ser realizada en dos actividades de manera separada.

Como práctica previa se le solicita al estudiante indicar los valores de la velocidad del sonido a ciertos valores de temperatura, indicar los parámetros operativos generales del sensor HC-SR04 e indicar la formula requerida para realizar mediciones de distancia con el uso del datasheet correspondiente al sensor. También el estudiante en la práctica previa debe utilizar el datasheet del sensor DHT11 para indicar sus parámetros operativos generales.

Como anteriormente se mencionó, esta práctica de laboratorio fue dividida en dos actividades independientes. La primera actividad corresponde al uso del sensor HC-SR04, en donde se le solicita al estudiante la simulación de distintos valores de distancia utilizando el sensor con distintos factores de calibración, en conjunto con el microcontrolador Arduino UNO y un LCD 16x2 para visualización de datos.

La segunda actividad involucra el uso del sensor DHT11, en donde se le solicita al estudiante utilizar el sensor en la simulación de distintos valores de humedad relativa y temperatura en conjunto con el microcontrolador Arduino UNO y un LCD 16x2 para visualización de datos, para así observar el comportamiento del sensor.

Cabe destacar que para realizar la simulación satisfactoriamente se solicita el uso del software de simulación circuitos electrónicos Proteus 8, en conjunto con el IDE de Arduino para la programación del microcontrolador.

Al finalizar la práctica el estudiante debe explicar que función que cumple el factor de calibración con el sensor HC-SR04 y que comportamiento muestra el sensor DHT11 al operar en ciertas condiciones de temperatura y humedad específicas. Así mismo, se solicita que el estudiante proponga alguna solución de entorno real utilizando los conocimientos adquiridos en la práctica, de tal manera que se fortalezca tanto el pensamiento crítico del estudiante como su conocimiento en la asignatura.

2.5.5 Laboratorio 5: Medición de presión atmosférica utilizando el sensor BMP180

El enfoque de la práctica se basa principalmente en el uso del sensor BMP180 para medir presión atmosférica. Para la simulación del circuito de esta práctica, se utilizó como herramienta adicional el terminal virtual de Proteus, con el cual se visualizan todas las variables de medición que el sensor puede medir.

Como práctica previa se le solicita al estudiante indicar el concepto de presión atmosférica y explicar de qué manera funciona el sensor BMP180 para medir dicha presión. Así mismo, mediante el uso de la hoja de datos del sensor, el estudiante debe responder una serie de preguntas relacionadas a los parámetros operativos del sensor e indicar las fórmulas requeridas para medir altitud absoluta y presión al nivel del mar.

Como práctica de laboratorio se le solicita al estudiante, la simulación de distintos valores de presión atmosférica en hecto Pascales (hPa) y altitud en metros (mts), utilizando el sensor BMP180 a distintos valores de temperatura y en conjunto del microcontrolador Arduino UNO y un LCD 16x4 para visualización de datos. A su vez para realizar la simulación satisfactoriamente se solicita el uso del software de simulación de circuitos electrónicos Proteus 8, en conjunto con el IDE de Arduino para la programación del microcontrolador.

Al finalizar la práctica el estudiante debe explicar en qué afectan los cambios de temperatura en las mediciones realizadas por el sensor y qué sucede al medir valores de presión atmosférica fuera de los rangos operativos. Así mismo, se solicita que el estudiante proponga alguna solución de entorno real utilizando los conocimientos adquiridos en la práctica, de tal manera que se fortalezca tanto el pensamiento crítico del estudiante como su conocimiento en la asignatura.

2.5.6 Elaboración de video-tutoriales

Los videos tutoriales han demostrado ser una herramienta pedagógica invaluable en la era digital, ofreciendo una experiencia de aprendizaje personalizada y atractiva. En el contexto de la asignatura de sistemas de medición, estos recursos

audiovisuales se han utilizado para complementar las prácticas de laboratorio y facilitar la comprensión de conceptos complejos relacionados con el diseño y funcionamiento de instrumentos de medición.

Para aprovechar al máximo el potencial de los videos tutoriales, se diseñó una serie de materiales audiovisuales utilizando el software Active Presenter en su versión 9.1.5. Estos videos, estructurados de forma modular, cubren desde la configuración inicial del software de simulación hasta la programación del microcontrolador Arduino, guiando al estudiante paso a paso en la realización de las prácticas de laboratorio. Por tanto, cada video tutorial se organizó en seis secciones principales para garantizar una secuencia lógica y facilitar el aprendizaje:

1. Inicio de video: Se presentó una breve introducción a la práctica de laboratorio, explicando cómo crear y configurar el proyecto en el software de simulación Proteus 8. Se enfatizó la importancia de incluir el microcontrolador Arduino 328P en la simulación.
2. Selección de componentes: Se detallaron los componentes electrónicos necesarios para la práctica, mostrando cómo identificarlos y seleccionarlos dentro del software de simulación.
3. Configuración de componentes: Se explicaron las conexiones entre los diferentes componentes, prestando especial atención a los detalles técnicos y las posibles dificultades.
4. Diagrama completo de conexiones: Se presentó un diagrama esquemático que mostraba la configuración final del circuito, facilitando la comprensión de las interconexiones entre los componentes.
5. Creando código en Arduino IDE: Se explicó cómo escribir el código en el entorno de desarrollo de Arduino, adaptándolo a las necesidades de la simulación en Proteus.
6. Cargando código en Proteus: Se mostró el código completo y se ejecutó la simulación, permitiendo a los estudiantes verificar si el circuito funcionaba correctamente.

Con esta estructura modular se les permitió a los estudiantes avanzar a su propio ritmo y repasar las secciones que consideraran necesarias. Así mismo, fue posible crear una serie de videos tutoriales claros, concisos y altamente efectivos, que contribuyeron significativamente al aprendizaje de los estudiantes.

2.5.7 Elaboración de material de apoyo para el docente

El material de apoyo elaborado para el docente se realizó tomando en cuenta los siguientes aspectos, para optimizar el uso del mismo:

- **Facilitar la Evaluación y Retroalimentación.** El solucionario³ proporciona respuestas correctas y detalladas a los ejercicios y problemas planteados en las guías de laboratorio. Esto permite al docente evaluar con precisión el desempeño de los estudiantes y brindarles retroalimentación específica sobre su comprensión de los conceptos y habilidades prácticas. Una retroalimentación efectiva ayuda a los estudiantes a identificar sus fortalezas y debilidades, enfocarse en áreas que requieren mayor atención y mejorar su aprendizaje.
- **Optimizar el Tiempo del Docente.** Esta herramienta ahorra tiempo al docente al no tener que resolver cada ejercicio o problema manualmente para cada estudiante. Esto permite al docente dedicar más tiempo a actividades más importantes como:
 - Planificación y preparación de las sesiones de laboratorio.
 - Interacción con los estudiantes durante las prácticas.
 - Brindar atención individualizada a aquellos que la requieran.
 - Investigar y actualizar los contenidos de las guías de laboratorio.
- **Promover la Enseñanza de Calidad.** El uso de este recurso, junto con otras estrategias didácticas, contribuye a una enseñanza de mayor calidad. Al contar con una herramienta confiable para evaluar y guiar a los estudiantes, el docente puede enfocarse en crear experiencias de aprendizaje más

³ Ver solucionario de guías de laboratorio en Anexo 3

significativas y motivadoras. Esto se traduce en una mejor formación de los futuros ingenieros electrónicos.

- **Facilitar la Adaptación de las Guías de Laboratorio.** El material también sirve como una base sólida para que el docente pueda personalizar las guías de laboratorio de acuerdo a las necesidades específicas de su grupo y los recursos disponibles. Al contar con un banco de soluciones detalladas, el docente puede seleccionar y combinar ejercicios de diferentes niveles de dificultad, crear nuevas actividades o modificar las existentes. Esta flexibilidad permite adaptar las guías a la evolución de los conocimientos de los estudiantes y a los avances tecnológicos en el campo de la instrumentación.
- **Fomentar el Aprendizaje Autónomo.** El solucionario puede ser utilizado por los estudiantes como herramienta de autoevaluación y aprendizaje autónomo. Permite a los estudiantes verificar sus respuestas, identificar errores y comprender mejor los conceptos y procedimientos involucrados en las prácticas de laboratorio. Promueve la responsabilidad y el compromiso de los estudiantes con su propio proceso de aprendizaje.

Una vez establecido el contenido de cada una de las guías de laboratorio, los videos de apoyo para los estudiantes y el material de apoyo para el docente, se procedió con la siguiente etapa de ejecución correspondiente a la verificación para valorar si el contenido propuesto era viable para ser utilizado con los estudiantes.

2.6 Etapa de implementación

Con el fin de obtener mayor información acerca de la viabilidad del contenido propuesto en cada guía de laboratorio, se logró coordinar con el docente encargado de impartir la asignatura de sistemas de medición Ing. Álvaro Gaitán, la implementación de las mismas en las prácticas formativas de los estudiantes. De esta manera fue posible organizar que cada una de las prácticas requeridas para aprobar la signatura, se realizarán de manera semanal en el laboratorio de simulación de la UNI. Es conveniente mencionar, que el orden establecido de cada

práctica de laboratorio coincide con el contenido impartido por el docente en clases previas. En consecuencia, la implementación de cada guía de laboratorio se realizó de manera general y de manera específica de la siguiente manera:

2.6.1 Procedimiento General

Al inicio de cada clase y previo a realizar las prácticas de laboratorio, se consultó y se verificó con los estudiantes que la actividad previa propuesta en la guía de laboratorio había sido realizada de manera satisfactoria. Este paso es importante de realizar ya que el desarrollo de los ejercicios prácticos, se encuentra estrechamente vinculado con la actividad previa. Y de esta manera fue posible verificar que los estudiantes desarrollaran los ejercicios previos de manera satisfactoria.

Durante el desarrollo de todas las prácticas de laboratorio, se les insto a los estudiantes a utilizar al video de apoyo para obtener resultados satisfactorios de los ejercicios a realizar. Una vez que los estudiantes accedían al video de apoyo, utilizaron el material como herramienta para realizar el montaje virtual del circuito de la simulación propuesta y así continuar con los ejercicios de la guía de laboratorio.

Al culminar cada práctica de laboratorio, se les solicita a los estudiantes como parte del reporte que deben entregar al docente, que brinden la solución a un problema real utilizando el circuito implementado durante la práctica, para obtener un punto de vista crítico y personal por parte del estudiante y así dar cumplimiento a todos los objetos de las guías.

2.6.2 Laboratorio 1: Medición de temperatura utilizando el sensor PT100

En la actividad previa de esta guía⁴ en el único ejercicio que los estudiantes tuvieron dificultades de desarrollar fue en el No. 6, ya que no fue fácil de comprender para gran parte de ellos. Estos mencionaron que no lograban entender de qué manera había que realizar este ejercicio, y por tanto durante la

⁴ Ver guía 1 en Anexo 2

práctica se explicó la forma de desarrollarlo para obtener los resultados satisfactorios. Por tanto, una vez explicado esto se procedió con el desarrollo de actividades.

Durante el desarrollo de actividades, se esperaba que el material de apoyo fuera de fácil acceso a través del código QR que había sido incorporado a la guía. Para acceder al contenido los estudiantes tenían únicamente que escanear el código QR con su dispositivo móvil para ser redirigidos al sitio web de MediaFire, en donde estaban alojados todos archivos necesarios (incluyendo el video de apoyo) para desarrollar la práctica.

Sin embargo, a pesar del fácil acceso los estudiantes tuvieron problemas para descargar el video, ya que el tamaño del archivo era demasiado extenso y para obtener el material de apoyo se utilizaron aproximadamente 15 minutos de la práctica. Por tanto y a sugerencia de los estudiantes, para las siguientes prácticas los videos fueron alojados en YouTube para acceder al contenido de manera más eficiente.

Una vez obtenido el video de apoyo⁵, los estudiantes procedieron a realizar los ejercicios de la guía de laboratorio. Sin embargo, debido a que para esta práctica de laboratorio no fue compartido el código de programación, los estudiantes tuvieron dificultades en desarrollar la simulación. De esta manera fue posible observar las debilidades que estos tienen en sus habilidades de programación para crear el código. En consecuencia y para continuar con los siguientes ejercicios de la guía se optó por brindarles el código de programación, para que pudieran culminar con la práctica propuesta en el tiempo estipulado.

Cabe destacar que, al momento de brindarles el código de programación, se les realizó una breve explicación del funcionamiento del mismo, con el fin de que pudieran afianzar tanto sus habilidades de programación como la comprensión del tema en estudio.

⁵ Enlace de video de apoyo Laboratorio 1: <https://youtu.be/ptvV2i59zeY>

Durante la práctica realizaron la simulación con distintas medidas de temperaturas utilizando el sensor PT100 para comparar: los valores de temperatura esperados vs los valores de temperatura medidos. Y así observar tanto el comportamiento del sensor en distintos rangos de temperatura como el margen de error que podría tener en un entorno real.

2.6.3 Laboratorio 2: Medición de temperatura utilizando como sensor la Termocupla tipo K

En la actividad previa de esta guía⁶, los estudiantes no tuvieron problemas con ninguno de los ejercicios propuestos. Y, por lo tanto, se procedió con el desarrollo de las actividades propuestas.

Para el desarrollo de las actividades, se tomaron en consideración las dificultades de acceso al contenido en la práctica anterior y por consiguiente esta vez el video fue alojado directamente en la plataforma de YouTube. El acceso al video se podía obtener fácilmente, con solo escanear el código QR que incluía la guía de laboratorio. Adicionalmente a partir de esta práctica se consideraron las dificultades que los estudiantes tenían para elaborar los códigos de programación y en consecuencia el código de programación requerido para realizar los ejercicios posteriores de la guía, fue compartido en el mismo video de apoyo⁷.

Con esta medida se pudo observar un cambio notable en el desempeño de los estudiantes para realizar la práctica, dado que únicamente recurrían a realizar consultas menores que entre ellos se respondían. Así mismo se percibió que la mayor cantidad de tiempo consumido en la práctica de laboratorio, correspondía a la creación del código de programación debido a errores al digitar la información del código compartido.

Durante la práctica los estudiantes realizaron la simulación con distintas medidas de temperaturas utilizando la termocupla tipo K como sensor, para comparar: los

⁶ Ver guía 2 en Anexo 2

⁷ Enlace de video de apoyo Laboratorio 2: <https://youtu.be/dpz7lj2pOEY>

valores de temperatura esperados vs los valores de temperatura medidos. Y así observar tanto el comportamiento del sensor en distintos rangos de temperatura como el margen de error que podría tener en un entorno real.

2.6.4 Laboratorio 3: Medición de corriente, voltaje y potencia utilizando el sensor ACS712T

En la actividad previa de esta guía⁸, los estudiantes no tuvieron problemas con ninguno de los ejercicios propuestos. Y, por lo tanto, se procedió con el desarrollo de las actividades propuestas.

Durante el desarrollo de actividades, los estudiantes de manera proactiva recurrieron el video de apoyo alojado directamente en la plataforma de YouTube. Cabe mencionar que, a partir de esta práctica, el acceso al video fue compartido a través de la plataforma de Microsoft Teams, debido a problemas técnicos con el uso de los códigos QR.

Una vez que los estudiantes accedieron al video de apoyo⁹, utilizaron el material como herramienta tanto para realizar el montaje virtual del circuito de la simulación propuesta como para elaborar el código de programación correspondiente a la práctica. En la simulación a realizar los estudiantes deben utilizar un potenciómetro con valor de 10 Ohms, para variar valores de esta resistencia variable y simular así la carga conectada al circuito. Sin embargo, se pudo observar que los estudiantes tuvieron problemas para entender la función específica que el potenciómetro tenía en la simulación. Por tanto, se procedió a realizar una breve explicación del funcionamiento del mismo, con el fin de que los estudiantes pudieran afianzar la comprensión del tema en estudio.

Durante la práctica los estudiantes realizaron la simulación con distintas medidas de voltaje utilizando el sensor ACS712T-20A en conjunto con el sensor FZ0430, para determinar valores de voltaje, corriente y potencia en corriente directa. Y así

⁸ Ver guía 3 en Anexo 2

⁹ Enlace de video de apoyo Laboratorio 3: <https://youtu.be/ujnUgHaggMk>

observar tanto el comportamiento de estos sensores en distintos rangos de voltaje en corriente directa.

2.6.5 Laboratorio 4: Medición de distancia y humedad relativa utilizando los sensores HC-SR04 y DHT11

En la actividad previa de esta guía¹⁰, los estudiantes no tuvieron problemas con ninguno de los ejercicios propuestos. Y, por lo tanto, se procedió con el desarrollo de las actividades propuestas.

En esta práctica el desarrollo de actividades se dividió en dos partes diferentes para una mejor comprensión en el uso de los sensores HC-SR04 y DHT11. Los estudiantes recurrieron el video de apoyo¹¹ alojado en la plataforma de YouTube, que de igual manera fue dividido en dos partes para evitar cualquier tipo de confusión al realizar la práctica.

Durante la práctica realizaron la simulación con distintos valores de distancia utilizando el sensor HC-SR04, para comparar: los valores de distancia esperados vs los valores de distancia medidos. Y así observar tanto el comportamiento del sensor en distintos rangos de distancia como el margen de error que podría tener en un entorno real. De igual manera realizaron la simulación con distintos valores de humedad relativa y temperatura utilizando el sensor DHT11, para comparar: los valores de humedad relativa y temperatura esperados vs los valores de humedad relativa y temperatura medidos. Y así observar tanto el comportamiento del sensor en distintos rangos de humedad relativa y temperatura, como el margen de error que podría tener en un entorno real.

¹⁰ Ver guía 4 en Anexo 2

¹¹ Enlace de video de apoyo Laboratorio 4: <https://youtu.be/l73SQEqBkmQ>

2.6.6 Laboratorio 5: Medición de presión atmosférica utilizando el sensor BMP180

En la actividad previa de esta guía¹², los estudiantes no tuvieron problemas con ninguno de los ejercicios propuestos. Y, por lo tanto, se procedió con el desarrollo de las actividades propuestas.

El problema con esta práctica fue que, en el video de apoyo¹³ no se incluyó la manera de como instalar la librería correspondiente a la comunicación serial del protocolo I2C. En consecuencia, durante la práctica se les indicó la manera de descargar la librería requerida (BUSIO de Adafruit), en el IDE de Arduino para que así logran realizar la simulación de requerida de manera satisfactoria.

Durante la práctica los estudiantes realizaron la simulación con distintas medidas de presión atmosférica utilizando el sensor BMP180, para comparar: los valores de presión atmosférica esperados vs los valores de presión atmosférica medidos y también visualizar los cambios de altitud medida respecto a las variaciones de presión atmosférica. De esta manera los estudiantes lograron observar tanto el comportamiento del sensor en distintos rangos de presión atmosférica como el margen de error que podría tener en un entorno real.

2.6.7 Problemas técnicos con códigos QR

Inicialmente, se planteó el uso de códigos QR para enlazar a recursos adicionales como hojas de datos, esquemáticos y videos complementarios. Esta estrategia buscaba facilitar el acceso a información relevante tanto para los estudiantes como para el docente. Sin embargo, debido a limitaciones técnicas y económicas asociadas al mantenimiento de los enlaces a largo plazo, se optó por una solución alternativa.

Por tanto, se decidió compartir los recursos adicionales, como hojas de datos y videos tutoriales, a través de la plataforma de Microsoft Teams que la universidad

¹² Ver guía 5 en Anexo 2

¹³ Enlace de video de apoyo Laboratorio 5: <https://youtu.be/606mSQ0InvQ>

proporciona a todos los estudiantes. La elección de esta plataforma se justifica por su facilidad de uso y por la posibilidad de acceder a los videos en YouTube, lo que simplificó el acceso al material. Esta adaptación permitió a los estudiantes acceder a los recursos de manera más eficiente, favoreciendo un aprendizaje más autónomo. De esta forma, se garantizó que los estudiantes tuvieran a su disposición todo el material necesario para realizar las prácticas de manera efectiva.

2.7 Etapa de Evaluación

Para dar cumplimiento a los requisitos de esta última fase de aplicación del modelo instruccional ADDIE en las guías propuestas, se elaboraron e implementaron rúbricas de desempeño para evaluar la efectividad y el impacto del contenido educativo propuesto. Por consiguiente, se realizaron las siguientes formas de evaluación:

2.7.1 Rúbricas de desempeño para evaluar las guías de laboratorio

Esta rúbrica tiene como objetivo evaluar la competencia de las guías de laboratorio propuestas para la unidad temática de Sensores y Acondicionadores de Señal de la asignatura de sistemas de medición de la carrera de Ingeniería Electrónica para fortalecer el aprendizaje significativo en los estudiantes. Como se puede observar en la tabla 2, los criterios de evaluación se dividen en: Contenido, Organización, Presentación, Precisión y Ortografía y gramática. Cada categoría tiene un nivel de desempeño asociado que ayuda a identificar las fortalezas y debilidades de las guías propuestas en cada aspecto evaluado. La escala de valoración utiliza los siguientes niveles: Excelente, Bueno, Regular y Deficiente.

Una vez que los criterios de evaluación fueron definidos, se procedió a la implementación de los mismos, realizando encuestas con los estudiantes a través de la plataforma de Google Forms, por cada guía de laboratorio y posterior a cada práctica realizada, para así obtener la retroalimentación correspondiente. En consecuencia, por cada laboratorio realizado fue posible obtener los siguientes resultados:

Tabla 2*Criterios de evaluación para evaluar las guías de laboratorio*

Criterios de evaluación	Excelente	Bueno	Regular	Deficiente
Contenido	La guía de laboratorio es completa, clara y precisa.	La guía de laboratorio incluye la mayoría de los elementos necesarios.	La guía de laboratorio contiene algunos elementos relevantes, aunque con algunas omisiones o imprecisión.	La guía de laboratorio es incompleta o contiene información incorrecta.
Organización	La guía de laboratorio sigue una estructura lógica y coherente. Las secciones están claramente definidas y ordenadas de manera lógica.	La guía de laboratorio tiene una estructura adecuada. Aunque algunas secciones, pueden estar desordenadas o falta un poco de claridad en la organización.	La guía de laboratorio tiene una estructura aceptable. Aunque algunas secciones, pueden estar desordenadas o falta claridad en la organización.	La guía de laboratorio carece de una estructura clara y coherente. Las secciones no están definidas y la organización es confusa.
Presentación	La guía de laboratorio tiene un diseño atractivo y utiliza de manera efectiva formatos, colores y gráficos para mejorar la presentación	La guía de laboratorio tiene un diseño adecuado y utiliza algunos elementos visuales para mejorar la presentación de la información.	La guía de laboratorio tiene un diseño aceptable. Aunque puede carecer de algunos elementos visuales o presentarlos de manera eficiente.	La guía de laboratorio tiene un diseño poco atractivo y no utiliza elementos visuales para mejorar la presentación de la información.

	de la información.			
Precisión	La guía de laboratorio es precisa en su redacción y presenta la información de manera clara. Se evitan errores en la terminología e instrucciones.	La guía de laboratorio es en su mayoría precisa en su redacción y presenta la información de manera clara. Puede haber algunos errores menores en la terminología o en las instrucciones.	La guía de laboratorio es en su mayoría precisa, pero tiene imprecisiones o confusiones en la redacción o en las instrucciones.	La guía de laboratorio carece de precisión en su redacción y presenta la información de manera confusa o incorrecta.
Ortografía y gramática	La guía de laboratorio no contiene errores ortográficos y/o gramaticales en su redacción.	La guía de laboratorio casi no contiene errores ortográficos y/o gramaticales en su redacción.	La guía de laboratorio tiene algunos errores ortográficos y/o gramaticales en su redacción.	La guía de laboratorio contiene abundantes errores ortográficos y/o gramaticales en toda su redacción.

Nota. Fuente Propia

2.7.1.1 Laboratorio 1: Medición de Temperatura Utilizando el Sensor PT100.

Para esta práctica una muestra total de 15 estudiantes, evaluaron la guía de laboratorio propuesta. Estos calificaron la guía siguiendo los criterios de contenido, organización, presentación, precisión y ortografía y gramática de la guía. A continuación, se presenta el análisis detallado por criterio (Figura 9), de los resultados obtenidos:

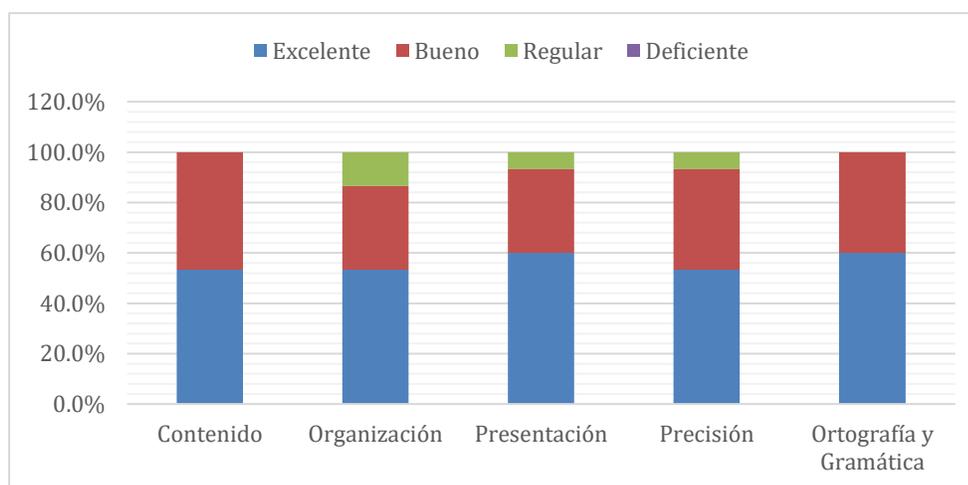
Contenido: La mayoría de los estudiantes (53.3%) consideraron que el contenido de la guía era completo y preciso. Sin embargo, un número significativo de ellos (46.7%) identificó algunas omisiones o falta de profundidad en ciertos ejercicios,

especialmente en el ejercicio No. 6 de la actividad previa. Estos hallazgos sugieren que, aunque el contenido general es sólido, podrían incorporarse algunos ejemplos adicionales o explicaciones más detalladas para evitar inconvenientes en la realización de los ejercicios.

Organización: El 53.3% de los estudiantes valoraron la organización de la guía como excelente ya que esta presentó una estructura lógica y coherente, facilitando la comprensión de los procedimientos experimentales. Por otro lado, el 33.3% de los estudiantes valoraron la organización como buena, ya que consideraron que algunas secciones de esta herramienta, pueden estar desordenadas o les faltó un poco de claridad en la organización. Y finalmente un 13.3% de estos valoraron la misma como una organización regular, debido a que tuvieron con dificultades para identificar las diferentes secciones o pasos de los ejercicios propuestos. Los resultados negativos fueron vinculados a la dificultad que los estudiantes tuvieron para acceder al video de apoyo proporcionado para realizar los ejercicios de la guía.

Figura 9

Resultados de evaluación de guía de laboratorio por parte de los estudiantes



Nota. Fuente Propia

Presentación: Más de la mitad de los estudiantes (60%) valoraron la presentación de la guía como excelente indicando que la presentación visual, los gráficos

expuestos, las tablas y diagramas fueron claros y concisos, y por lo tanto facilitaban la comprensión de los conceptos. Un 33.3% de estos valoró la presentación de la guía como buena, y solo el 6.7% de los estudiantes consideró que la presentación de la guía era regular, considerando que a ésta le faltó claridad en la información visual.

Precisión: El 53.3% de los estudiantes valoraron que la guía tiene excelente precisión en la descripción de los procedimientos solicitados, considerando así que esta es precisa en su redacción y presenta la información de manera clara. Un 40% de los estudiantes valoró la precisión de la guía como buena, y solo un 6.7% consideró la precisión de la guía como regular, indicando que esta tiene imprecisiones o confusiones en la redacción o en las instrucciones.

Ortografía y gramática: El 60% de los participantes valoraron la ortografía y gramática de guía como excelente, lo que indica que estos no encontraron errores ortográficos y/o gramaticales en su redacción. Sin embargo, un 40% de estos valoraron la ortografía y gramática de guía como buena ya que encontraron algunos errores menores pero que no afectaron significativamente la comprensión del texto.

Por tanto, se puede concluir que los estudiantes evaluaron la guía de laboratorio de manera positiva, destacando su contenido sólido y presentación visual. Sin embargo, se identificaron algunas áreas de mejora, principalmente relacionadas con la organización y el acceso a los materiales de apoyo. Los principales hallazgos de esta evaluación fueron los siguientes:

- **Contenido:** El contenido de la guía se consideró completo y preciso en su mayoría. Sin embargo, se identificaron algunas omisiones en ejercicios específicos.
- **Organización:** La estructura de la guía fue valorada positivamente por muchos estudiantes. No obstante, algunos encontraron dificultades para navegar por ciertas secciones, especialmente debido a problemas con el acceso al video de apoyo.
- **Presentación:** La presentación visual de la guía fue muy bien valorada.

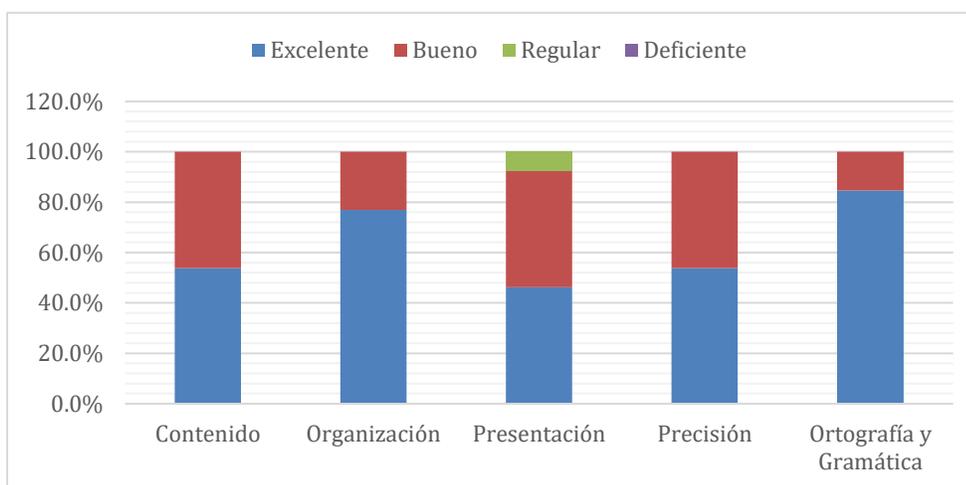
- Precisión: La precisión en la descripción de los procedimientos fue considerada adecuada en general.
- Ortografía y gramática: La ortografía y gramática de la guía fueron evaluadas de manera positiva.

Entre las sugerencias de los estudiantes, destacaron la necesidad de mejorar el acceso al video de apoyo, posiblemente alojándolo en una plataforma más accesible como YouTube. Además, se sugirió revisar las preguntas de los ejercicios para evitar redundancias y garantizar que todas contribuyan al aprendizaje.

2.7.1.2 Laboratorio 2: Medición de Temperatura Utilizando como Sensor la Termocupla Tipo K. Para esta práctica una muestra total de 13 estudiantes, evaluaron la guía de laboratorio propuesta. Estos calificaron la guía siguiendo los criterios de contenido, organización, presentación, precisión y ortografía y gramática de la guía. A continuación, se presenta el análisis detallado por criterio (Figura 10), de los resultados obtenidos:

Figura 10

Resultados de evaluación de guía de laboratorio por parte de los estudiantes



Nota. Fuente Propia

Contenido: La mayoría de los estudiantes (53.8%) consideraron que el contenido de la guía era completo y preciso. Sin embargo, un número significativo de ellos

(46.2%) identificó algunas omisiones o falta de profundidad en algunos ejercicios. Estos hallazgos sugieren que, aunque el contenido general es sólido, podrían incorporarse algunos ejemplos adicionales o explicaciones más detalladas para evitar inconvenientes en la realización de los ejercicios.

Organización: El 76.9% de los estudiantes valoraron la organización de la guía como excelente ya que esta presentó una estructura lógica y coherente, facilitando la comprensión de los procedimientos experimentales. Y solamente, el 23.1% de los estudiantes calificaron la organización como buena, ya que consideraron que algunas secciones de esta herramienta, podrían estar desordenadas o les faltó un poco de claridad en la organización.

Presentación: El 46.2% de los estudiantes calificó la presentación de la guía como excelente, destacando la claridad y concisión de los elementos visuales como gráficos y tablas, lo que facilitó la comprensión de los conceptos. En igual proporción, otro 46.2% de estos valoró la presentación de la guía como buena, y solo el 7.6% de los estudiantes consideró que la presentación de la guía era regular, considerando que a ésta le faltó claridad en la información visual.

Precisión: El 53.8% de los estudiantes valoraron que la guía tiene excelente precisión en la descripción de los procedimientos solicitados, considerando así que esta es precisa en su redacción y presenta la información de manera clara. Y el 46.2% restante consideró la precisión de la guía como buena, indicando que se pudieron haber observados algunos errores menores en la terminología o en las instrucciones.

Ortografía y gramática: El 84.6% de los participantes calificaron la ortografía y gramática de guía como excelente, lo que indica que estos no encontraron errores ortográficos y/o gramaticales en su redacción. Y solamente, un 15.4% de estos consideraron la ortografía y gramática de guía como buena ya que encontraron algunos errores menores pero que no afectaron significativamente la comprensión del texto.

Por tanto, se puede concluir que los estudiantes evaluaron la guía de laboratorio de manera muy positiva, destacando su contenido sólido, organización y

precisión. Sin embargo, se identificaron algunas áreas de mejora, principalmente relacionadas con la presentación visual. Los principales hallazgos de esta evaluación fueron los siguientes:

- **Contenido:** El contenido de la guía se consideró completo y preciso en su gran mayoría.
- **Organización:** La estructura de la guía fue valorada muy positivamente por muchos estudiantes. Y se logró una mejora notable en este aspecto ya que se tomaron en consideración las observaciones obtenidas del laboratorio No. 1.
- **Presentación:** La presentación visual de la guía fue bien valorada. Sin embargo, Solo el 7.6% de los estudiantes consideró que la presentación de la guía carecía de claridad en la información visual, lo que sugiere que, aunque en general fue bien valorada, podrían realizarse ajustes menores para mejorar la comprensión en algunos aspectos.
- **Precisión:** La precisión en la descripción de los procedimientos fue considerada muy adecuada en general.
- **Ortografía y gramática:** La ortografía y gramática de la guía fueron evaluadas de manera muy positiva.

Debido a que para esta práctica de laboratorio se tomaron en cuenta las observaciones proporcionadas por los estudiantes en la práctica anterior y se implementaron posibles soluciones para esta práctica, se puede observar la mejora en los resultados generales obtenidos en esta guía de laboratorio.

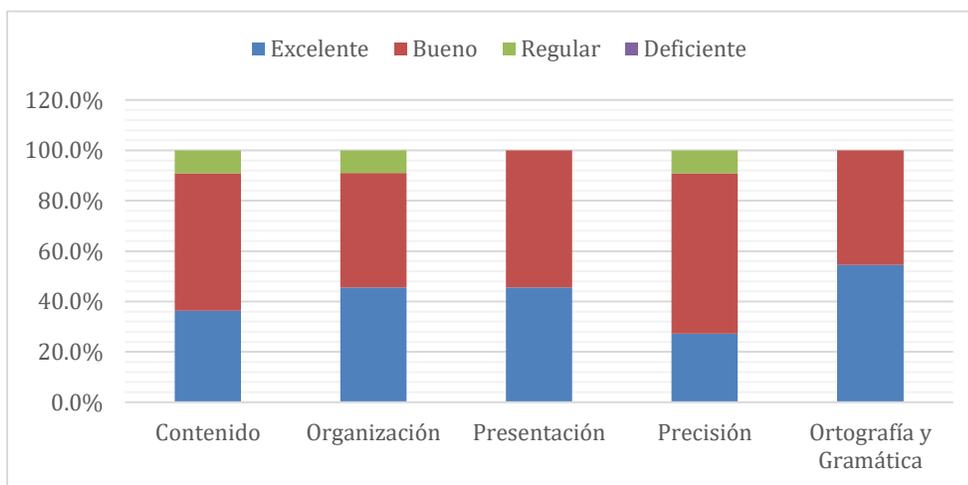
2.7.1.3 Laboratorio 3: Medición de Corriente, Voltaje y Potencia Utilizando el Sensor ACS712T. Para esta práctica una muestra total de 11 estudiantes, evaluaron la guía de laboratorio propuesta. Estos calificaron la guía siguiendo los criterios de contenido, organización, presentación, precisión y ortografía y gramática de la guía. A continuación, se presenta el análisis detallado por criterio (Figura 11), de los resultados obtenidos:

Contenido: El 36.4% de los estudiantes consideraron que el contenido de la guía era completo y preciso. Sin embargo, un número significativo de ellos (54.5%)

valoró el contenido como bueno ya que pudieron identificar algunas omisiones o falta de profundidad en algunos ejercicios. Y solo el 9.1% calificó el contenido propuesto como regular, indicando que este contiene algunos elementos relevantes, aunque con algunas omisiones o imprecisión. Estos hallazgos sugieren que, aunque el contenido general es completo, podrían incorporarse ejemplos adicionales o explicaciones más detalladas para evitar inconvenientes en la realización de los ejercicios.

Figura 11

Resultados de evaluación de guía de laboratorio por parte de los estudiantes



Nota. Fuente Propia

Organización: El 45.5% de los encuestados valoraron la organización de la guía como excelente ya que esta presentó una estructura lógica y coherente, facilitando la comprensión de los procedimientos experimentales. Un porcentaje igual (45.5%) de los estudiantes calificaron la organización como buena, y solamente un 9% de estos, calificaron este aspecto como regular. Indicando que esta herramienta tiene una estructura aceptable, pero algunas secciones pueden estar desordenadas o con falta de claridad en la organización.

Presentación: El 45.5% de los participantes calificó la presentación de la guía como excelente, destacando la claridad y concisión de los elementos visuales como gráficos y tablas, lo que facilitó la comprensión de los conceptos. Sin

embargo, el 54.5% de estos valoró la presentación de la guía como buena, indicando que la guía tiene un diseño adecuado, pero se podrían agregar elementos visuales para mejorar la presentación de la información.

Precisión: El 27.3% de los estudiantes valoraron que la guía tiene excelente precisión en la descripción de los procedimientos solicitados, considerando así que esta es precisa en su redacción y presenta la información de manera clara. Sin embargo, la gran mayoría de estos (63.6%) consideró la precisión de la guía como buena, indicando que se pudieron haber observados algunos errores menores en la terminología o en las instrucciones y solamente un 9.1% de los estudiantes calificaron la precisión del material como regular indicando así que la guía es en su mayoría precisa, pero tiene imprecisiones o confusiones en la redacción o en las instrucciones.

Ortografía y gramática: El 54.5% de los participantes calificaron la ortografía y gramática de guía como excelente, lo que indica que estos no encontraron errores ortográficos y/o gramaticales en su redacción. Sin embargo, el 45.5% de estos consideraron la ortografía y gramática de guía como buena ya que encontraron algunos errores menores pero que no afectaron significativamente la comprensión del texto.

En general, los estudiantes evaluaron positivamente la guía de laboratorio, destacando su contenido relevante, organización lógica y presentación clara. Sin embargo, se identificaron algunas áreas de mejora, como la necesidad de incorporar ejemplos adicionales en ciertos temas y la precisión en la redacción de algunos procedimientos. Los principales hallazgos de esta evaluación fueron los siguientes:

- **Contenido:** La mayoría de los estudiantes (90.9%) consideraron que el contenido de la guía era completo y preciso. Sin embargo, algunos estudiantes consideraron que se podrían agregar ejemplos adicionales o explicaciones más detalladas.

- Organización: La estructura de la guía fue valorada muy positivamente por muchos estudiantes. Y solo un 9% de los estudiantes indicó que la organización de la guía podría mejorar en cuanto a claridad y orden.
- Presentación: La presentación visual de la guía fue valorada de manera muy positiva.
- Precisión: Aunque la precisión en la descripción de los procedimientos fue considerada muy adecuada en general. Se identificaron algunas imprecisiones o confusiones menores en la redacción de los procedimientos.
- Ortografía y gramática: La ortografía y gramática de la guía fueron evaluadas de manera muy positiva.

Estos hallazgos sugieren que, aunque la guía propuesta es una herramienta útil para el aprendizaje, pequeñas modificaciones podrían optimizar su efectividad y para futuras revisiones, se recomienda prestar especial atención a la claridad de las instrucciones.

2.7.1.4 Laboratorio 4: Medición de Distancia y Humedad Relativa Utilizando los Sensores HC-SR04 y DHT11. Para esta práctica una muestra total de 12 estudiantes, evaluaron la guía de laboratorio propuesta.

Estos calificaron la guía siguiendo los criterios de contenido, organización, presentación, precisión y ortografía y gramática de la guía. A continuación, se presenta el análisis detallado por criterio (Figura 12), de los resultados obtenidos:

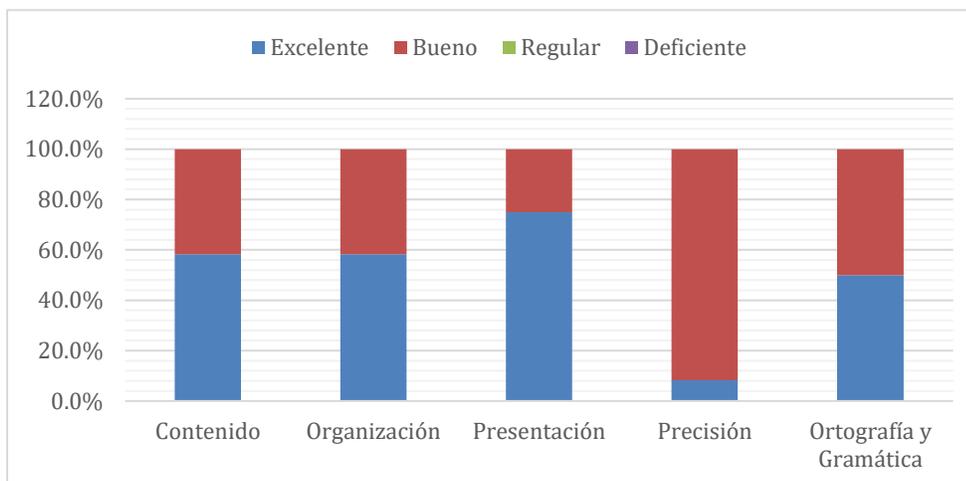
Contenido: El 58.3% de los estudiantes evaluó el contenido de la guía como completo y preciso, mientras que el 41.7% identificó algunas omisiones o falta de profundidad en ciertos ejercicios. Estos resultados sugieren que, si bien el contenido general es sólido, podrían incorporarse ejemplos adicionales o explicaciones más detalladas para enriquecer aún más la guía.

Organización: El 58.3% de los estudiantes consideró que la organización de la guía es excelente ya que esta presentó una estructura lógica y coherente, facilitando la comprensión de los procedimientos experimentales. Sin embargo, el 41.7% de estos calificó la organización como buena, ya que algunas secciones de

la guía, podrían estar desordenadas o les faltó un poco de claridad en la organización.

Figura 12

Resultados de evaluación de guía de laboratorio por parte de los estudiantes



Nota. Fuente Propia

Presentación: El 75% de los encuestados calificó la presentación de la guía como excelente, destacando la claridad y concisión de los elementos visuales como gráficos y tablas, lo que facilitó la comprensión de los conceptos. Y solamente el 25% de estos valoró la presentación de la guía como buena, indicando que la guía tiene un diseño adecuado pero que se pueden utilizar más elementos visuales para mejorar la presentación de la información.

Precisión: Es destacable que solo el 8.3% de los estudiantes valoró que la guía tuviera excelente precisión en la descripción de los procedimientos solicitados. Por otro lado, el 91.7% restante consideró la precisión de la guía como buena, indicando que se pudieron haber observado algunos errores menores en la terminología o en las instrucciones. Estos resultados sugieren que, si bien la precisión general de la guía fue evaluada positivamente, es un aspecto que podría mejorarse aún más mediante una revisión detallada de la terminología y las instrucciones.

Ortografía y gramática: El 50% de los participantes calificaron la ortografía y gramática de guía como excelente, lo que indica que estos no encontraron errores ortográficos y/o gramaticales en su redacción. Sin embargo, una proporción igual de los encuestados (50%), valoraron la ortografía y gramática de la guía como buena, lo que indica que se encontraron algunos errores menores pero que no afectaron significativamente la comprensión del texto.

Por tanto, los resultados de esta evaluación indican que la guía de laboratorio propuesta fue valorada de manera muy positiva por los estudiantes, destacando su contenido sólido, organización y presentación. Sin embargo, se identificaron algunas áreas de mejora, principalmente relacionadas a la precisión. Los principales hallazgos de esta evaluación fueron los siguientes:

- Contenido: El contenido de la guía se consideró completo y preciso en su gran mayoría.
- Organización: La estructura de la guía fue valorada muy positivamente por muchos estudiantes. Y se observó un valor consistente al tomar en consideración las observaciones brindadas por los estudiantes.
- Presentación: La presentación visual de la guía fue bien valorada. Sin embargo, Solo el 7.6% de los estudiantes consideró que la presentación de la guía carecía de claridad en la información visual, lo que sugiere que, aunque en general fue bien valorada, podrían realizarse ajustes menores para mejorar la comprensión en algunos aspectos.
- Precisión: Aunque la precisión en la descripción de los procedimientos fue considerada muy adecuada en general. El 91.7% de los participantes consideró que se pueden mejorar si se corrigen algunos errores menores observados en la terminología o en las instrucciones.
- Ortografía y gramática: La ortografía y gramática de la guía fueron evaluadas de manera muy positiva. Aunque también se encontraron algunos errores que, aunque no afectaron el contexto, podrían corregirse.

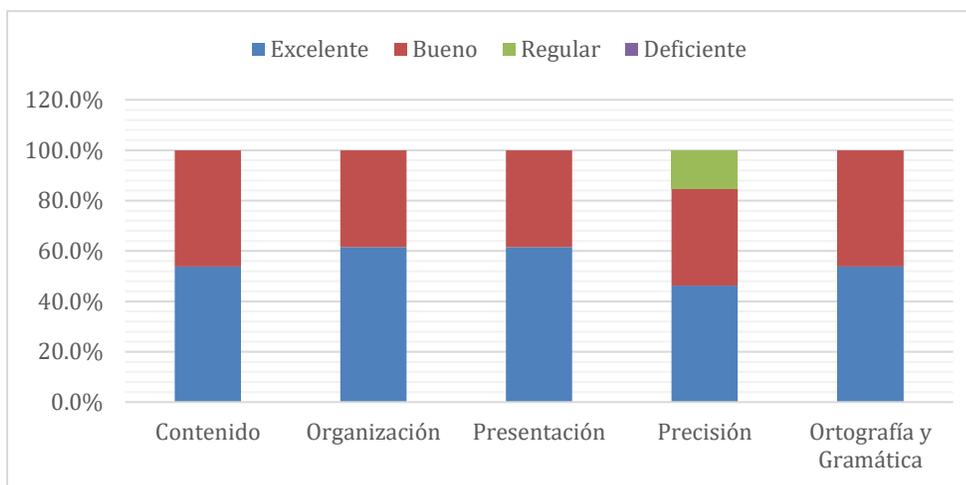
Estos hallazgos sugieren que, la precisión en la descripción de los procedimientos es un área que requiere especial atención en futuras revisiones. A pesar de estas

observaciones, la guía fue considerada como un instrumento de gran utilidad para el aprendizaje y puede ser optimizada mediante pequeños ajustes para mejorar su efectividad.

2.7.1.5 Laboratorio 5: Medición de Presión Atmosférica Utilizando el Sensor BMP180. Para esta última práctica una muestra total de 13 estudiantes, evaluaron la guía de laboratorio propuesta. Estos calificaron la guía siguiendo los criterios de contenido, organización, presentación, precisión y ortografía y gramática de la guía. A continuación, se presenta el análisis detallado por criterio (Figura 13), de los resultados obtenidos:

Figura 13

Resultados de evaluación de guía de laboratorio por parte de los estudiantes



Nota. Fuente Propia

Contenido: El contenido de la guía fue considerado completo y preciso por el 53.8% de los estudiantes, mientras que el 46.2% identificó algunas omisiones o falta de profundidad en ciertos ejercicios. Estos resultados sugieren que, si bien el contenido general es sólido, podrían incorporarse ejemplos adicionales o explicaciones más detalladas para enriquecer aún más la guía.

Organización: El 61.5% de los estudiantes consideró que la organización de la guía es excelente ya que esta presentó una estructura lógica y coherente, facilitando la comprensión de los procedimientos experimentales. Sin embargo, el

38.5% de estos calificó la organización como buena, ya que algunas secciones de la guía, podrían estar desordenadas o les faltó un poco de claridad en la organización.

Presentación: El 61.5% de los encuestados calificó la presentación de la guía como excelente, destacando la claridad y concisión de los elementos visuales como gráficos y tablas, lo que facilitó la comprensión de los conceptos. Y solamente el 38.5% de estos evaluaron la presentación de la guía como buena, indicando que la guía tiene un diseño adecuado pero que se pueden utilizar más elementos visuales para mejorar la presentación de la información.

Precisión: El 38.5% de los estudiantes calificó la guía como excelente en la precisión de la descripción de los procedimientos solicitados. El 46.2% consideró la precisión de la guía como buena, indicando que se pudieron haber observados algunos errores menores en la terminología o en las instrucciones y solamente un 15.3% de los estudiantes calificaron la precisión del material como regular indicando así que la guía es en su mayoría precisa, pero tiene imprecisiones o confusiones en la redacción o en las instrucciones.

Ortografía y gramática: El 53.8% de los participantes calificaron la ortografía y gramática de guía como excelente, lo que indica que estos no encontraron errores ortográficos y/o gramaticales en su redacción. No obstante, el 46.2% restante valoró la ortografía y gramática de la guía como buena, lo que indica que se encontraron algunos errores menores pero que no afectaron significativamente la comprensión del texto.

Por tanto, los resultados de esta evaluación indican que la guía de laboratorio propuesta fue valorada de manera muy positiva por los estudiantes, destacando su contenido sólido, organización y presentación. Sin embargo, se identificaron algunas áreas de mejora, principalmente relacionadas a la precisión. Los principales hallazgos de esta evaluación fueron los siguientes:

- **Contenido:** El contenido de la guía se consideró completo y preciso en su gran mayoría.

- Organización: La estructura de la guía fue valorada muy positivamente por muchos estudiantes.
- Presentación: La presentación visual de la guía fue bien valorada. Y se percibió una mejoría en este aspecto al tomar en consideración las observaciones brindadas por los estudiantes en prácticas anteriores.
- Precisión: Aunque la precisión en la descripción de los procedimientos fue considerada muy adecuada en general, se identificaron algunas imprecisiones o confusiones menores en la redacción de los procedimientos. El principal inconveniente fue vinculado a la omisión de información crucial en el video de apoyo para realizar la simulación (como el acceso al código y la falta de una librería requerida en Arduino IDE), lo cual dificultó la realización de la práctica para algunos estudiantes.
- Ortografía y gramática: La ortografía y gramática de la guía fueron evaluadas de manera muy positiva. Aunque también se encontraron algunos errores que, aunque no afectaron el contexto, podrían corregirse.

Estos hallazgos sugieren nuevamente que, la precisión en la descripción de los procedimientos es un área que requiere especial atención en futuras revisiones. En este caso la omisión en la información requerida para realizar la práctica al utilizar el video de apoyo es un punto clave a mejorar. Sin embargo, a pesar de estas observaciones, la guía fue considerada como un instrumento de utilidad para el aprendizaje y puede ser optimizada mediante pequeños ajustes para mejorar su efectividad.

2.7.2 Rúbrica de desempeño para evaluar a los estudiantes

Esta rúbrica tiene como objetivo evaluar la comprensión y desempeño de los estudiantes, al utilizar los instrumentos de laboratorios propuestos, para la clase de sistemas de medición. La tabla 3 muestra los criterios de evaluación utilizados, los cuales son: Conocimiento del tema, Trabajo Previo, Cumplimiento de objetivos, Culminación en tiempo y forma y Comprensión de la guía de laboratorio. Para esto se utilizará una escala de valoración de Excelente, Bueno, Regular y Deficiente.

Tabla 3*Criterios de evaluación para evaluar a estudiantes*

Criterios de evaluación	Excelente	Bueno	Regular	Deficiente
Conocimiento del tema	El estudiante demuestra un conocimiento profundo y sólido del tema, así como comprensión completa de los conceptos claves.	El estudiante demuestra un buen conocimiento del tema, comprendiendo la mayoría de conceptos claves.	El estudiante demuestra un conocimiento básico del tema, aunque presenta dificultades con algunos conceptos claves.	El estudiante muestra una comprensión limitada del tema y dificultad para aplicar los conceptos claves.
Trabajo previo	El estudiante muestra una excelente preparación previa realizando todos los ejercicios previos de la guía de laboratorio.	El estudiante muestra un buen nivel de preparación previa realizando casi todos los ejercicios previos de la guía de laboratorio.	El estudiante muestra una previa básica realizando algunos de los ejercicios previos de la guía de laboratorio.	El estudiante presenta una falta de preparación previa. Y no realizó los ejercicios previos de la guía de laboratorio.
Cumplimiento de objetivos	El estudiante cumple con todos los objetivos de la guía de manera excelente, con un alto nivel de precisión y calidad en los resultados.	El estudiante cumple la mayoría de los objetivos de la guía de manera satisfactoria, con precisión y calidad en los resultados.	El estudiante cumple algunos de los objetivos de la guía, aunque con algunas deficiencias en la precisión y calidad de los resultados.	El estudiante no cumplió con los objetivos de la guía de manera adecuada ya que carece de precisión y calidad en los resultados.
Culminación en tiempo y forma	El estudiante culminó la guía de laboratorio de manera excelente y	El estudiante culminó la guía de laboratorio de manera satisfactoria y	El estudiante culminó la guía de laboratorio dentro del plazo	El estudiante no culminó la guía de laboratorio dentro del

	dentro del plazo establecido, sin retrasos.	dentro del plazo establecido, con algunos retrasos menores.	establecido, aunque con retrasos significativos.	plazo establecido.
Comprensión de la guía	El estudiante demuestra una comprensión profunda y completa de todos los aspectos y requerimientos de la guía de laboratorio.	El estudiante demuestra una buena comprensión de la mayoría de los aspectos y requerimientos de la guía de laboratorio.	El estudiante demuestra una comprensión básica de algunos aspectos y requerimientos de la guía de laboratorio.	El estudiante no muestra una comprensión adecuada de los aspectos y requerimientos de la guía de laboratorio.

Nota. Fuente Propia

Una vez que los criterios de evaluación fueron definidos, se procedió a la implementación de los mismos, a través de encuestas realizadas al docente encargado de impartir la asignatura de sistemas de Medición, Ing. Álvaro Gaitán; por cada guía de laboratorio. Las encuestas se ejecutaron una vez que el docente calificó el trabajo presentado por los estudiantes, para así obtener la retroalimentación correspondiente. Por lo tanto, fue posible obtener los siguientes resultados:

2.7.2.1 Laboratorio 1: Medición de Temperatura Utilizando el Sensor PT100.

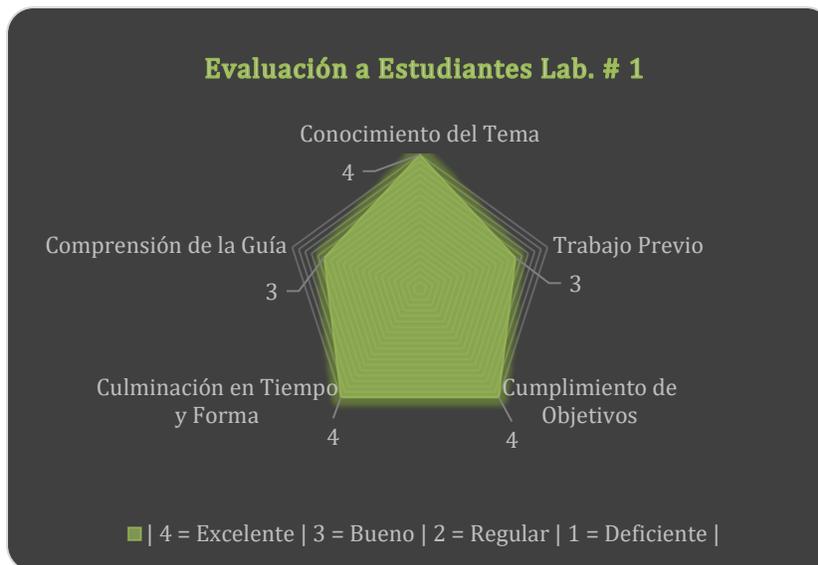
El análisis detallado de los resultados obtenidos por criterio (Figura 14) fue el siguiente:

- **Conocimiento del tema:** Este criterio fue calificado como excelente. Lo cual indica que los estudiantes demostraron un conocimiento profundo y sólido del tema, así como comprensión completa de los conceptos claves.
- **Trabajo previo:** Este criterio fue calificado como bueno. Por lo tanto, sugiere que los alumnos mostraron un buen nivel de preparación previa, al realizar casi todos los ejercicios previos de la guía de laboratorio. Este resultado pudo

haber sido afectado por las dificultades encontradas en el ejercicio previo No. 6 de la guía.

Figura 14

Resultados de evaluación de guía de laboratorio por parte del docente



Nota. Fuente Propia

- **Cumplimiento de objetivos:** Este criterio fue valorado como excelente. Ya que el estudiante cumplió con todos los objetivos de la guía sin ninguna dificultad, con un alto nivel de precisión y calidad en los resultados.
- **Culminación en tiempo y forma:** Este criterio fue valorado como excelente. Lo que demuestra que los estudiantes culminaron la práctica de laboratorio de manera excelente y dentro del plazo establecido, sin retrasos.
- **Comprensión de la guía:** Este criterio fue valorado como bueno. Lo que a punto de vista del docente indica que los estudiantes demostraron una buena comprensión de la mayoría de los aspectos y requerimientos de la guía de laboratorio.

Los resultados obtenidos indican que, en general, los estudiantes mostraron un alto nivel de desempeño y revelan que el diseño del instrumento de laboratorio resultó efectivo para fomentar el aprendizaje de los conceptos teóricos y el desarrollo de habilidades prácticas. Sin embargo, dado que se observaron

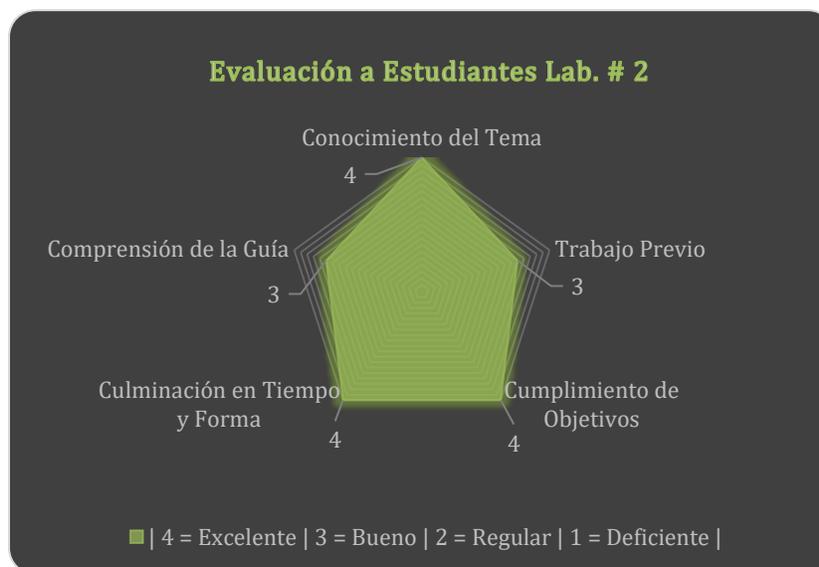
algunas dificultades en el ejercicio previo número 6, es posible que sea necesario reforzar ciertos conceptos teóricos relacionados a la temática del laboratorio desarrollado.

2.7.2.2 Laboratorio 2: Medición de Temperatura Utilizando como Sensor la Termocupla Tipo K. El análisis detallado de los resultados obtenidos por criterio (Figura 15) fue el siguiente:

- Conocimiento del tema: Este criterio fue calificado como excelente. Lo cual indica que los estudiantes demostraron un conocimiento profundo y sólido del tema, así como comprensión completa de los conceptos claves.
- Trabajo previo: Este criterio fue calificado como bueno. Por lo tanto, sugiere que los alumnos mostraron un buen nivel de preparación previa, al realizar casi todos los ejercicios previos de la guía de laboratorio.
- Cumplimiento de objetivos: Este criterio fue valorado como excelente. Ya que el estudiante cumplió con todos los objetivos de la guía sin ninguna dificultad, con un alto nivel de precisión y calidad en los resultados.

Figura 15

Resultados de evaluación de guía de laboratorio por parte del docente



Nota. Fuente Propia

- Culminación en tiempo y forma: Este criterio fue valorado como excelente. Lo que demuestra que los estudiantes culminaron la práctica de laboratorio de manera excelente y dentro del plazo establecido, sin retrasos.
- Comprensión de la guía: Este criterio fue valorado como bueno. Lo que a punto de vista del docente indica que los estudiantes demostraron una buena comprensión de la mayoría de los aspectos y requerimientos de la guía de laboratorio.

Los resultados obtenidos indican que, en general, los estudiantes mostraron un alto nivel de desempeño. Así mismo, revelan que el diseño del instrumento de laboratorio resultó efectivo para fomentar el aprendizaje de los conceptos teóricos y el desarrollo de habilidades prácticas. Sin embargo, es recomendable incorporar actividades adicionales para reforzar los conocimientos teóricos.

2.7.2.3 Laboratorio 3: Medición de Corriente, Voltaje y Potencia Utilizando el Sensor ACS712T. El análisis detallado de los resultados obtenidos por criterio (Figura 16) fue el siguiente:

Figura 16

Resultados de evaluación de guía de laboratorio por parte del docente



Nota. Fuente Propia

- Conocimiento del tema: Este criterio fue calificado como bueno. Lo cual indica que los estudiantes demostraron tener buen conocimiento del tema, comprendiendo la mayoría de conceptos claves.
- Trabajo previo: Este criterio fue calificado como bueno. Por lo tanto, sugiere que los alumnos mostraron un buen nivel de preparación previa, al realizar casi todos los ejercicios previos de la guía de laboratorio.
- Cumplimiento de objetivos: Este criterio fue valorado como excelente. Ya que el estudiante cumplió con todos los objetivos de la guía sin ninguna dificultad, con un alto nivel de precisión y calidad en los resultados.
- Culminación en tiempo y forma: Este criterio fue valorado como excelente. Lo que demuestra que los estudiantes culminaron la práctica de laboratorio de manera excelente y dentro del plazo establecido, sin retrasos.
- Comprensión de la guía: Este criterio fue valorado como bueno. Lo que a punto de vista del docente indica que los estudiantes demostraron una buena comprensión de la mayoría de los aspectos y requerimientos de la guía de laboratorio.

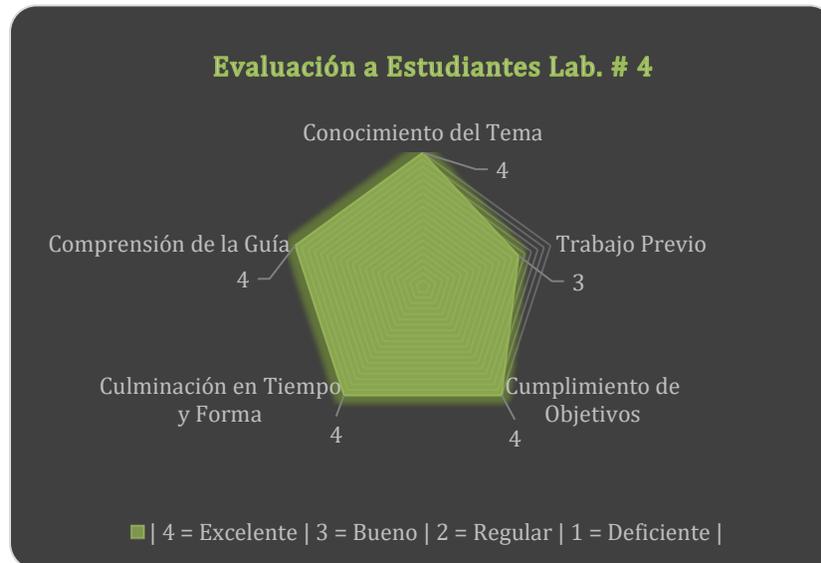
Los resultados obtenidos a través de la evaluación del docente y del análisis del desempeño de los estudiantes indican que, en general, se alcanzó un alto nivel de logro en la práctica de laboratorio. Así mismo, revelan que el diseño del instrumento de laboratorio resultó efectivo para fomentar el aprendizaje de los conceptos teóricos y el desarrollo de habilidades prácticas. Sin embargo, se recomienda incorporar actividades adicionales para reforzar los conocimientos teóricos.

2.7.2.4 Laboratorio 4: Medición de Distancia y Humedad Relativa Utilizando los Sensores HC-SR04 y DHT11. El análisis detallado de los resultados obtenidos por criterio (Figura 17) fue el siguiente:

- Conocimiento del tema: Este criterio fue calificado como excelente. Lo cual indica que los estudiantes demostraron un conocimiento profundo y sólido del tema, así como comprensión completa de los conceptos claves.

Figura 17

Resultados de evaluación de guía de laboratorio por parte del docente



Nota. Fuente Propia

- Trabajo previo: Este criterio fue calificado como bueno. Por lo tanto, sugiere que los alumnos mostraron un buen nivel de preparación previa, al realizar casi todos los ejercicios previos de la guía de laboratorio.
- Cumplimiento de objetivos: Este criterio fue valorado como excelente. Ya que el estudiante cumplió con todos los objetivos de la guía sin ninguna dificultad, con un alto nivel de precisión y calidad en los resultados.
- Culminación en tiempo y forma: Este criterio fue valorado como excelente. Lo que demuestra que los estudiantes culminaron la práctica de laboratorio de manera excelente y dentro del plazo establecido, sin retrasos.
- Comprensión de la guía: Este criterio fue valorado como excelente. Lo que a punto de vista del docente indica que los estudiantes demostraron una comprensión profunda y completa de todos los aspectos y requerimientos de la guía de laboratorio.

Los resultados obtenidos indican que el diseño del instrumento de laboratorio fue exitoso en fomentar el aprendizaje y el desarrollo de habilidades prácticas. Y para fortalecer aún más el proceso de aprendizaje, se sugiere incorporar actividades

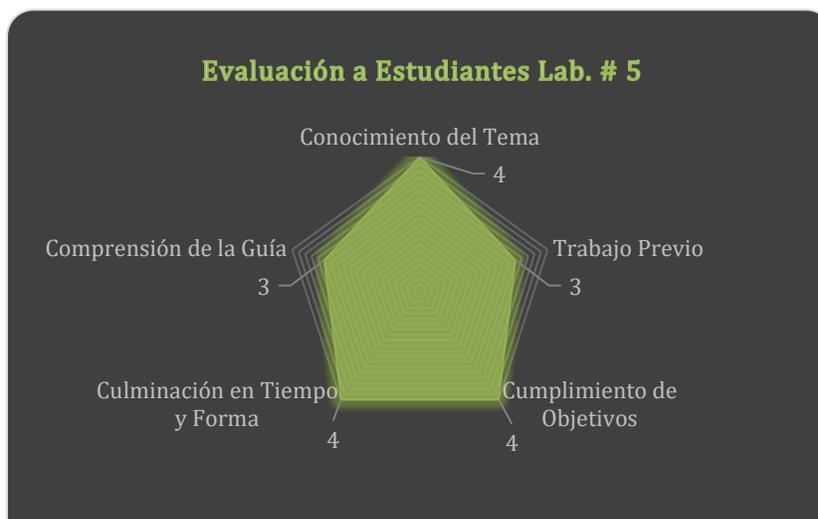
complementarias enfocadas en el análisis crítico de datos y la resolución de problemas, a fin de estimular un pensamiento más autónomo en los estudiantes.

2.7.2.5 Laboratorio 5: Medición de Presión Atmosférica Utilizando el Sensor BMP180. El análisis detallado de los resultados obtenidos por criterio (Figura 18) fue el siguiente:

- Conocimiento del tema: Este criterio fue calificado como excelente. Lo cual indica que los estudiantes demostraron un conocimiento profundo y sólido del tema, así como comprensión completa de los conceptos claves.
- Trabajo previo: Este criterio fue calificado como bueno. Por lo tanto, sugiere que los alumnos mostraron un buen nivel de preparación previa, al realizar casi todos los ejercicios previos de la guía de laboratorio.
- Cumplimiento de objetivos: Este criterio fue valorado como excelente. Ya que el estudiante cumplió con todos los objetivos de la guía sin ninguna dificultad, con un alto nivel de precisión y calidad en los resultados.
- Culminación en tiempo y forma: Este criterio fue valorado como excelente. Lo que demuestra que los estudiantes culminaron la práctica de laboratorio de manera excelente y dentro del plazo establecido, sin retrasos.

Figura 18

Resultados de evaluación de guía de laboratorio por parte del docente



Nota. Fuente Propia

- **Comprensión de la guía:** Este criterio fue valorado como bueno. Lo que a punto de vista del docente indica que los estudiantes demostraron una buena comprensión de la mayoría de los aspectos y requerimientos de la guía de laboratorio.

Los resultados obtenidos sugieren que el diseño del instrumento de laboratorio fue exitoso en fomentar la adquisición de conocimientos teóricos sólidos sobre sensores de presión y el desarrollo de habilidades prácticas de medición. Para reforzar aún más los conocimientos teóricos, se sugiere incluir actividades adicionales que involucren la simulación de diferentes escenarios de medición y el análisis de los resultados obtenidos.

2.8 Análisis de Resultados

Esta investigación desarrolló cinco nuevos instrumentos de laboratorio, los cuales fueron diseñados siguiendo el modelo ADDIE, para facilitar la medición práctica de variables físicas de manera experimental. Estos instrumentos, adaptables a entornos presenciales y remotos, fomentaron un aprendizaje activo y significativo, mejorando la comprensión conceptual y las habilidades prácticas de los estudiantes. Los videos didácticos complementarios resultaron ser una herramienta eficaz para guiar a los estudiantes en las prácticas de medición electrónica. Las rúbricas de desempeño utilizadas permitieron evaluar y mejorar continuamente los instrumentos, asegurando su efectividad.

Este estudio innovó al presentar los instrumentos de laboratorio actualizados, diseñados para adaptarse a las necesidades de la educación moderna. Al combinar la práctica con la teoría a través de videos didácticos y rúbricas de desempeño, se logró un aprendizaje más profundo y significativo en los estudiantes. Los resultados demuestran que estos instrumentos son una herramienta valiosa para mejorar la enseñanza en la unidad II de la asignatura de sistemas de medición en entornos tanto presenciales como virtuales.

Los estudiantes se beneficiaron significativamente del uso de estos nuevos instrumentos de laboratorio, diseñados específicamente para facilitar la

comprensión de conceptos científicos complejos. La combinación de prácticas de laboratorio tradicionales con recursos digitales, como los videos didácticos, permitió a los estudiantes desarrollar habilidades prácticas y un pensamiento crítico más sólido. Los resultados obtenidos respaldan la idea de que estos instrumentos pueden mejorar el rendimiento académico de los estudiantes.

CAPÍTULO III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Conclusiones

Este estudio presenta cinco nuevos instrumentos de laboratorio actualizados y diseñados siguiendo el modelo ADDIE que permitieron a los estudiantes medir de manera práctica variables físicas como temperatura, corriente eléctrica, distancia y presión. A su vez estos, fueron diseñados para ser adaptables tanto a entornos de aprendizaje presencial como remoto. Por lo que, de esta manera no solo se cumplen con los estándares educativos actuales, sino que también abordan la necesidad de prácticas de laboratorio más flexibles y accesibles para todos los estudiantes. Los resultados indican que estos instrumentos fomentan un aprendizaje activo y significativo, mejorando la comprensión conceptual y las habilidades prácticas de los estudiantes.

Los resultados del estudio revelaron que los videos didácticos elaborados sirvieron como una herramienta eficaz para guiar a los estudiantes en la realización de prácticas de medición electrónica, fortaleciendo significativamente sus conocimientos y habilidades en esta área. Los estudiantes valoraron positivamente la claridad, la organización y el nivel de detalle tanto de las guías de laboratorio como de los videos de apoyo, lo que les permitió comprender mejor los conceptos teóricos para aplicarlos con mayor precisión en las prácticas. Estos hallazgos sugieren que la incorporación de videos instructivos en la enseñanza de la medición electrónica puede ser una estrategia beneficiosa para mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

Con el fin de obtener los datos más precisos posibles se realizaron rúbricas de desempeños para evaluar distintos aspectos de los instrumentos de laboratorio propuestos, con el fin de retroalimentar cualquier falla en el contenido propuesto y así realizar las correcciones correspondientes para obtener el mejor desempeño por parte de los estudiantes. Cabe destacar que los datos a su vez fueron realimentados por el docente para validar la viabilidad del proyecto.

3.2 Recomendaciones

En esta sección final de la monografía, se presentan las recomendaciones derivadas del estudio realizado. Estas recomendaciones se basan en los hallazgos y conclusiones obtenidos a lo largo de la investigación, y buscan ofrecer sugerencias para que en acciones futuras puedan ser tomadas en consideración por los diversos actores interesados.

1. Los estudiantes valoraron de manera positiva el hecho que tuvieran un acceso sencillo al material de apoyo. Por tanto, sería recomendable añadir herramientas a mayor información a través por ejemplo de códigos QR.
2. Dado que se observaron dificultades al elaborar el código de programación de las clases prácticas. Sería recomendable reforzar los conocimientos de los estudiantes en esta área de aprendizaje. Específicamente con el lenguaje C++ para realizar prácticas más fluidas en el IDE de Arduino.
3. Realizar las distintas prácticas propuestas montando los circuitos de manera física para observar el comportamiento de los sensores en un ambiente real, utilizando el contenido de las guías de laboratorio.
4. Se recomienda realizar investigaciones futuras para explorar el uso de videos en otras asignaturas y niveles educativos, dado el potencial de esta herramienta para que los estudiantes puedan aprender a su propio ritmo. De igual manera evaluar el impacto de esta recomendación a largo plazo en el rendimiento académico de los estudiantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Arrieta, V. (25 de Enero de 2019). *Arca Electrónica*. Obtenido de https://www.arcaelectronica.com/blogs/tutoriales/sensor-de-voltaje-fz0430-con-arduino?srsIid=AfmBOorJFE_yUfw2s2uMaeQzQFj-G0Lsvy5f8UNIT7DNMnDViUWvjNk-
- Ausubel, D. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. (Segunda ed.). Barcelona, España: Paidós Ibérica.
- Bolton, W., & Lomel Dáz, L. I. (2013). *Mecatrónica: sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica* (Quinta ed.). Alfaomega Grupo Editor.
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction : proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Cooper, W. D., & Helfrick, A. D. (1991). *Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición*. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- Equipo de Allegro Microsystems. (2024). Fully Integrated, Hall-Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.4 kVrms Isolation and a Low-Resistance Current Conductor. *ACS712*, 1-16.
- Equipo de Analog Devices. (1999). Low Cost, Low Power Instrumentation Amplifier AD620. *Analog Devices Datasheet*, 1-16.
- Equipo de Analog Devices. (1999). Monolithic Thermocouple Amplifiers with Cold Junction Compensation AD594/AD595. *Analog Devices Datasheet*, 1-8.
- Equipo de Arduino. (2018). *Arduino.cc*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Equipo de Atmel. (2015). ATmega328P - 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash. *ATmega328P*, 294.
- Equipo de Atomi Systems. (2023). *Atomi*. Obtenido de <https://atomisystems.com/activepresenter/tutorials/>

- Equipo de Bosch. (2013). BMP180 Digital Pressure Sensor. *Datasheet Bosch Sensortec*, 28.
- Equipo de Labcenter Electronics. (1988). *Proteus - PCB Design & Simulation Made Easy*. Obtenido de <https://www.labcenter.com/whyvsm/>
- Equipo de Mouser Electronics. (s.f.). DHT11 Humidity & Temperature Sensor. *Mouser Electronics*, 9.
- Equipo de Robolution. (2019). *Robolution*. Obtenido de http://robolution.mx/clases/electronica_basica/clase.html
- Estrada, S. J., & Lira, J. A. (2017). Desarrollo de instrumentos de laboratorio para la asignatura de Sistema de medición en el área de Sistemas de Adquisición de Datos que contribuya a la construcción de un aprendizaje significado de los estudiantes en Ingeniería Electrónica. Managua, Nicaragua. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/id/eprint/2223>
- Fraden, J. (2010). *Handbook of Modern Sensors - Physics, Designs and Applications*. Springer New York Heidelberg Dordrecht London.
- Hernández Rozo, F. M., & David Lobo, M. E. (2021). Sistematización de una experiencia de aprendizaje: Uso del modelo ADDIE para el diseño de un curso virtual. Cali, Colombia. Obtenido de https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/88923/1/T02227.pdf
- Intrumentación de Procesos Industriales*. (s.f.). Obtenido de <https://instrumentacionuc.wixsite.com/facultad-ingenieria/copia-de-termometros-de-resistencia-1>
- Langari, R., & Morris, A. S. (2012). *Measurement and Instrumentation: Theory and Application*. Elsevier Science.
- Morales Solórzano, L. P. (2003). Guías para los laboratorios de Electrónica 1 y Electrónica 3. Guatemala.
- Morgan, E. J. (2014). HC-SR04 Ultrasonic Sensor. 1-6.

- Rizo, E. E. (2014). Diseño e implementación de guías de laboratorios para la asignatura de sistemas de medición que contribuyan con el aprendizaje significativo en los estudiantes de ingeniería electrónica. Managua, Nicaragua. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/id/eprint/1267>
- Silva, C. W. (2016). *Sensors and Actuators Engineering System Instrumentation*. Taylor & Francis Group.