

UNIVERSIDAD CENTRAL
VICERRECTORÍA ACADÉMICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DISEÑO DE GUÍAS DIDÁCTICAS INTERACTIVAS, PARA LA
OPTIMIZACIÓN DEL APRENDIZAJE TEÓRICO-PRÁCTICO, EN
LOS CURSOS DE CONTROL AUTOMÁTICO Y MÁQUINAS
ELÉCTRICAS DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA Y ELECTROMECAÁNICA, EN LA UNIVERSIDAD
CENTRAL**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

ESTUDIANTE: FRANCISCO JOSÉ MIRANDA MORA

TUTOR: ING. DIEGO ALONSO RAMÍREZ ROJAS

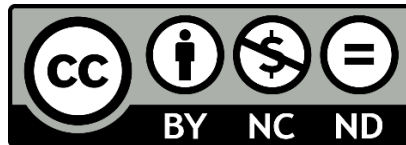
SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA

2025

Carta de Entendimiento

San José, 02 de agosto del 2025

Yo, Francisco José Miranda Mora, cédula de identidad número 304500357, estudiante de la carrera de Ingeniería Electrónica, en condición de autor del Trabajo Final de Graduación titulado **“Diseño de guías didácticas interactivas, para la optimización del aprendizaje teórico-práctico, en los cursos de control automático y máquinas eléctricas de las carreras de ingeniería electrónica y electromecánica, en la universidad central”**, acepto que este documento tenga la más amplia difusión pública a través de la Internet, por medio del depósito en el repositorio de acceso abierto de la Biblioteca de la Universidad Central, bajo la siguiente licencia:



Esta obra está sujeta a la licencia Reconocimiento-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

Firma

A handwritten signature in black ink is written over a horizontal line. The signature is stylized and appears to be the name of the author, Francisco José Miranda Mora.

Contenido

DECLARACIÓN JURADA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CÉDULA DE IDENTIDAD	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
SOLICITUD DE DEFENSA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CERTIFICADO DEL FILÓLOGO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CARTA DE ENTENDIMIENTO	I
TABLAS	VII
FIGURAS	VIII
SIGLAS Y ACRÓNICOS	IX
DEDICATORIA	X
AGRADECIMIENTOS	XI
RESUMEN	XII
CAPÍTULO I. PROBLEMA	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 <i>Objetivo General</i>	4
1.2.2 <i>Objetivos Específicos Ordenar el orden de los objetivos</i>	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 ANTECEDENTES	6
1.4.1 <i>Antecedentes Nacionales</i>	6

1.4.2 Antecedentes Internacionales	8
1.5 PROYECCIONES	9
1.5.1 Alcances	10
1.5.2 Limitaciones	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	12
2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	13
2.1.1 Visión / Misión	13
2.1.1.1 Visión	13
2.1.1.2 Misión	13
2.1.2 Antecedentes Históricos	14
2.1.3 Ubicación Geográfica	14
2.2 APRENDIZAJE PRÁCTICO EN EDUCACIÓN TÉCNICA Y UNIVERSITARIA.....	14
2.2.1 Importancia del Aprendizaje Práctico en la Formación de Técnicos e Ingenieros.....	14
2.2.2 Diferencias Entre el Aprendizaje Teórico y Práctico	15
2.2.3 Modelos Pedagógicos que Promueven el Aprendizaje Práctico.....	16
2.3 ENCUESTAS.....	18
2.3.1 Tipos de Encuestas	19
2.3.2 Características.....	19
2.4 LABORATORIOS.....	20
2.4.1 Tipos de Laboratorios.....	20
2.4.1.1 Características.....	20
2.4.2 Diseño y Equipamiento.....	22

2.4.3 Factores Ergonómicos, Seguridad y Uso Eficiente del Espacio	23
2.5 GUÍAS DIDÁCTICAS DE TRABAJO	24
2.5.1 Importancia.....	25
2.5.2 Elaboración de una Guía Didáctica	25
2.6 TECNOLOGÍAS EN LABORATORIOS	26
2.6.1 Plataformas Virtuales.....	26
2.6.2 Simuladores.....	27
2.7 APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS (ABP).....	28
2.7.1 Atributos	29
2.7.2 Diseño del ABP	29
2.8 MÉTODOS DE EVALUACIÓN	30
2.8.1 Tipos de Métodos de Evaluación.....	31
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	32
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	33
3.3.1 Sujetos de Información.....	34
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS	34
3.5 INSTRUMENTOS.....	35
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	35
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	36
4.1 ENCUESTA DOCENTE	37

4.1.1 Perfil Profesional del Docente:	37
4.1.2 Condiciones Actuales de Laboratorios	37
4.1.3 Equipamiento Necesario.....	38
4.1.4 Metodologías de Enseñanza Empleadas	39
4.1.5 Material Didáctico	39
4.1.6 Factores para Mejorar la Enseñanza.....	40
4.1.7 Principales Limitaciones en la Enseñanza.....	40
4.1.8 Sugerencias para la Mejora.....	40
4.2 ENCUESTA ESTUDIANTES	41
4.2.1 Perfil del Estudiante.....	42
4.2.2 Condiciones de los Laboratorios	42
4.2.3 Aprendizaje Práctico.....	43
4.2.4 Uso de Tecnologías y Simuladores	44
4.2.5 Material Didáctico	44
4.2.6 Propuestas de Mejora.....	44
4.3 PROPUESTA DE GUÍAS DIDÁCTICAS INTERACTIVAS	45
4.3.1 Laboratorios.....	45
4.3.2 Control Automático	53
4.3.3 MÁQUINAS ELÉCTRICAS.....	57
4.3.3.1 PRÁCTICAS PRESENCIALES.....	58
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
5.1 CONCLUSIONES	65

5.2 RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS.....	68
APÉNDICES Y ANEXOS.....	72
ANEXO 1. ENCUESTA DOCENTE.....	73
ANEXO 2. ENCUESTA ESTUDIANTES.....	75
ANEXO 3. PLAN CONTROL AUTOMÁTICO.....	77
ANEXO 4. PLAN MÁQUINAS ELÉCTRICAS.....	91

Tablas

Tabla I. Diferencias Entre el Aprendizaje Teórico y Práctico.....	<u>16</u>
Tabla II. Ventajas y Desventajas de Simuladores.....	<u>28</u>
Tabla III. Plataforma y Herramientas Digitales.....	<u>48</u>

Figuras

Figura 1. ¿Cuenta con un laboratorio adecuado para impartir prácticas en su curso?.....	38
Figura 2. Equipos o herramientas que hacen falta en los laboratorios.....	39
Figura 3. ¿Considera que la materia actual es adecuada?	40
Figura 4. Mejoras para la enseñanza.....	41
Figura 5. Equipos necesarios para prácticas adecuadas.....	43
Figura 6. Uso de laboratorios.....	43
Figura 7. Recursos adicionales para mejoras de la enseñanza.....	45
Figura 8. Laboratorio de Control Automático y Máquinas Eléctricas.....	49
Figura 9. Laboratorio de Control Automático y Máquinas Eléctricas.....	50
Figura 10. Laboratorio de Control Automático y Máquinas Eléctricas.....	51

Siglas y Acrónimos

ABP - Aprendizaje Basado en Proyectos

AC – Corriente Alterna

CONESUP - Consejo Nacional de Educación Superior

DAQ - Tarjetas de Adquisición de Datos

DMAIC- Metodología de resolución de problemas basada en datos (definir, medir, analizar, mejorar y controlar)

DC – Corriente Continua

HMI – Human-Machine Interface

LMS- Learning Management System

PLC - Controladores Lógicos Programables

SINAES- Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior

TIC - Tecnología de la Información y de la Comunicación

UC – Universidad Central

Dedicatoria

A mi familia, pilares inquebrantables, quienes desde el primer día creyeron en mí y me brindaron su incondicional apoyo en este arduo camino hacia la culminación de la licenciatura en docencia. Gracias por ser mi mayor inspiración y por enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo siempre da frutos. Este logro no sería posible sin su amor, paciencia y guía incondicional. Dedico este informe a ustedes, con la certeza de que su orgullo y satisfacción son mi mayor recompensa. A mis profesores y mentores, quienes han dejado una huella imborrable en mi formación académica y personal. Sus enseñanzas y dedicación son cruciales en mi desarrollo como estudiante y ser humano. Cada palabra de aliento y cada desafío planteado son oportunidades de crecimiento y superación, este informe es el resultado de su valioso aporte en mi educación, y les agradezco profundamente por su constante apoyo y sabiduría compartida.

A mis amigos, compañeros de trabajo, quienes han sido cómplice y testigos de mi formación académica, gracias por ser una fuente inagotable de motivación, y en cada logro alcanzado, los llevo en mi corazón. Este informe de graduación es un tributo a nuestra unión y camaradería que perdurará para siempre.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios, por haberme brindado la fuerza, salud y perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan significativa en mi vida profesional y personal.

A mis padres y mi pareja, por ser los pilares fundamentales en mi formación, por su amor incondicional, apoyo constante y enseñanzas que me han guiado a lo largo del camino. A mi familia por motivarme y confiar en mis capacidades.

Expreso mi sincero agradecimiento a mi tutor, el Ing. Diego Ramírez Rojas, por su acompañamiento académico, su orientación precisa y sus valiosas observaciones durante el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Central, por brindarme las herramientas y el espacio académico para crecer como profesional. A los docentes y compañeros que una u otra forma contribuyeron con este proyecto, muchas gracias.

Finalmente, a todas aquellas personas que participaron en las encuestas y compartieron su experiencia para enriquecer este estudio, mi más profundo reconocimiento.

Resumen

La presente investigación propone el diseño de guías didácticas interactivas como herramientas para mejorar el aprendizaje teórico-práctico en los cursos de Control Automático y Máquinas Eléctricas en la Universidad Central. A través de un enfoque mixto, se aplicaron encuestas a docentes y estudiantes, con el objetivo de identificar las principales limitaciones en la enseñanza actual, tales como la carencia de laboratorios adecuados, materiales didácticos desactualizados y baja integración entre la teoría y la práctica.

Como resultado, se desarrolló una propuesta integral que incluye la implementación de un laboratorio híbrido (físico y virtual), la elaboración de guías prácticas estructuradas, y el uso de tecnologías digitales y simuladores educativos. Esta propuesta permite a los estudiantes interactuar con escenarios reales y simulados, reforzando su aprendizaje mediante las metodologías activas como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

Se concluye que la incorporación de estas herramientas didácticas puede mejorar significativamente el rendimiento académico, desarrollar habilidades prácticas y cerrar la brecha existente entre la formación universitaria y las demandas del entorno laboral.

Capítulo I. Problema

1.1 Planteamiento del Problema

El proceso de enseñanza universitaria en Costa Rica se ha centrado en la exposición de conceptos teóricos, con una limitación integrada de actividades prácticas que permitan a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos en la teoría. Este tipo de orientación educativa genera dificultades en los estudiantes para comprender la relación existente en teoría y su aplicación en entornos reales de trabajo; de esta forma, limita el desarrollo de competencias técnicas y analíticas esenciales para la formación profesional de cada uno de los y las estudiantes.

En muchos programas de ingeniería, el acceso a los laboratorios es insuficiente o no se encuentra adecuadamente estructurado para complementar la enseñanza teórica. La falta de herramientas didácticas orientadas a la experimentación y resolución de casos en escenarios reales afecta significativamente a los estudiantes, es decir, existe una brecha en la formación académica y las necesidades de los mercados laborales, donde el desempeño práctico es fundamental para un desempeño exitoso.

Otro aspecto de importancia es la ausencia de herramientas didácticas que guíen tanto a docentes como estudiantes en procesos experimentales y que puedan permitir un camino claro y estructurado para adquirir las competencias necesarias. Las guías no solo facilitan la comprensión de conceptos, sino que también proporcionan un aprendizaje activo y participativo, donde los estudiantes puedan aplicar ejercicios en situaciones similares que se enfrentarán en su vida profesional.

Con esta situación, surge la necesidad de diseñar e implementar guías didácticas para que el aprendizaje integre los aspectos teóricos como prácticos, respaldados por un laboratorio especializado. Estas guías no solo facilitan la comprensión de los cursos de Control Automático

y Máquinas Eléctricas, sino también fomentan el desarrollo en habilidades prácticas con actividades que simulen situaciones reales en la industria. A través del presente estudio, se busca crear herramientas que permitan fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje para preparar a los estudiantes para los desafíos profesionales, mejorando su rendimiento académico y la capacidad de resolución de problemas en el campo de ingeniería.

Ante la presencia del problema que impacta la correcta preparación de futuros ingenieros en Electrónica y Electromecánica de la Universidad Central (UC), se pretende mediante esta tesis solucionar la siguiente pregunta:

¿De qué manera la implementación de guías didácticas integradas con un laboratorio especializado puede mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en los cursos de Control Automático y Máquinas Eléctricas, y contribuir con el desarrollo de competencias técnicas, prácticas y analíticas que preparen mejor a los estudiantes para los desafíos profesionales en el ámbito de la ingeniería?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar guías didácticas de aprendizaje que mejoren el proceso de enseñanza en los cursos de Control Automático y Máquinas Eléctricas en la Universidad Central, promoviendo un enfoque práctico, proporcionando las herramientas que fortalezcan la formación de los estudiantes en la Universidad Central.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar las principales carencias y oportunidades pedagógicas en el contexto académico actual, mediante encuestas y análisis de datos para guiar el diseño de las guías didácticas.
- Analizar el entorno académico y recursos pedagógicos disponibles, evaluando las necesidades y percepciones de estudiantes y docentes, con el fin de identificar las áreas de mejora para la implementación de guías didácticas.
- Diseñar un laboratorio especializado con equipos y módulos que facilite el aprendizaje práctico, permitiendo a los estudiantes realizar prácticas que refuercen los conocimientos adquiridos en clases teóricas.
- Desarrollar material didáctico interactivo y práctico que permita a los estudiantes aplicar conceptos teóricos mediante ejercicios y experimentos que simulen situaciones reales en el entorno industrial.
- Desarrollar módulos de autoevaluación y retroalimentación que permitan a los estudiantes medir su progreso, facilitando un aprendizaje autónomo y personalizado que complemente las guías didácticas implementadas.

1.3 Justificación

La enseñanza en los cursos de Control Automático y Máquinas Eléctricas en universidades enfrenta un reto de integrar eficientemente la teoría con la práctica. La formación de ingenieros en las áreas eléctricas requiere no solo la comprensión teórica, sino también requiere el desarrollo de habilidades prácticas que permitan aplicar los conocimientos en situaciones reales. En muchos casos, el método de enseñanza se limita a clases magistrales y ejercicios teóricos, por lo que dificulta la asimilación de conceptos y su aplicación práctica.

La aplicación de guías didácticas diseñadas para los cursos mencionados contribuirá a mejorar significativamente el proceso de la enseñanza y aprendizaje al dar un enfoque dinámico y práctico. Las guías permitirán al estudiante implicar activamente en el proceso de aprendizaje; por medio de actividades prácticas en laboratorios especializados, que facilitarán la conexión entre la teoría y escenarios industriales, Por lo tanto, se fortalecerá la capacidad de resolver problemas, sino también los prepara mejor para enfrentar los desafíos del mercado laboral.

La creación de un laboratorio especializado con los equipos adecuados será un recurso esencial que permitirá la ejecución de las guías de manera eficiente, brindando equipos y escenarios de trabajo para la realización de las prácticas, por lo tanto, se promoverá un aprendizaje activo, permitiendo a los estudiantes adquirir habilidades técnicas en un ambiente controlado y seguro.

La propuesta del presente estudio no solo busca el beneficio de los estudiantes para mejorar su desempeño en la práctica, sino contribuirá al fortalecimiento de la Universidad Central y a sus docentes al ofrecer un nuevo modelo de enseñanza más completo y moderno, adaptado a la necesidad de las industrias. Por ende, se elevará la calidad de educación en la ingeniería, permitiendo que los futuros graduandos se inserten con mayor facilidad en el mercado laboral.

1.4 Antecedentes

Para poder implementar guías didácticas en cursos de control automático y máquinas eléctricas en la Universidad Central, es importante conocer estudios previos relacionados con la enseñanza de estos cursos a nivel nacional e internacional. Por lo tanto, estos estudios ofrecen una base técnica para realizar una nueva guía didáctica para mejorar la calidad de futuros profesionales en el área de Electrónica y Electromecánica.

1.4.1 Antecedentes Nacionales

1.4.1.1 Creación de un sistema didáctico e interactivo de control automático basado en el péndulo de Futura, Ramírez Rojas, (2016), propone la creación de un sistema para la enseñanza didáctica, la cual permite a los estudiantes aprender con diferentes estrategias; este proyecto está enfocado en la experimentación de control de un péndulo de Futura.

Al ser un sistema inestable y no lineal, permite implementar procesos de control de PID y LQR. Incorpora sensores y actuadores que ayudan al control preciso del péndulo, dando a los estudiantes la posibilidad de comparar valores teóricos y experimentales en tiempo real.

1.4.1.2 Unidad controladora de procesos para el diseño, análisis, simulación e implementación de sistemas de control automático a través de redes TCP/IP, Castro Molina (2008), es un sistema embebido que ayuda al control de procesos automáticos por medio de una red de Internet. El trabajo permite ayudar a estudiantes y profesionales a un acceso a experimentos de control

automático mediante una red de conectividad remota, su fin es aplicar los conocimientos teóricos en el entorno práctico y accesible en cualquier lugar.

Posee características, como la capacidad de operar independiente a un computador, el soporte de controladores, entre otros. Además, incluye interfaces de entrada y salida, como el puerto Ethernet para su debida conectividad, entradas analógicas y digitales, y esto permite que el usuario pueda realizar las diferentes configuraciones de control.

1.4.1.3 Implementación de un banco de pruebas para la caracterización de máquinas eléctricas mediante un freno electrodinámico Cubillo Hernández (2013), se detalla el diseño e implementación de un banco de pruebas especializado en máquinas eléctricas rotativas, usando un freno electrodinámico según las corrientes de Foucault. Este permite a motores eléctricos estar en condiciones de carga nominal, lo que facilita su eficiencia y rendimiento. Para su utilización requiere hardware avanzado y un sistema de control en LabVIEW para integrar las lecturas de sensores y generar reportes de manera automática.

1.4.1.4 Estudio de fallas de motores eléctricos en Costa Rica, Guerrero Castro & Gómez Gutiérrez (2010), este trabajo aborda las fallas en motores eléctricos en varias empresas de nuestro país. En el cual identifica la falta de conciencia y control en fallas, ausencia de registros y falta de personal calificado y equipo técnico para análisis de fallas.

En sus resultados se revela un desinterés general en dar seguimiento en las fallas y causas de daños en los motores eléctricos. La implementación de dispositivos de protección ayuda a reducir las fallas y no existe un procedimiento adecuado para el registro de fallas en motores industriales.

1.4.2 Antecedentes Internacionales

1.4.2.1. Guía para el control de sistemas PID con Factory I/O, Vargas et al. (2022), En la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en Chile, se utiliza un método basado en proyectos para la enseñanza de control industrial, utilizando MATLAB/SIMULINK con el software bajo licencia de Factory I/O para ejercicios prácticos de controladores PID en ambientes simulados de una industria.

La metodología por medio del desarrollo de competencias ayuda a una enseñanza activa y práctica, usando laboratorios donde los estudiantes pueden combinar la teoría de los sistemas de control a sistemas reales y simulados.

1.4.2.2. Proyecto Educativo en control de tracción eléctrica, Moreno-Torres et al. (2015), la Universidad Politécnica de Madrid, implementó un proyecto de enseñanza sobre el control de tracción eléctrica, con la ayuda de simuladores y mesas de trabajo.

La metodología ayuda a los estudiantes a evaluar nuevas estrategias de control en un entorno real, y así ayuda a mejorar la comprensión en áreas de eficiencia energética.

1.4.2.3. Laboratorios virtuales para máquinas eléctricas en la India, Ramírez et al. (2021a), el Ministerio de Recursos Humanos y Desarrollo de la India, realizó laboratorios virtuales para la enseñanza práctica de las máquinas eléctricas, incluyendo pruebas en motores de inducción y trifásicos.

Los laboratorios permiten desarrollar simulaciones de experimentos antes de trabajar con los equipos físicos, ayudando a la comprensión de la materia y minimizando el riesgo de accidentes.

1.4.2.4. Laboratorio virtual de motores de inducción en Colombia, Ramírez et al. (2021b), en la Universidad Nacional de Colombia, desarrolló un laboratorio virtual para el estudio, prueba y montaje de motores de inducción.

Entre los ejercicios que pueden realizar los estudiantes están pruebas de rotor bloqueado y vacío con un entorno seguro y simulado, todo antes de pasar a un equipo físico, lo que ayuda a una mejor comprensión y disminuye riesgos de manejo de equipos reales.

1.5 Proyecciones

La propuesta pretende:

1. Conocer el ambiente educativo tanto de docentes como estudiantes de la Universidad Central, en los cursos de Control Automático y Máquinas Eléctricas e identificar las deficiencias didácticas y de aprendizaje.
2. Crear guías didácticas para los cursos de Control Automático y Máquinas Eléctricas, incorporando competencias teóricas y prácticas con el fin de aumentar la calidad del estudiante en el campo laboral con una experiencia teórica práctica en ambientes reales y simulados.
3. Dar una propuesta de un laboratorio con equipo especializado con escenarios reales y virtuales, para mejorar la calidad de futuros profesionales en el campo práctico de la ingeniería.

1.5.1 Alcances

El desarrollo de guías de contenidos para el aprendizaje para los cursos de Control Automático y Máquinas Eléctricas incluye, tanto teoría como ejercicios prácticos y estudios de casos, diseñados para facilitar la comprensión de los conceptos teóricos y su aplicación en ejercicios prácticos en un laboratorio especializado con los equipos necesarios para generar un entorno real de trabajo. También se integran recursos multimedia, como presentaciones y simulaciones interactivas, con el fin de enriquecer el proceso de aprendizaje y hacerlo más efectivo y accesible a los estudiantes.

Se utilizan metodologías basadas en proyectos (ABP) y aprendizaje colaborativo, para fomentar la participación de los estudiantes y el desarrollo de habilidades prácticas. Estas habilidades prácticas estarán diseñadas para permitir a los estudiantes aplicar los conceptos teóricos en situaciones reales o simulados, para promover el enfoque práctico y contextualizado del aprendizaje.

Se realizan estudios para evaluar el impacto de las guías didácticas en el rendimiento académico y la satisfacción de los estudiantes, utilizando métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una visita completa de su efectividad. Estos resultados permiten ajustar y mejorar el desarrollo de las guías didácticas y el diseño de un laboratorio con equipo especializado.

1.5.2 Limitaciones

Una de las principales limitaciones que se cuentan es la disponibilidad de los recursos financieros y materiales para generar las guías didácticas de alta calidad ya que se debe invertir en software, equipos de simulación y otros materiales educativos que pueden no estar fácilmente disponibles.

Además, las guías deben de estar adaptables a los cambios en el contenido del curso y en las tecnologías educativas, mantener estas guías actualizadas y relevantes pueden requerir un esfuerzo continuo y recursos adicionales. La rápida evolución de las tecnologías y metodologías de enseñanza pueden hacer que las guías didácticas se vuelvan obsoletas si no se actualizan regularmente.

Capítulo II. Marco Teórico

2.1 Identificación de la Empresa

La Universidad Central (UC) es una institución de educación superior privada costarricense, fundada en 1989 y oficialmente autorizada por el Consejo Nacional de Enseñanza Superior Universitaria Privada (CONESUP) el 27 de marzo de 1990. Actualmente, la UC ofrece una amplia variedad de programas académicos, incluyendo 25 carreras de bachillerato y licenciatura, distribuidas en las facultades de Ciencias Económicas, Ciencias Sociales, Ingeniería y Arquitectura, y Ciencias de la Educación. La universidad cuenta con un equipo de docentes y personal administrativo comprometido con la formación integral de sus alumnos. La UC se distingue por su enfoque en la calidad educativa, siendo reconocida por su incorporación al Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior (SINAES) en 2024, y por haber recibido el Premio a la Excelencia Educativa otorgado por la Cámara de Comercio de Costa Rica en 2022.

2.1.1 Visión / Misión

2.1.1.1 Visión

Ser una universidad que brinde una experiencia educativa memorable, competitiva, actual, socialmente responsable y en constante innovación. (*Historia - Universidad Central, 2024*).

2.1.1.2 Misión

Inspirar a las personas a través de una educación universitaria comprometida con el progreso; formando profesionales integrales, con ética, liderazgo, inclusivos, altamente competitivos y orgullosos de sí mismos. (*Historia - Universidad Central, 2024*).

2.1.2 Antecedentes Históricos

La Universidad Central fue creada en el año de 1989 y autorizada por el Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP) el 27 de marzo de 1990.

Con más de 30 años de experiencia impulsando el desarrollo social por medio de la formación de excelentes profesionales, la UC mejora constantemente para sus estudiantes. (*Historia - Universidad Central, 2024*).

2.1.3 Ubicación Geográfica

- Sede Central: de la Iglesia Santa Teresita 150 metros Este y 25 metros Norte.
- Sede Alajuela: 200 metros Norte y 50 metros Este de la catedral de Alajuela.
- Sede Heredia: Mall Paseo de las Flores, segundo piso, ala sur.
- Sede los Santos: de la Antigua Bomba San Bosco 150 metros Norte.
- Sede Puriscal: 100 metros Norte del gimnasio del Liceo de Puriscal.

2.2 Aprendizaje Práctico en Educación Técnica y Universitaria

2.2.1 Importancia del Aprendizaje Práctico en la Formación de Técnicos e Ingenieros

El aprendizaje práctico es de suma importancia para la formación de ingenieros, debido a que permite a los estudiantes aplicar conocimientos técnicos en entornos reales de trabajo, desarrollando habilidades técnicas y competencias profesionales. La implementación de actividades prácticas utilizando laboratorios, equipos especializados permiten al estudiante experimentar y aprender de manera activa por medio de la creatividad e innovación. El

aprendizaje en un entorno práctico mejora la motivación y el interés de los alumnos, preparándolos para enfrentar desafíos profesionales con confianza y competencia.

2.2.2 Diferencias Entre el Aprendizaje Teórico y Práctico

El aprendizaje es un proceso que abarca el conocimiento teórico y su aplicación práctica, El aprendizaje teórico se basa en la comprensión de conceptos y principios generales, los cuales son fundamentales para comprender la aplicación práctica.

Las habilidades prácticas son cada vez más valoradas y el aprendizaje práctico en la formación profesional se ha convertido en un elemento esencial para preparar a los estudiantes para un mundo laboral, La metodología educativa apoyada en un aprendizaje práctico se basa en el desarrollo de habilidades, competencias y conocimientos teóricos a través de experiencias cercanas a la realidad laboral. (Yosen, 2024).

El aprendizaje práctico se refiere a la metodología educativa que se centra en el desarrollo de habilidades a través de experiencias directas y la aplicación de conocimientos teóricos en situaciones reales. Este enfoque contrasta con el aprendizaje tradicional, que a menudo se limita a la enseñanza teórica en entornos de aula. En la formación profesional, el aprendizaje práctico abarca una variedad de modalidades, incluyendo:

- **Prácticas en empresas:** los estudiantes tienen la oportunidad de trabajar en entornos laborales reales, lo que les permite aplicar lo aprendido en clase.
- **Talleres y laboratorios:** a través de sesiones prácticas, los estudiantes pueden experimentar y manipular herramientas y materiales específicos de su campo.
- **Proyectos colaborativos:** involucran a estudiantes en la resolución de problemas reales en colaboración con empresas y organizaciones.

(Valverde & Valverde, 2024)

Existen múltiples diferencias entre el aprendizaje teórico y el aprendizaje práctico, mismas que se detallan en la Tabla I.

Tabla I. Diferencias Entre el Aprendizaje Teórico y Práctico

Aspecto	Aprendizaje teórico	Aprendizaje Práctico
Definición	Se basa en la adquisición de conocimientos, conceptos y teorías.	Se centra en la aplicación de los conocimientos en situaciones reales.
Método	Predomina la lectura, estudios de libros y teoría	Se lleva a cabo mediante actividades, ejercicios y experimentos prácticos.
Enfoque	Orientada a la comprensión conceptual y reflexión.	Enfocado en la experimentación y resolución de problemas reales.
Objetivo	Adquirir una base sólida de conocimiento teórico	Desarrollar habilidades y competencias prácticas aplicables en el entorno laboral.
Evaluación	Generalmente se evalúa con exámenes, ensayos y cuestionarios.	Se evalúa por medio de proyectos, prácticas y desempeños en situaciones reales.
Ventajas	Proporciona un marco conceptual esencial para entender teorías complejas.	Facilita la retención de conocimientos y el desarrollo de habilidades técnicas.
Limitaciones	Puede ser abstracto y desconectado de la realidad.	Puede carecer de una base teórica sólida si no se complementa con teoría.

Fuente: (Adaptado de Yosen, 2024).

2.2.3 Modelos Pedagógicos que Promueven el Aprendizaje Práctico

Los modelos educativos han influido en la enseñanza y el aprendizaje a lo largo del tiempo, por lo tanto, cada modelo presenta diferentes características que reflejan diversas

concepciones sobre el rol del docente, del estudiante y el proceso educativo general. En este apartado se exploran los modelos más influyentes.

Un modelo pedagógico puede definirse como el marco teórico del cual se desprenden los lineamientos para organizar los fines educativos y así definir, secuenciar y jerarquizar los contenidos. También precisan las relaciones entre estudiantes, saberes y docentes y determinan la forma en que se concibe la evaluación. (*Los Principales Modelos Pedagógicos Utilizados En la Educación – Docentes Al Día*, 2020).

Existen diversos modelos pedagógicos que fomentan el aprendizaje práctico, entre los cuales destacan:

- **Modelo constructivista:** la presencia de diferentes habilidades y procesos mentales dentro del aprendizaje, en ese tipo de modelo a menudo se dejan de lado otro tipo de procesos tales como la capacidad de vincular lo nuevo con lo previamente aprendido, el papel de la motivación y la propia voluntad del sujeto por aprender. Es por ello que surgió el constructivismo, centrado en que es la actitud del aprendiz y la capacidad de hacer que lo que se va a aprender sea significativo para estos elementos fundamentales. En el constructivismo es el propio aprendiz quien construye el conocimiento que aprende, en base a la información exterior, sus propias capacidades y las ayudas que proporcione el entorno. Es el tipo de modelo de aprendizaje que más prevalencia ha tenido en los últimos tiempos, siendo aún hoy en día el preponderante. Dentro de los modelos constructivistas podemos destacar estos modelos, de nuevo, también se encuentran las aportaciones de diversos autores tales como Piaget, Vygotsky o Ausubel. (Sánchez, 2021).
- **Aprendizaje basado en proyectos (ABP):** el aprendizaje por proyectos es un método pedagógico que permite a los estudiantes participar en proyectos caracterizados por su motivación, al tiempo que aprenden contenidos curriculares. Para ese objetivo, el docente

les plantea una pregunta-desafío que se basa en una situación real, próxima a ellos o a su entorno, que les genere interés y que, además, esté unida a los conceptos y procedimientos que se busca que aprendan. La tarea se debe resolver por equipos a través de una investigación, abordando diversas actividades de aprendizaje a lo largo del proyecto y trabajando colaborativamente y de manera prácticamente autónoma. Por último, deben compartir el producto final o la solución encontrada con el resto de los compañeros. (Universidad Europea en Colombia, 2024).

- Aula invertida (Flipped Classroom): se invierte el orden de una clase convencional por lo que el alumno, gracias a las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs), se documenta y prepara sobre un tema planteado antes de la clase presencial a fin de profundizar en el conocimiento a través de herramientas como el storytelling. Este planteamiento se sustenta en el aprendizaje activo frente al pasivo propuesto por los métodos tradicionales y se engloba en el denominado Blended Learning (B-Learning o educación mixta), (Lorenzo, 2025).

2.3 Encuestas

Para poder identificar las carencias y oportunidades pedagógicas actuales en la Universidad Central, se opta por realizar un estudio por medio de encuestas tanto para estudiantes y profesores y conocer sus puntos de vistas.

Las encuestas son un tipo de instrumentos de recopilación de información, que consisten en un conjunto prediseñado de preguntas normalizadas, dirigidas a una muestra socialmente representativa de individuos, con el fin de conocer sus opiniones o visiones respecto de alguna problemática o asunto que les afecta. (Farías, 2024).

2.3.1 Tipos de Encuestas

- Abiertas, cuando el encuestado puede responder a las preguntas con sus propias palabras, lo cual le otorga una mayor libertad de respuesta y le permite alcanzar una mayor profundidad en las mismas, como respondiendo al porqué de lo dicho, o bien obtener respuestas novedosas y diferentes.
- Cerradas, cuando al encuestado se le ofrece un conjunto de respuestas posibles y se le pide que elija la que mejor se adecúa a su opinión. Estas respuestas tienen la virtud de ser sencillas y fáciles de totalizar y cuantificar para obtener datos estadísticos. (Farías, 2024).

2.3.2 Características

- Un método de observación no directa de la realidad, es decir, intermediada por la opinión de los sujetos encuestados: se confía en su opinión, no podemos observarlos en sus vidas reales para saber si lo que responden es cierto o no.
- Se trata de una herramienta de investigación sencilla, económica y con capacidad masiva y estandarizada de aplicación.
- Es la vía más simple y eficaz para acceder de manera masiva a las subjetividades del público en general. Son ideales cuando se trata de un público muy amplio.
- Arroja resultados contabilizarles, expresados en términos porcentuales, que luego deberán ser interpretados por los investigadores.
- Requiere de un mayor estudio y control para evitar el sesgo muestral, o sea, que las respuestas estén ya determinadas por las propias preguntas. (Farías, 2024).

2.4 Laboratorios

Como parte de la propuesta académica de la Universidad Central es contar con un laboratorio de máquinas eléctricas y control automático, donde se pueden realizar experimentos, análisis y la aplicación de teoría de sistemas eléctricos y electromecánicos. En esos laboratorios el estudiante tiene la oportunidad de trabajar con motores eléctricos, generadores, transformadores, sistemas de control automático y dispositivos de medición, propiciando el ejercicio de competencias prácticas junto con el conocimiento teórico que se recibe en la clase.

2.4.1 Tipos de Laboratorios

Los laboratorios de máquinas eléctricas y control automático se pueden clasificar en diferentes tipos según su enfoque y aplicación. Entre lo más importantes se encuentran:

- **Laboratorios de formación académica:** diseñados para la enseñanza de principios básicos de máquinas eléctricas y sistemas de control en universidades y centros de formación técnica (Edibon, s. f.).
- **Laboratorios de investigación y desarrollo:** enfocados en la innovación y mejora de tecnologías en el campo de la ingeniería eléctrica y automatización.
- **Laboratorios industriales:** implementados en empresas para pruebas de equipos y formación de personal en el uso y mantenimiento de sistemas eléctricos y de control (LJ Create, 2023).

2.4.1.1 Características

Los laboratorios deben de disponer de una infraestructura y equipos necesarios para llevar a cabo prácticas, simulaciones y montajes físicos en un entorno seguro y controlado, dentro de sus características se encuentran:

- Equipos especializados, como generadores, transformadores, motores de corriente continua y alterna, y sistemas de control automatizado (Edibon, s. f.).
- Instrumentación y medición, incluyendo osciloscopios, analizadores de redes eléctricas y sensores de corriente y voltaje.
- Software de simulación, como MATLAB/Simulink y LabVIEW, que facilitan el análisis y diseño de sistemas eléctricos y de control.
- Sistemas de seguridad y protección, garantizando el resguardo de los estudiantes y la integridad de los equipos. (LJ Create, 2023).

2.4.1.2 Normativa

Para el diseño y la operación de los laboratorios deben adherirse a las normativas tanto nacionales como las internacionales, estas regulan la seguridad, eficiencia, y calidad de los equipos eléctricos, entre ellas:

- IEC 60034: especifica las características de los motores eléctricos y generadores.
- IEEE 112: define los métodos de prueba para evaluar la eficiencia de los motores eléctricos.
- NFPA 70 (National Electrical Code - NEC): establece los estándares de seguridad eléctrica en instalaciones industriales y educativas.

(LJ Create, 2023)

Al cumplir con los requerimientos de las normativas se garantiza que los laboratorios operen de la mejor manera bajo los estándares aceptados tanto nacional o internacional.

2.4.1.3 Estándares

Junto a las normativas existen estándares específicos que regulan tanto el diseño como el funcionamiento de los equipos utilizados en los laboratorios de ingeniería, por ejemplo:

- ISO/IEC 17025: estándar internacional para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración.
- IEEE 519: define los límites de calidad de energía eléctrica y control de armónicos en sistemas eléctricos.
- IEC 61800: estándar para sistemas de accionamiento eléctrico de velocidad variable.

Estos estándares permiten que los laboratorios brinden un entorno de aprendizaje confiable y alineado con las mejores prácticas en la industria eléctrica y de automatización (Edibon, s. f.).

2.4.2 Diseño y Equipamiento

Para el diseño de un laboratorio especializado en el desarrollo práctico en máquinas eléctricas y control automático, requiere la selección de equipos y tecnologías que garanticen un entorno adecuado para el éxito en el aprendizaje. Los laboratorios deben contar con dispositivos que permitan simular, medir y analizar los circuitos eléctricos.

Según Dansar Industries (2004), los laboratorios modernos incorporan tecnologías de última generación, incluyendo estaciones de trabajo modulares, software de simulación y equipos de prueba especializados. Entre los equipos esenciales se pueden destacar:

- Fuentes de alimentación programables: usadas para dar el suministro de energía a los circuitos en diferentes condiciones de pruebas.
- Osciloscopios digitales: usados para la visualización y análisis de señales eléctricas en circuitos de control y potencia.
- Analizadores de redes eléctricas: empleados para estudiar el comportamiento de la energía en sistemas industriales y académicos.
- PLC (Controladores Lógicos Programables) y HMI (Interfaces Hombre-Máquina): usados en sistemas de automatización.

- Software de simulación y modelado: permiten a los estudiantes desarrollar y experimentar los circuitos antes de su implementación física.

La utilización de los equipos de laboratorios no solo mejora las habilidades de análisis y de medición de un estudiante sino también permite a replicar entornos de operación reales, lo que ayuda a la experiencia de aprendizaje y facilita la comprensión de los principios de la ingeniería.

2.4.3 Factores Ergonómicos, Seguridad y Uso Eficiente del Espacio

El diseño de un laboratorio especializado no solo se centra en la compra y selección del equipo, sino también en la optimización del espacio, ergonomía y las condiciones de seguridad para garantizar un ambiente de trabajo eficiente y libre de riesgos.

2.4.3.1 Ergonomía

Juega un papel de importancia en la disposición de los elementos dentro del laboratorio, es necesario diseñar estaciones de trabajo cómodas y ajustables para el estudiante y el docente, asegurando que los equipos sean alcanzables y fáciles de operar. Según Danzar Industries (2004), los laboratorios modernos incorporan mobiliario ergonómico con superficies antiestáticas, y sistemas de iluminación adecuados para reducir la fatiga visual y mejora la concentración.

2.4.3.2 Seguridad

La seguridad en un laboratorio de ingeniería es de carácter obligatorio, debido a la presencia de voltajes elevados y equipos con componentes mecánicos en movimiento, entre las cuales se pueden mencionar:

- Sistemas de desconexión de emergencia: permiten cortar la energía en caso de fallas o accidentes.
- Señalización adecuada y zonas de acceso restringido: para prevenir accidentes y mejorar el uso del equipo.

- Uso obligatorio de quipo de protección: utilización de guantes y gafas de seguridad para minimizar riesgos eléctricos y mecánicos.

(Capris Engineering, s. f.).

2.3.3.3 Uso Eficiente del Espacio

Una distribución óptima del uso del espacio es necesario, diseñar áreas diferenciadas para las diferentes actividades (teóricas y prácticas). Capris Engineering (s.f.), recomienda la implementación de estaciones de trabajo modulares y zonas de almacenamiento inteligente, lo cual permite una mejor organización del laboratorio y maximiza la eficiencia en el uso de los recursos.

El diseño debe contar con un flujo de trabajo eficiente evitando la obstrucción de pasillos y garantizar que todos los equipos sean accesibles sin interferencia, no solo se busca mejorar la operatividad del laboratorio, sino que, además, contribuye a la seguridad general del espacio.

2.5 Guías Didácticas de Trabajo

Las guías didácticas son herramientas educativas que ayudan a guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje, ofreciendo una estructura clara de contenidos, actividades y métodos de enseñanza. Su objetivo es facilitar la comprensión y aplicación de conocimientos en diversos entornos educativos, fomentando un aprendizaje significativo y autónomo (Universidad Tecnológica Nacional, s. f.).

De acuerdo con AulaPlaneta (s. f.), una guía didáctica sirve como un documento de referencia tanto para profesores como para alumnos, definiendo objetivos claros, materiales de apoyo y criterios de evaluación. Así, las guías permiten una planificación efectiva de los contenidos y el seguimiento del progreso académico.

2.5.1 Importancia

La utilización de guías didácticas es esencial en la enseñanza ya que proporcionan un marco estructurado para la adquisición de conocimientos. Según la Universidad de Guanajuato (s.f) las guías permiten:

- Optimizar el tiempo de enseñanza, ya que organizan los contenidos de manera eficiente.
- Fomentar la autonomía y responsabilidad en el aprendizaje del estudiante.
- Favorecer la claridad en la transmisión de conocimientos, asegurando que los estudiantes comprendan los objetivos del curso.
- Facilitar la evaluación y seguimiento del aprendizaje a través de actividades planificadas y criterios de desempeño bien definidos.

En entornos educativos con metodologías activas, las guías didácticas juegan un papel clave al brindar estructura y orientación tanto para la enseñanza presencial como para el aprendizaje en línea (AulaPlaneta, s. f.).

2.5.2 Elaboración de una Guía Didáctica

Realizar una guía de estudio es como cocinar. Hay que hacer cosas para que funcione bien. Aula Planeta dice que lo primero es:

- **Definir los objetivos de aprendizaje:** establecer con claridad qué se espera que el estudiante aprenda al finalizar la guía.
- **Seleccionar los contenidos y recursos:** determinar los temas, materiales y herramientas que se utilizarán para facilitar la enseñanza.

- **Diseñar las actividades y estrategias metodológicas:** incorporar ejercicios prácticos, debates, estudios de caso y proyectos que promuevan la comprensión y aplicación del conocimiento.
- **Establecer los criterios de evaluación:** definir indicadores de desempeño que permitan medir el grado de logro de los objetivos planteados.
- **Redactar la guía de manera clara y estructurada:** asegurar que la información sea comprensible y esté organizada de forma lógica.

2.6 Tecnologías en Laboratorios

Las tecnologías en los laboratorios han evolucionado significativamente con la incorporación de herramientas digitales que ayudan a optimizar el aprendizaje y la experimentación. El uso de plataformas virtuales y simuladores ha facilitado la enseñanza de conceptos complejos, mejorando la comprensión y la interacción de los estudiantes con los contenidos. Según Monge Nájera y Méndez Estrada (2007), dichas tecnologías han permitido la implementación de laboratorios virtuales en educación a distancia, brindando flexibilidad y acceso a experiencias prácticas sin requerir equipos físicos costosos.

2.6.1 Plataformas Virtuales

Las plataformas virtuales en el ámbito de los laboratorios educativos proporcionan un entorno interactivo donde los estudiantes pueden explorar y realizar experimentos sin restricciones de tiempo o espacio. Estas plataformas incluyen herramientas como entornos de simulación, bases de datos, guías didácticas interactivas y sistemas de gestión de aprendizaje.

Una de las plataformas destacadas es PhET Interactive Simulations, la cual ofrece simulaciones interactivas de fenómenos científicos, incluyendo el laboratorio virtual de construcción de circuitos eléctricos (PhET, s. f.). Estas herramientas permiten a los estudiantes

visualizar el comportamiento de circuitos en tiempo real y modificar variables para observar cambios en los resultados, lo que fortalece la comprensión conceptual.

Las plataformas virtuales también fomentan el aprendizaje autónomo, ya que los estudiantes pueden acceder a los contenidos en cualquier momento y repetir los experimentos las veces que sea necesario para reforzar su conocimiento (PhET, s. f.).

2.6.2 Simuladores

Los simuladores en laboratorios educativos son herramientas clave para la enseñanza práctica de disciplinas como electrónica, física e ingeniería. Estos permiten la experimentación con sistemas complejos sin riesgo de dañar equipos físicos o generar costos adicionales.

El simulador de circuitos de PhET (s. f.) es un ejemplo de tecnología avanzada que permite a los estudiantes construir y probar circuitos eléctricos en un entorno seguro y dinámico. Mediante el uso de simuladores, los estudiantes pueden realizar experimentos con componentes como resistencias, fuentes de voltaje y amperímetros, sin la necesidad de equipos costosos.

Además, los simuladores permiten replicar condiciones que en un laboratorio físico serían difíciles o peligrosas de realizar, como circuitos de alta tensión o situaciones de sobrecarga, mejorando la comprensión de fenómenos eléctricos en un entorno controlado (Monge Nájera & Méndez Estrada, 2007).

El uso de las tecnologías en laboratorios presenta una serie de ventajas y desventajas que se deben considerar para su implementación, los cuales se detallan en la tabla II:

Tabla II. Ventajas y Desventajas de Simuladores

Ventajas	Desventajas
<p>Accesibilidad y flexibilidad: Permiten el acceso a experimentos en cualquier momento y lugar, favoreciendo la educación a distancia</p>	<p>Falta de contacto con equipos reales: Puede limitar la experiencia práctica necesaria para el desarrollo de habilidades en entornos laborales</p>
<p>Reducción de costos: Eliminan la necesidad de equipos físicos costosos y el mantenimiento de laboratorios tradicionales.</p>	<p>Dependencia de tecnología y conectividad: El acceso a simuladores y plataformas virtuales requiere una infraestructura tecnológica adecuada.</p>
<p>Seguridad: Facilitan la simulación de experimentos sin riesgos para los estudiantes ni daños a los equipos</p>	<p>Posibles limitaciones en la simulación de fenómenos físicos complejos: Aunque avanzados, los simuladores pueden no representar con exactitud todas las variables presentes en un entorno real</p>
<p>Aprendizaje interactivo: Favorecen la experimentación autónoma y la repetición de pruebas para reforzar conocimientos.</p>	<p>Generar una falsa sensación de dominio: La experimentación en entornos virtuales puede no reflejar completamente las condiciones del mundo real, lo que podría llevar a una sobreestimación de las habilidades adquiridas.</p>

Fuentes: (PhET, s. f.) y (Monge Nájera & Méndez Estrada, 2007).

2.7 Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)

El ABP es un tipo de metodología que fomenta el aprendizaje activo mediante la resolución de problemas reales y la realización de proyectos significativos. por medio de esta estrategia, los estudiantes desarrollan las habilidades con el pensamiento crítico, la colaboración

y la creatividad, además, de adquirir conocimientos de manera aplicada. (*Aprendizaje basado en proyectos*, 2021).

2.7.1 Atributos

Aprendizaje activo y centrado en el estudiante: El estudiante es el protagonista de su propio aprendizaje, desarrollando autonomía en la resolución de problemas.

- Trabajo colaborativo: se fomenta el trabajo en equipo, promoviendo la comunicación y el aprendizaje social.
- Proyectos auténticos y contextualizados: los proyectos están relacionados con problemas del mundo real, lo que aumenta la motivación y el compromiso de los estudiantes.
- Proceso de investigación y exploración: los estudiantes deben formular preguntas, investigar, analizar información y llegar a sus propias conclusiones.
- Evaluación continua y reflexiva: se implementan mecanismos de autoevaluación y coevaluación para mejorar el aprendizaje y la calidad de los proyectos

(Aprendizaje basado en proyectos, 2021).

2.7.2 Diseño del ABP

El diseño de un Aprendizaje Basado en Proyectos debe seguir una estructura clara para garantizar su efectividad. Según Aprendizaje basado en proyectos (2021), los pasos principales para su implementación incluyen:

- Definir el problema o pregunta guía: el punto de partida es formular una pregunta desafiante que motive la exploración y el análisis.
- Planificación del proyecto: se establecen los objetivos de aprendizaje, los recursos necesarios y la metodología a seguir.

- Investigación y desarrollo: los estudiantes buscan información, experimentan y generan ideas para resolver el problema planteado.
- Creación del producto final: se diseña una solución tangible que puede ser un informe, una presentación, un prototipo o cualquier otro resultado relevante.
- Evaluación y reflexión: se analiza el proceso y los resultados, promoviendo la autoevaluación y la retroalimentación.

Para el éxito del ABP depende de la capacidad del docente para diseñar experiencias de aprendizaje que motiven a los estudiantes aplicar sus conocimientos en situaciones y entornos reales.

2.8 Métodos de Evaluación

Los métodos de evaluación son herramientas fundamentales para medir el desempeño y los conocimientos adquiridos en distintos ámbitos, incluyendo el académico y el laboral. Estos métodos permiten obtener información relevante sobre el rendimiento de los individuos, identificar fortalezas y áreas de mejora, y tomar decisiones informadas en función de los resultados obtenidos.

La evaluación es un proceso sistemático que permite recopilar, analizar e interpretar información con el propósito de valorar el desempeño de una persona, grupo o sistema en relación con ciertos criterios previamente establecidos. En el contexto educativo y organizacional, los métodos de evaluación se emplean para medir el nivel de cumplimiento de objetivos, el grado de aprendizaje o la efectividad en el trabajo (Lapzo, 2023).

2.8.1 Tipos de Métodos de Evaluación

Según Lapzo (2023), existen distintos métodos de evaluación que se adaptan a diferentes necesidades y objetivos. Entre los más comunes se encuentran:

- Autoevaluación: permite que los propios individuos valoren su desempeño, promoviendo la autorreflexión y el desarrollo personal.
- Evaluación por pares: los compañeros de trabajo o estudio califican el desempeño de sus colegas, lo que permite obtener una visión desde múltiples perspectivas.
- Evaluación jerárquica: se realiza por un supervisor o autoridad, quien valora el rendimiento de un individuo en función de criterios predefinidos.
- Evaluación de 360 grados: recoge información desde diferentes fuentes (superiores, compañeros, subordinados y autoevaluación), brindando una visión más completa del desempeño.
- Método de incidentes críticos: se basa en la observación y registro de eventos clave que reflejan comportamientos positivos o negativos en el desempeño de un individuo.
- Evaluación basada en competencias: analiza el nivel de dominio de habilidades y conocimientos específicos requeridos para una tarea o puesto

Cada uno de estos métodos tiene ventajas y desventajas, y su elección depende de los objetivos específicos de la evaluación. Mientras que la autoevaluación fomenta la introspección, la evaluación de 360 grados ofrece una visión más holística del desempeño. Por otro lado, el método de incidentes críticos permite analizar situaciones específicas que pueden influir en el rendimiento (Lapzo, 2023).

Capítulo III. Marco Metodológico

3.1 Enfoque De La Investigación

Este proyecto posee un enfoque mixto, debido a que combina técnicas cualitativas y cuantitativas, no solo busca recopilar y analizar datos numéricos que describan la efectividad del laboratorio especializado, sino también se explora las percepciones y experiencias de los estudiantes y docentes involucrados. La combinación de ambos métodos permitió obtener una visión más clara y profunda sobre el impacto de los laboratorios en el proceso de enseñanza, proporcionando tanto resultados estadísticos como interpretaciones detalladas sobre las dinámicas educativas.

3.2 Método de la Investigación

El método usado es el método descriptivo y explicativo, ya que no solo se describen las características actuales del proceso de enseñanza-aprendizaje mediante laboratorios especializados, sino que también se busca explicar cómo influye esta estrategia en la adquisición de conocimientos prácticos. A través de este método, se identifican relaciones entre las variables involucradas y se analizan causas y efectos, con el fin de generar recomendaciones concretas que fortalezcan el modelo educativo propuesto.

3.3 Fuentes de Información

Para la investigación se recurrió a dos tipos de fuentes:

- Fuentes primarias, obtenidas directamente mediante encuestas aplicadas a estudiantes y docentes que utilizan laboratorios especializados en el contexto universitario.
- Fuentes secundarias, conformadas por artículos científicos, tesis, libros, y documentos institucionales que abordan temas como didáctica universitaria, educación práctica, e implementación de laboratorios educativos.

3.3.1 Sujetos de Información

Los sujetos de información fueron seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando su vinculación directa con la universidad. Se incluyen a:

- Estudiantes universitarios de las carreras de Ingeniería Electromecánica y Electrónica que han utilizado el laboratorio especializado en cursos como Control Automático y Máquinas Eléctricas.
- Docentes encargados de impartir dichos cursos.

3.4 Variables de Análisis

Las principales variables consideradas en este estudio fueron:

- Variable independiente: implementación del laboratorio especializado con equipos y módulos didácticos.
- Variables dependientes: nivel de comprensión de conceptos teóricos por parte del estudiante.
- Aplicación práctica de los conocimientos adquiridos.
- Satisfacción de los estudiantes y docentes con el recurso del laboratorio, mediante escala Likert (1-5).
- Mejora en el rendimiento académico en las asignaturas analizadas.

3.5 Instrumentos

Al utilizar el diseño DMAIC, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Cuestionarios y encuestas para medir percepciones y resultados.
- Entrevistas semiestructuradas y grupos focales para obtener información cualitativa detallada.
- Observación directa del uso del laboratorio.
- Revisión documental de materiales educativos.
- Análisis estadístico (cuantitativo) y análisis temático (cualitativo) para procesar los datos.

3.6 Proceso para la Recolección y Análisis de Datos

La recolección de datos se realizó por medio de la fase cualitativa. Se diseñó y aplicó un cuestionario estructurado dirigido a los estudiantes que cursaron asignaturas relacionadas con el laboratorio especializado. Este instrumento incluyó preguntas cerradas, con el objetivo de medir percepciones sobre la utilidad del laboratorio, el nivel de aprendizaje alcanzado y la calidad de los recursos disponibles. Los datos recopilados fueron procesados utilizando herramientas estadísticas básicas (frecuencias, porcentajes, medias), permitiendo identificar tendencias y relaciones entre las variables.

Los datos se recolectaron para triangular los resultados, asegurando una interpretación más sólida y confiable. Esta triangulación permitió contrastar la información obtenida desde diferentes perspectivas y validar los hallazgos del estudio, fortaleciendo así la base para las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo IV. Análisis de Resultados

4.1 Encuesta Docente

Con el objetivo de conocer la percepción del docente sobre los recursos didáctica y las condiciones actuales de enseñanza en los cursos técnicos, se aplicó una encuesta estructurada a los docentes de la UC. El instrumento se diseñó para recolectar información tanto cuantitativa como cualitativa, en temas como, infraestructura de laboratorios, metodologías usadas, material didáctico y propuestas de mejora.

Este análisis se enfoca en interpretar los resultados obtenidos para identificar las principales carencias y oportunidades en el proceso educativo. Las preguntas que conformaron la encuesta se detallan en el anexo 1 del presente documento.

En el presente estudio, se encuestó a un total de cuatro docentes de la Universidad Central, el análisis de la información obtenida se detalla a continuación.

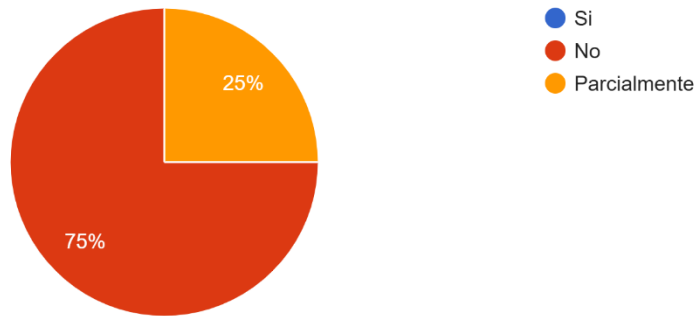
4.1.1 Perfil Profesional del Docente:

La mayoría de los participantes (75%) posee entre 2 a 5 años de experiencia docente universitario, mientras que un 25% cuenta con más de 10 años en la docencia. Esto refleja un grupo con mucha diversidad en trayectoria, lo que permite obtener una visión balanceada entre docentes con experiencia consolidada y otros con enfoques pedagógicos más recientes.

4.1.2 Condiciones Actuales de Laboratorios

El 75% de los encuestados indica que no cuenta con un laboratorio adecuado para impartir prácticas en sus cursos, mientras que el 25% restante responde que cuenta con recursos parcialmente adecuados (Figura 1). Además, el 75% considera que el equipamiento disponible es insuficiente, lo que representa una limitante importante para el desarrollo de actividades prácticas.

Figura 1. ¿Cuenta con un laboratorio adecuado para impartir prácticas en su curso?



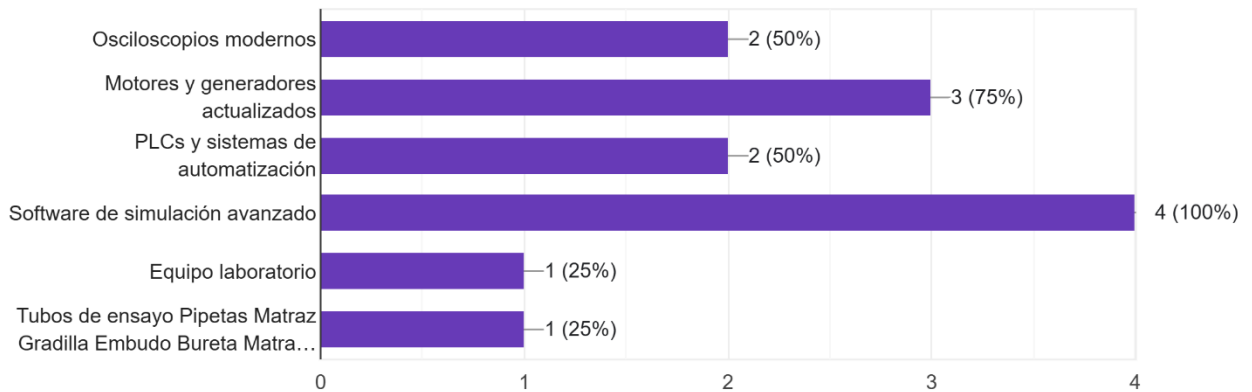
Fuente: Elaboración propia 2025.

4.1.3 Equipamiento Necesario

Los docentes identificaron la necesidad urgente de actualizar el equipo disponible (Figura 2), entre ellos:

- Motores y generadores modernos.
- PLCs y sistemas de automatización
- Osciloscopios digitales
- Software de simulación especializado.

Figura 2. Equipos o herramientas que hacen falta en los laboratorios



Fuente: Elaboración Propia 2025.

4.1.4 Metodologías de Enseñanza Empleadas

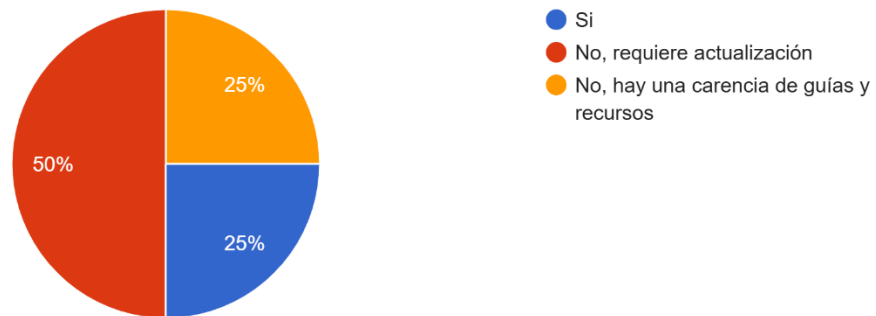
Las estrategias usadas por los docentes son variadas, lo cual demuestra una intención de aplicar metodologías activas, entre ellas:

- Clases magistrales.
- Prácticas en laboratorio.
- Simulación por software,
- Aprendizaje basado en proyectos.

4.1.5 Material Didáctico

Tres de los cuatro docentes encuestados consideran que el material didáctico no es adecuado y requiere actualización, o existe una carencia de guías y recursos. Solo uno lo considera adecuado, lo cual refuerza la necesidad de mejorar los materiales de apoyo (Figura 3).

Figura 3. ¿Considera que la materia actual es adecuada?



Fuente: Elaboración propia 2025.

4.1.6 Factores para Mejorar la Enseñanza

Entre los elementos propuestos por los docentes para mejorar el aprendizaje, destacan:

- Mayor tiempo del uso de laboratorio.
- Mejores guías y manuales didácticos.
- Capacitación continua de los docentes.
- Acceso a software de simulación avanzado.

4.1.7 Principales Limitaciones en la Enseñanza

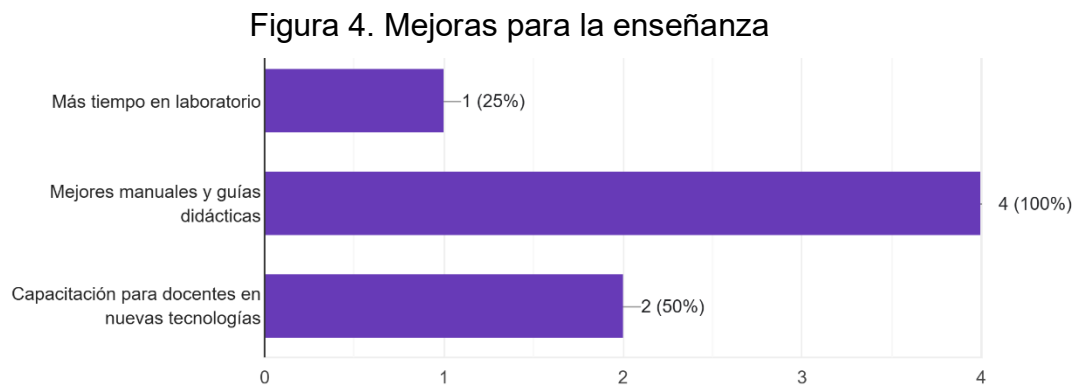
Se identificaron varias barreras significativas para el desarrollo eficaz de los recursos, entre ellas se mencionan:

- Falta de equipos adecuados para los laboratorios.
- Planes de estudios desactualizados.
- Planes de estudios desactualizados.

4.1.8 Sugerencias para la Mejora

Finalmente, los docentes propusieron acciones concretas para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Figura 4), como:

- Inversión en equipo técnico: motores, transformadores, PLCs.
- Transformación del enfoque curricular y materiales de enseñanza.
- Capacitaciones continuas para el cuerpo docente.



Fuente: Elaboración propia 2025.

Los resultados muestran de una forma clara que existe la necesidad urgente de fortalecer los laboratorios especializados, tanto a nivel de infraestructura como de apoyo pedagógico. La visión de los docentes es coincidente en señalar que los laboratorios pueden ser una herramienta clave para elevar la calidad educativa y fomentar el aprendizaje significativo, siempre y cuando se invierta en equipamiento, materiales y formación docente.

4.2 Encuesta Estudiantes

Con el propósito de evaluar la percepción del estudiantado sobre la calidad del aprendizaje práctico y la disponibilidad de recursos en los cursos de Control Automático y Máquinas Eléctricas, se aplicó una encuesta a los estudiantes de la UC, que han cursado dichas materias.

La encuesta aborda temas como la infraestructura de laboratorios, uso de recursos tecnológicos, material didáctico y sugerencias de mejora.

Este análisis busca identificar oportunidades de mejora que contribuyen al diseño de laboratorios especializados y la implementación de guías didácticas efectivas, las preguntas del instrumento se detallan en el anexo 2.

En el presente estudio, se encuestó un total de siete estudiantes de los cursos de Control Automático y Máquinas Eléctricas de la Universidad Central, el análisis de la información obtenida se detalla a continuación.

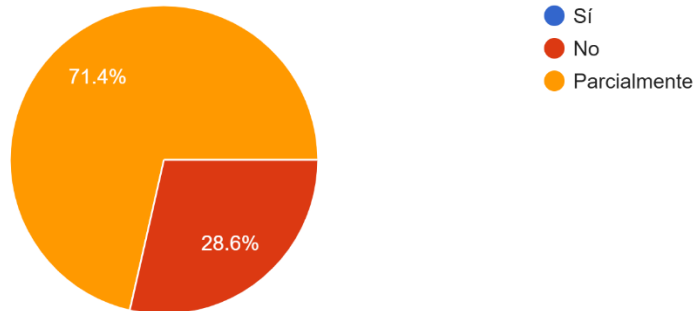
4.2.1 Perfil del Estudiante

Los estudiantes encuestados pertenecen a las carreras de Ingeniería Electrónica y Electromecánica de la UC, y han llevado asignaturas donde la práctica de laboratorio es relevante. Se observa una participación representativa de estudiantes de distintos niveles académicos, lo cual aporta diversidad en los resultados.

4.2.2 Condiciones de los Laboratorios

Una gran mayoría de los estudiantes manifiesta que los laboratorios existentes no cuentan con el equipo necesario o que el acceso a estos es limitado (Figura 5). Varios indicaron que no han realizado prácticas relacionadas directamente con los contenidos teóricos vistos en clase

Figura 5. Equipo necesario para prácticas adecuadas

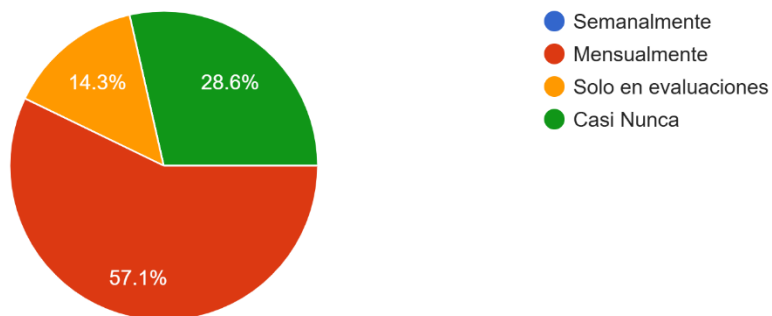


Fuente: Elaboración Propia 2025.

4.2.3 Aprendizaje Práctico

Los resultados revelan que la gran cantidad de estudiantes consideran que el aprendizaje práctico en su formación ha sido insuficiente o superficial, ya que la mayoría mencionó hacer uso de este espacio únicamente una vez al mes (Figura 6). Esta situación se atribuye, entre la escasez de equipos actualizados como la poca disponibilidad de tiempo en prácticas y falta de vinculación entre teoría y práctica.

Figura 6. Uso de laboratorios



Fuente: Elaboración propia 2025.

4.2.4 Uso de Tecnologías y Simuladores

Más del 70% de los encuestados afirman que se usan muy pocos recursos tecnológicos o simuladores en clase. Solo una minoría reportó el uso frecuente de software educativo especializado, lo que refuerza la necesidad de incorporar herramientas digitales en los cursos.

4.2.5 Material Didáctico

El 80% de los estudiantes considera que el material didáctico usado en las clases es poco útil o desactualizado. Varios manifiestan que no reciben guías estructuradas o que no se vinculan adecuadamente con prácticas de laboratorio.

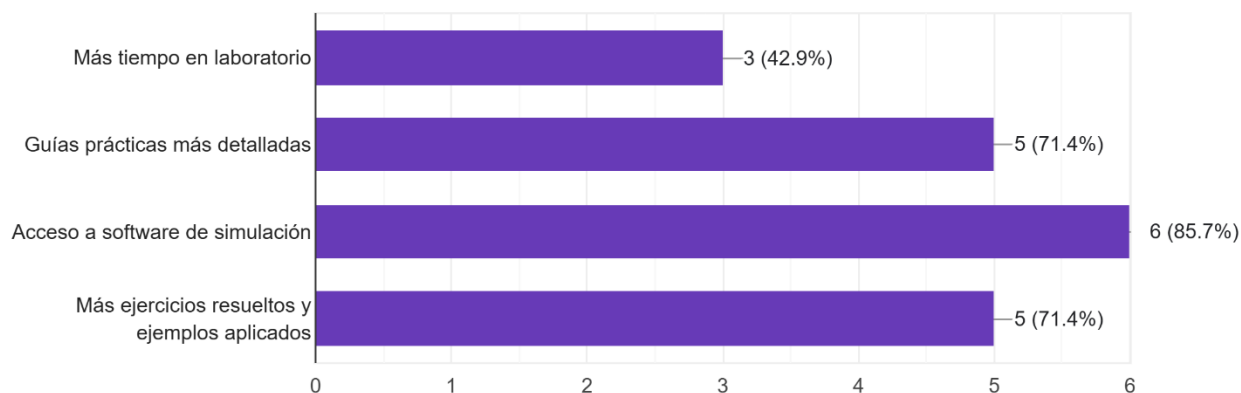
4.2.6 Propuestas de Mejora

Los estudiantes destacan como necesidades urgentes (Figura 7):

- Mayor inversión en equipos reales de laboratorio.
- Simuladores y software con licencias institucionales.
- Guías prácticas estructuradas que acompañen el contenido teórico.
- Horarios definidos para usos de laboratorios fuera de clase.

Además, proponen que se implementen prácticas más frecuentes, que los docentes reciban formación técnica continua y que los contenidos se actualicen para ajustarse a las exigencias actuales del mercado laboral.

Figura 7. Recursos adicionales para mejoras de la enseñanza



Fuente: Elaboración propia 2025.

La percepción de los estudiantes es clara, existe una brecha significativa entre la teoría y la práctica en los cursos, también, reconocen el potencial de los laboratorios para mejorar el aprendizaje, pero evidencian una falta de condiciones mínimas para que estas herramientas cumplan su función educativa. Las sugerencias recogidas en este apartado permiten orientar acciones concretas para el diseño e implementación de laboratorios especializados y guías didácticas más efectivas.

4.3 Propuesta de Guías Didácticas Interactivas

4.3.1 Laboratorios

El aprendizaje en los cursos de Máquinas Eléctricas y Control Automático necesita espacios que integren la teoría con práctica física y simulada. Se puede realizar un laboratorio híbrido (físico y virtual) para fortalecer competencias técnicas, analíticas y de resolución de problemas en un entorno moderno, seguro y accesible.

4.3.1.1 Laboratorio Físico

El laboratorio físico permite a los estudiantes interactuar con equipos reales, desarrollando habilidades prácticas en la operación, medición y el análisis de sistemas eléctricos y de control, el diseño debe priorizar la seguridad, funcionabilidad y accesibilidad para favorecer el aprendizaje activo en un entorno controlado.

Infraestructura

- Área mínima: 60-80 m²
- Estaciones de trabajo: 6 a 8 (de 3 a 4 estudiantes por estación)
- Instalaciones eléctricas: red trifásica 220/330 V, tierra física y protecciones diferenciales, canalización eléctrica segura.
- Otros: ventilación, iluminación adecuada, señalización y sistemas de emergencias.

Equipamiento Didáctico

Energías y Máquinas Eléctricas:

- Motores DC y AC (monofásicos y trifásicos)
- Generadores síncronos y de corriente continua
- Transformadores (monofásicos y trifásicos)
- Banco de pruebas con cargas mecánicas (dinamómetros y frenos)
- Tacómetros, multímetros, pinzas amperimétricas
- Fuentes de alimentación AC/DC variables con protección

Control Automático:

- Kits didácticos con:
 - PLCs (Siemens, Allen-Bradley, Arduino)

- Paneles HMI
- Sensores Industriales (posición, temperatura, presión, velocidad)
- Plantas: tanques de nivel, horno, servomecanismos, ventilador, brazo robótico
- Osciloscopios, generadores de señales, fuentes duales
- Computadoras con software de simulación (MATLAB, LabView, Elvis)

Medición:

- Tarjetas DAQ (NI USB-6001), módulos de comunicación (RS232, Ethernet)
- Botones de paro, guantes dieléctricos, rotulación de riesgos
- Sistema de tierra física y red de emergencia

4.3.1.2 Laboratorio Virtual

El laboratorio virtual complementa la experiencia física mediante simulaciones precisas, entornos interactivos y herramientas digitales, el cual ofrece una flexibilidad para practicar sin riesgos, permitiendo repetir experimentos, modelar sistemas y prepararse para las prácticas presenciales de forma autónoma y segura, en la tabla III, se mencionan las plataformas y herramientas digitales para ser utilizadas en los laboratorios.

Tabla III Plataforma y Herramientas Digitales

Área	Herramientas	Uso
Máquinas Eléctricas	PSIM, PLCS, MATLAB, Simulink	Simulación de Máquinas, análisis de eficiencia
Control Automático	MATLAB/Simulink, Control System Toolbox, LabVIEW	Diseño, prueba de lazos PID, simulación de procesos
Simulación 3D y electrónica	Proteus, Tinkercad, Factory I/O	Simulación industrial, sensores y actuadores virtuales
LMS	Moodle, Canvas, Google Classroom	Gestión de prácticas, guías, evaluaciones
Documentación	Google Docs, formularios, rúbricas	Registros, entregas de informes y retroalimentación

Fuente: Elaboración Propia

Recursos Didácticos Virtuales:

- Guías paso a paso descargables
- Videos explicativos y tutoriales interactivos
- Evaluaciones en línea y simulaciones guiadas
- Foros de discusión y soporte técnico
- Base de datos de fallas simuladas para diagnósticos

Para ilustrar el diseño y distribución de un laboratorio moderno orientado a la enseñanza de control automático y máquinas eléctricas, se generaron imágenes representativas mediante inteligencia artificial. Estas recreaciones digitales permiten visualizar la disposición de estaciones de trabajo, equipos de medición, motores y sistemas de control, conforme a los estándares académicos y ergonómicos requeridos, las cuales se pueden visualizar en las figuras 8, 9 y 10.

Figura 8. Laboratorio de Control Automático y Máquinas Eléctricas



Fuente: OpenAI (2025)

Figura 9. Laboratorio de Control Automático y Máquinas Eléctricas



Fuente: OpenAI (2025)

Figura 10. Laboratorio de Control Automático y Máquinas Eléctricas



Fuente: OpenAI (2025)

4.3.1.3 Integración Didáctica

La integración efectiva entre los laboratorios físicos y virtuales fortalece el proceso de aprendizaje, debido a que permite al estudiante experimentar, validar y analizar los mismos conceptos desde diferentes entornos. Este enfoque facilita una comprensión profunda y adaptable a diversas condiciones educativas, en las cuales se pueden destacar:

- Cada práctica física cuenta con su equivalente virtual, permitiendo su desarrollo previo o alternativo en caso de contingencias

- Promueve el aprendizaje invertido, primero teoría y simulación y posteriormente la práctica física
- Permite comparación de resultados entre entornos reales y simulados, reforzando la comprensión.
- Rutas de aprendizaje, práctica virtual, práctica física y el análisis crítico de resultados

4.3.1.4 Metodología Didáctica

Las metodologías activas como el ABP, y estaciones rotativas potencian el desarrollo de competencias técnicas y analíticas. La estructura metodológica propuesta busca fomentar la participación, resolución de problemas reales y la evaluación continua del aprendizaje, entre ellas:

- Estrategias de enseñanza:
 - Aprendizaje Basado en Proyectos
 - Resolución de problemas contextualizados
 - Estaciones rotativas (simulación, montaje, validación)
 - Trabajo colaborativo con bitácoras compartidas
- Evaluación Formativa:
 - Rúbricas por competencias, instrumentación, interpretación de datos, diseño de controladores
 - Pruebas cortas previas a las prácticas
 - Retroalimentación constante en plataforma LMS

4.3.1.5 Resultados Esperados

La implementación de laboratorios híbridos apunta a mejorar el dominio de los conceptos complejos, el desarrollo de habilidades prácticas y el compromiso estudiantil. Se espera una

mejora notable en la calidad del aprendizaje y en la preparación profesional de los futuros ingenieros. Entre los resultados esperados están:

- Integración efectiva de conocimientos teóricos con la práctica técnica
- Reducción de la brecha digital-instrumental en contexto con infraestructura limitada
- Desarrollo de competencias para la industria 4.0, control, automatización, análisis y simulación

4.3.2 Control Automático

En el contexto de control automático, la experimentación práctica con sistemas físicos y virtuales permite consolidar los conocimientos adquiridos a nivel teórico, al evidenciar de una forma directa los fenómenos dinámicos que gobiernan el comportamiento de los sistemas de control, con el fin de promover un aprendizaje significativo y aplicado se ha diseñado un plan de estudio (ver anexo 3), el cual permite tener un aprendizaje teórico práctico abordando aspectos fundamentales como el error estacionario, estabilidad, ubicación de polos, ajuste de controles e implementación de redes compensadoras, utilizando plantas reales y equipos de laboratorios.

En el plan de estudio considera un total de ocho prácticas de evaluadas orientadas a desarrollar competencias claves en los estudiantes como la capacidad de análisis, diseño y evaluación del desempeño de los sistemas de control en tiempo real, cada actividad propone la utilización de equipos accesibles como motores de corriente continua, ventiladores, sistemas didácticos con sensores, tarjetas de adquisición de datos (DAQ), permitiendo trabajar en ambientes industriales a una pequeña escala.

4.3.2.1 Prácticas Presenciales

Las prácticas presenciales se utilizan módulos didácticos como:

- Plantas didácticas como motores, péndulo invertido, balancín, entre otros.
- Controladores PID.

- Sensores de posición, temperatura, velocidad.
- Adquisición de datos con microcontroladores, PLCs, tarjetas Arduino, LabVIEW, Elvis, etc

A continuación, se detallan ocho ejercicios prácticos para trabajo en clase.

Practica 1

Análisis de error en sistemas físicos

Objetivo: observar el comportamiento del error estacionario en sistemas reales con diferentes entradas.

Pasos:

- Utilizar un motor DC o sistema lineal básico.
- Aplicar entradas escalón, rampa y parábola
- Medir el error estacionario mediante sensor de posición o encoder.

Equipo sugerido: motor DC con sensor de posición o sistema lineal didáctico, fuente de alimentación, osciloscopio o tarjeta DAQ.

Práctica 2

Lugar de las raíces – sistema físico

Objetivo: identificar cómo la posición de los polos afecta el comportamiento dinámico de un sistema real.

Pasos:

- Aplicar diferentes configuraciones de control (por ejemplo, variación de ganancia en el motor).
- Medir el comportamiento del sistema (tiempo de subida, sobreimpulso, etc.).
- Comparar con predicciones teóricas del lugar de las raíces.

Equipo sugerido: motor DC con control de velocidad, potenciómetro o controlador ajustable, software de adquisición.

Práctica 3

Estabilidad de sistemas con variación de ganancia

Objetivo: estudiar cómo la ganancia afecta la estabilidad en un sistema real.

Pasos:

- Configurar un sistema (motor, tanque, péndulo) con retroalimentación.
- Variar la ganancia del controlador.
- Observar inestabilidad, oscilaciones o amortiguamiento.

Equipo sugerido: sistema de control con ganancia variable, osciloscopio o DAQ, sensores.

Práctica 4

Comparación P, PI, PID físicos

Objetivo: implementar y comparar diferentes acciones de control sobre una planta real.

Pasos:

- Usar un sistema como un ventilador con control de velocidad o tanque con nivel de agua.
- Aplicar controladores P, PI y PID uno a uno (analógicos o digitales).
- Medir tiempo de respuesta, error y sobreimpulso.

Equipo sugerido: módulo con ventilador o tanque, controlador PID, sensores, interfaz DAQ o PLC.

Práctica 5

Ajuste de controladores físicos

Objetivo: ajustar un PID real en una planta usando métodos manuales y automáticos.

Pasos:

- Configurar control PID en una planta (motor, tanque, etc.).
- Ajustar manualmente (prueba y error).
- Comparar con ajuste automático (auto-tuning si disponible).
- Evaluar desempeño.

Equipo sugerido: controlador PID industrial o didáctico, planta física, interfaz gráfica o software.

Práctica 6

Red de compensación con hardware

Objetivo: implementar una red compensadora física y verificar su efecto.

Pasos:

- Insertar una red RC o RL en el sistema o ajustar controlador para simular red adelantadora/atrasadora.
- Ver cambios en la respuesta del sistema.
- Comparar respuesta con y sin red.

Equipo sugerido: sistema lineal con posibilidad de insertar redes (panel didáctico), multímetro, sensores, osciloscopio.

Práctica 7

Controlabilidad práctica

Objetivo: verificar si una planta física es completamente controlable a partir de las entradas disponibles.

Pasos:

- Usar una planta con múltiples entradas (ej. doble motor, tanque doble).
- Probar si se puede llevar el sistema a distintos estados deseados.

- Verificar límites físicos (saturación, zonas muertas).

Equipo sugerido: sistema de doble entrada (doble motor, tanque doble), panel de control, sensores, actuadores.

Práctica 8

Observadores de estado prácticos

Objetivo: estimar estados internos no medidos directamente en un sistema físico.

Pasos:

- Aplicar un observador (Luenberger o simple estimador) en un sistema tipo motor o balancín.
- Medir una variable (posición) y estimar otra (velocidad).
- Comparar estimación con medición directa (si posible).

Equipo sugerido: sistema con encoder, tarjeta de adquisición, software de control (LabVIEW, Simulink Real-Time, etc.)

4.3.3 Máquinas Eléctricas

En el contexto de las Máquinas Eléctricas, la experimentación a través de ejercicios prácticos con equipos físicos reales es un componente primordial para consolidar los conocimientos teóricos adquiridos, debido a que permite observar y analizar de forma directa los principios electromagnéticos que rigen el funcionamiento de transformadores, motores y generadores. Con el fin de promover un mejor aprendizaje, se diseña un plan de estudios (ver anexo 4), que combina la teoría con la práctica mediante la ejecución de actividades experimentales.

El plan contempla ocho practicas evaluadas, orientadas al desarrollo de competencias en los estudiantes, como el análisis de circuitos magnéticos, medición de parámetros eléctricos, interpretación de curvas características, y la evaluación del comportamiento de las máquinas bajo diversas condiciones de carga. Las prácticas proponen el uso de equipos didácticos tales como: transformadores monofásicos, bancos de pruebas para motores de corriente continua y alterna, e instrumentos de medición eléctrica (voltímetros, amperímetros, wattímetros).

Las prácticas para desarrollar no solo fortalecen el aprendizaje técnico, sino que también fomenta habilidades de trabajo en equipo, resolución de problemas y toma de decisiones, dentro de un entorno controlado que simula aplicaciones reales de la industria eléctrica.

4.3.3.1 Prácticas Presenciales

Práctica 1

Análisis del campo magnético y flujo en materiales ferromagnéticos

Objetivo: observar el comportamiento del campo magnético en diferentes materiales y medición de magnitudes relacionadas con flujo e intensidad.

Pasos:

- Reunir los materiales: bobina de excitación, núcleos de hierro dulce y acero.
- Conectar la bobina al núcleo de hierro y alimentar con corriente variable desde una fuente DC.
- Medir la corriente con un amperímetro y el voltaje con un multímetro.
- Utilizar un sensor de campo magnético o gaussímetro para registrar la densidad de flujo.
- Repetir el procedimiento con un núcleo de acero.
- Calcular la reluctancia de cada material.
- Documentar observaciones y diferencias entre materiales.

Equipo sugerido: fuente de alimentación DC variable, bobina de excitación, núcleos intercambiables (hierro dulce, acero), amperímetro y multímetro digital, gaussímetro o sensor de campo magnético, cables de conexión

Práctica 2:

Estudio de la curva de magnetización e histéresis

Objetivo: obtener experimentalmente la curva de magnetización y de histéresis de un núcleo ferro magnético.

Pasos:

- Configurar un transformador con núcleo desmontable, bobina primaria y sensor de flujo.
- Aplicar señal sinusoidal de baja frecuencia desde un generador (50 Hz).
- Medir la corriente en la bobina y el flujo magnético con el sensor.
- Graficar B vs H para obtener la curva de magnetización.
- Cambiar polaridad para observar el ciclo de histéresis.
- Analizar pérdidas en el ciclo.
- Registrar los datos y graficar la curva.

Equipo sugerido: transformador con núcleo desmontable, generador de señal o fuente AC variable, sensor de flujo magnético, osciloscopio o sistema de adquisición, resistencias; papel milimétrico o software de análisis.

Práctica 3

Análisis de voltaje inducido en conductores en movimiento

Objetivo: verificar experimentalmente la ley de Faraday de la inducción electromagnética.

Pasos:

- Conectar una bobina al voltímetro.
- Mover un imán a través de la bobina a distintas velocidades.
- Registrar el voltaje inducido en cada caso.
- Repetir el experimento con diferentes bobinas.
- Cambiar la orientación del campo magnético.
- Comparar voltajes y analizar los resultados.
- Confirmar experimentalmente la ley de Faraday.

Equipo sugerido: bobinas de distintas espiras, imán permanente, voltímetro o DAQ, soporte para controlar el movimiento, cronómetro

Práctica 4

Ensayo de circuito abierto y cortocircuito en transformadores

Objetivo: obtener parámetros eléctricos del transformador a través de ensayos de laboratorio.

Pasos:

- Realizar el ensayo en circuito abierto: conectar primario, dejar secundario abierto.
- Alimentar con voltaje nominal y medir tensión, corriente y potencia.
- Calcular pérdidas en el núcleo.
- Realizar el ensayo en cortocircuito: cortocircuitar secundario.
- Alimentar primario con bajo voltaje hasta que la corriente nominal circule.
- Medir tensión, corriente y potencia en esta condición.
- Calcular impedancia equivalente y pérdidas en el cobre.

Equipo sugerido: transformador monofásico, fuente de alimentación AC variable, multímetro, amperímetro y vatímetro, resistencias para carga, cables y protecciones.

Práctica 5:

Determinación de la eficiencia y regulación del transformador

Objetivo: determinar experimentalmente la eficiencia y regulación de tensión del transformador bajo carga.

Pasos:

- Conectar una carga variable al secundario del transformador.
- Alimentar el primario con tensión nominal.
- Medir tensión y corriente en ambos lados.
- Variar la carga y repetir las mediciones.
- Calcular la eficiencia y la regulación de tensión.
- Graficar eficiencia vs carga.
- Analizar resultados con valores teóricos.

Equipo sugerido: transformador monofásico, fuente AC regulable, carga resistiva variable, multímetro y amperímetro, software o papel para graficar

Práctica 6:

Conexión de transformadores monofásicos y trifásicos

Objetivo: realizar conexiones de transformadores en configuraciones monofásicas y trifásicas.

Pasos:

- Seleccionar tres transformadores monofásicos.
- Realizar conexión Estrella–Estrella y medir voltajes.
- Cambiar a Estrella–Delta y repetir mediciones.
- Realizar conexiones Delta–Delta y Delta–Estrella.
- Verificar el índice horario con análisis de fase.
- Documentar cada conexión y resultado.
- Analizar balance de carga y simetría.

Equipo sugerido: tres transformadores monofásicos, fuente trifásica (o simulador de red), multímetro o analizador de redes, resistencias de carga, cables y conectores

Práctica 7:

Medición de voltaje y torque en espira giratoria (modelo de máquina DC)

Objetivo: estudiar la generación de tensión y torque en un modelo simplificado de máquina DC.

Pasos:

- Utilizar un modelo de generador con espira giratoria.
- Hacer girar la espira manual o mecánicamente.
- Medir el voltaje inducido con un voltímetro.
- Aumentar la velocidad y registrar el cambio.
- Conectar una pequeña carga y medir torque resistido.
- Graficar voltaje vs velocidad.
- Analizar la conversión de energía.

Equipo sugerido: modelo didáctico de generador DC, fuente mecánica o manual de movimiento, voltímetro, carga resistiva, tacómetro y dinamómetro

Práctica 8

Prueba de funcionamiento de motor DC en distintas condiciones de carga

Objetivo: analizar el comportamiento del motor DC con diferentes cargas.

Pasos:

- Conectar el motor DC a una fuente con control de voltaje.
- Hacerlo funcionar sin carga y medir parámetros.
- Aplicar carga mecánica progresiva (freno o generador).
- Medir torque, corriente, velocidad y eficiencia.

- Repetir con distintos niveles de carga.
- Graficar par-velocidad y eficiencia vs carga.
- Evaluar comportamiento del motor.

Equipo sugerido: motor DC de laboratorio, fuente de alimentación DC regulable, freno dinámico o generador de carga, tacómetro y dinamómetro, multímetro y amperímetro, carga resistiva

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

La enseñanza tradicional de los cursos de Control Automático y Máquinas Eléctricas se ha caracterizado por una separación entre la teoría y la práctica, lo que limita el desarrollo integral de competencias en los estudiantes. Los resultados obtenidos mediante las encuestas aplicadas a los docentes y estudiantes evidencian debilidades importantes, entre ellas la carencia de laboratorios funcionales, materiales didácticos actualizados y metodologías activas que promueve un aprendizaje significativo.

Frente a este contexto, el diseño de las guías didácticas interactivas apoyadas por un laboratorio especializado se presenta como una estrategia pedagógica efectiva para optimizar el aprendizaje teórico-práctico. Esta propuesta integra entornos reales y simulados que permiten a los estudiantes experimentar, analizar y resolver situaciones afines a su futuro desempeño profesional.

Asimismo, la incorporación de metodologías como ABP, el uso de plataformas LMS, simuladores educativos y tecnologías de automatización, refuerza un enfoque activo, colaborativo y contextualizado. En conjunto, la solución planteada no solo contribuye a mejorar el rendimiento académico, sino que también potencia la empleabilidad de los futuros ingenieros, al prepararlos de manera más sólida frente a los desafíos técnicos del entorno laboral actual.

Por lo tanto, se concluye:

1. La enseñanza tradicional en los cursos de Máquinas Eléctricas y Control Automático presenta una limitada integración entre la teoría y la práctica, lo que afecta el desarrollo de competencias en los estudiantes.

2. Las encuestas realizadas evidencian la falta de laboratorios adecuados, materiales didácticos desactualizados y metodologías de enseñanza.
3. El diseño de guías didácticas interactivas, acompañado de un laboratorio especializado, presenta una solución efectiva para mejorar el aprendizaje práctico, lo que permite a los estudiantes aplicar conceptos en contexto reales y simulados.
4. La implementación de metodologías como el APB, junto con el uso de simuladores, plataformas LMS y tecnologías de automatización, favorece un aprendizaje activo, colaborativo y contextualizado.
5. La propuesta desarrollada fortalece no solo el rendimiento académico, sino también la empleabilidad de los estudiantes, al prepararlos mejor para enfrentar los retos técnicos del entorno profesional actual.

5.2 Recomendaciones

La Universidad Central debe invertir en la creación de laboratorios físicos y virtuales especializados, con el equipamiento actualizado que permita el desarrollo de prácticas seguras y efectivas.

Se recomienda capacitar continuamente a los docentes en el uso de tecnologías educativas y metodologías ABP y aula invertida.

Es fundamental actualizar los planes de estudio para incorporar guías didácticas interactivas, que integren teoría, práctica y evaluación formativa.

Promover el uso de plataformas virtuales y simuladores como complemento a las prácticas presenciales, asegurando así la continuidad del aprendizaje en distintos escenarios.

Realizar evaluaciones periódicas sobre la efectividad de las guías y laboratorios implementados, con el fin de mejorar continuamente la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Referencias

Aprendizaje basado en proyectos. (2021, 6 mayo). Kit de Pedagogía y TIC.
<https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoescuela/pedagogic/aprendizaje-basado-proyectos/>

AulaPlaneta. (s. f.). ¿Cómo elaborar la guía didáctica de un proyecto? | Profesores - AulaPlaneta.
<https://docsp.aulaplaneta.com//docsp.aulaplaneta.com/labor-docente/guia-didactica>

Capris Engineering – Smart solutions to simplify your processes. (s. f.). <https://capriseng.com/>

Castro Molina, D. (2008). *Unidad controladora de procesos para el diseño, análisis, simulación implementación de sistemas de control automático a través de redes TCP/IP* (Informe de proyecto de graduación, Instituto Tecnológico de Costa Rica).

Cubillo Hernández, E. (2013). *Implementación de un banco de pruebas para caracterización de máquinas eléctricas mediante un freno electrodinámico.* Proyecto de Graduación, Tecnológico de Costa Rica.

Edibon. (s. f.). *LABORATORIO DE ELECTRÓNICA PARA EDUCACIÓN SUPERIOR | EDIBON* ®.
<https://www.edibon.com/es/laboratorio-de-electronica-para-educacion-superior>

Farías, G. (2024, 18 enero). *Encuesta - Concepto, tipos, función, características y ejemplos.* Concepto.
<https://concepto.de/encuesta/>

Guerrero Castro, O., & Gómez Gutiérrez, L. (2010). Las principales fallas de motores eléctricos en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 23(5), 3–13.
https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/134

Historia - Universidad Central. (2024, 10 julio). Universidad Central. <https://uc.ac.cr/historia/>

Industries. (2024, 2 mayo). *Dansar Industries*. <https://www.dansarindustries.com/>

Lapzo. (2023, 23 noviembre). *Métodos de evaluación del desempeño, ¿cuál es el mejor para mi equipo?*

Lapzo. <https://www.lapzo.com/blog/evaluaciones/metodos-evaluacion-de-desempeno>

LJ Create. (2023, 18 abril). *Laboratorio de Ingeniería Eléctrica / Electrónica | LJ Create*.

<https://ljcreate.com/es/ingenieria/soluciones-de-laboratorio-completas/ingenieria-electronica/>

Lorenzo, J.M. (2025b, enero 8). Aula invertida: características, ventajas e implementación. *SMOWL*

Proctoring | Sistema de supervisión para exámenes online. [https://smowl.net/es/blog/aula-](https://smowl.net/es/blog/aula-invertida/)

[invertida/](https://smowl.net/es/blog/aula-invertida/)

Los principales modelos pedagógicos utilizados en la educación – Docentes al Día. (2020, 31 mayo).

<https://docentesaldia.com/2020/05/31/los-principales-modelos-pedagogicos-utilizados-en-la-educacion/>

Monge Nájera, J., & Méndez Estrada, V. H. (2007). *Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: La opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración.* *Revista Educación*, 31(1), 91-108. [https://doi.org/\[DOI\]](https://doi.org/[DOI])

Moreno-Torres, P., Blanco, M., Lafoz, M., & Arribas, J. (2015). Educational Project for the Teaching of Control of Electric Traction Drives. *Energies*, 8(2), 921-938. <https://doi.org/10.3390/en8020921>

OpenAI. (2025). *Imagen generada por IA de laboratorio [Imagen]. ChatGPT.* <https://chat.openai.com/>.

PhET. (s. f.). *Kit de construcción de circuitos: CD - laboratorio virtual.* Recuperado de <https://phet.colorado.edu/es/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab>

Ramírez Rojas, V. E. (2016). Creación de un sistema didáctico e interactivo de control automático basado en el péndulo de Furuta (Informe de Proyecto de Graduación, Instituto Tecnológico de Costa Rica).

Ramirez, J., Tellez, S., & Rivera, S. (2021). *Implementing virtual laboratories: Remote teaching of electrical machines.* *Revista Internacional de Métodos Numéricos Para Cálculo y Diseño En Ingeniería*, 37(4). <https://doi.org/10.23967/j.rimni.2021.10.002>

Sánchez, E. (2021, 15 noviembre). Las 9 diferencias entre los modelos constructivistas y los racionalistas. *Psicología y Mente.* <https://psicologiaymente.com/psicologia/diferencias-modelos-constructivistas-racionalistas>

Universidad de Guanajuato. (s. f.). Lectura 2: Elaboración de guía didáctica. Recuperado de <https://blogs.ugto.mx/rea/lectura-2-elaboracion-de-guia-didactica/>

Universidad Europea en Colombia. (2024, 12 junio). CO - ¿Qué es el aprendizaje basado en proyectos?

Universidad Europea Colombia. <https://colombia.universidadeuropea.com/blog/aprendizaje-basado-proyectos/>

Universidad Tecnológica Nacional. (s. f.). Guías didácticas. Recuperado de

<https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/7744/Guas-didcticas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Valverde, T., & Valverde, T. (2024, 17 septiembre). La Importancia del Aprendizaje Práctico en la

Formación Profesional - LUMBIER. *LUMBIER - Revista de Educación y Formación Profesional*.

<https://ieslumbier.es/la-importancia-del-aprendizaje-practico-en-la-formacion-profesional/>

Vargas, H., Heradio, R., Donoso, M., & Farias, G. (2022). Teaching automation with Factory I/O under a

competency-based curriculum. *Multimedia Tools And Applications*, 82(13), 19221-19246.

<https://doi.org/10.1007/s11042-022-14047-9>

Yosen. (2024, 13 septiembre). *Diferencias entre teoría y práctica en el aprendizaje | Salud vital | Consejos*

de salud, bienestar y estilo. Salud Vital. https://saludvital.cl/aprendizaje/diferencias-entre-teoria-y-practica-en-el-aprendizaje/?utm_source=chatgpt.com#google_vignette

Apéndices y Anexos

Anexo 1. Encuesta Docente

1. ¿Años de Experiencia Docente?

- Menos de 2 años
- Entre 2 y 5 años
- Entre 6 y 10 años
- Más de 10 años

2. ¿Qué cursos imparte?

Respuesta abierta

3. ¿Cuenta con un laboratorio adecuado para impartir prácticas en su curso?

- Si
- Parcialmente
- No

4. ¿Qué tan completo considera el equipamiento disponible en el laboratorio?

- Muy completo
- Adecuado
- Insuficiente

5. ¿Qué equipo o herramienta considera que hace falta en los laboratorios?

Respuesta múltiple (checkboxes),

- PLCs
- Osciloscopios

- Motores eléctricos
- Software de simulación
- Generadores
- Fuentes de alimentación
- Instrumentos de medición

- Otros (especificar)

6. ¿Qué metodologías utiliza en su curso?

Respuesta abierta

7. ¿Considera que el material didáctico actual es adecuado?

- Sí
- Parcialmente
- No

8. ¿Qué elementos mejorarían la enseñanza de su curso?

Respuesta múltiple (checkboxes),

- Más tiempo de laboratorio
- Manuales actualizados
- Simuladores
- Capacitación docente
- Recursos audiovisuales
- Otros

9. ¿Cuáles considera que son las principales limitaciones en la enseñanza de estos cursos?

Respuesta abierta

10. ¿Qué cambios implementaría para mejorar el aprendizaje en estos cursos?

Respuesta abierta

Anexo 2. Encuesta Estudiantes

1. ¿Cuál es tu carrera o programa académico?

Respuesta abierta.

2. ¿En qué nivel académico te encuentras actualmente?

- Primer año
- Segundo año
- Tercer año
- Cuarto año o más

3. ¿Has tenido acceso a laboratorios especializados durante tu formación?

- Sí
- No

4. ¿Con qué frecuencia utilizas los laboratorios en tus cursos?

- Nunca
- Rara vez
- Ocasionalmente
- Frecuentemente
- Siempre

5. ¿Consideras que los laboratorios están adecuadamente equipados para tus necesidades de aprendizaje?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

6. ¿Qué tipo de equipos consideras que hacen falta en los laboratorios?

Respuesta abierta.

7. ¿Qué metodologías de enseñanza se utilizan en tus cursos?

- Clases magistrales
- Prácticas en laboratorio
- Simulaciones por software
- Aprendizaje basado en proyectos
- Otras (especificar)

8. ¿El material didáctico proporcionado es adecuado y actualizado?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

9. ¿Qué elementos mejorarían tu experiencia de aprendizaje en los cursos técnicos?

- Mayor tiempo de uso del laboratorio
- Mejores guías y manuales didácticos
- Capacitación continua del profesorado
- Acceso a software de simulación avanzado
- Otros (especificar)

10. ¿Cuáles consideras que son las principales limitaciones en tu proceso de aprendizaje?

- Falta de equipos adecuados en los laboratorios
- Planes de estudio desactualizados
- Falta de recursos didácticos y tecnológicos
- Otros (especificar)

11. ¿Qué cambios implementarías para mejorar el aprendizaje en tus cursos?

Respuesta abierta.

Anexo 3. Plan Control Automático



Bachillerato en Ingeniería Electrónica

Código del Curso: IEM-080	Créditos: 4
Nombre del Curso: Control Automático	Horas por semana: 3
Ciclo Lectivo: Cuatrimestral	Horas Teóricas por semana: 3
Tipo de Curso: Teórico-Práctico	Horas Prácticas por semana: 5
Requisitos:	Horas de Trabajo Independiente: 4
Duración: 15 semanas	Docente del Curso: Por definir
Horario: (Según lo establezca la escuela)	Sede: Virtual / Presencial
Coordinador:	Horario de atención Docente:

DESCRIPCIÓN

En el curso de Control Automático proporciona al estudiante los fundamentos teóricos y prácticos necesarios para el análisis, diseño y evaluación de los sistemas de control en la ingeniería electrónica. Se abordarán temas como la estabilidad, análisis de error, diseño de controladores clásicos (P, PI, PID), redes de compensación y conceptos introductorios del control moderno. Por medio de clases teóricas y prácticas de laboratorio, además, se promueve el desarrollo de habilidades para implementar soluciones de control en sistemas físicos reales.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar en el estudiante la capacidad de análisis, diseño e implementación en sistemas de control automático utilizando técnicas clásicas y modernas, aplicando los criterios de estabilidad, desempeño y controlabilidad, en sistemas virtuales como en sistemas físicos.

Objetivos Específicos

- Comprender los conceptos fundamentales de los sistemas de control automático, incluyendo sus elementos, tipos de señales y modelos matemáticos.
- Aplicar herramientas de análisis como el error en estado estacionario, lugar de las raíces y estabilidad para evaluar el comportamiento de sistemas en lazo cerrado.
- Diseñar y ajustar controladores P, PI y PID, así como redes de compensación, para mejorar el desempeño de sistemas dinámicos reales.
- Introducir al estudiante en los principios básicos del control moderno, como la controlabilidad, observadores de estado y nociones de control complejo

Contenido

Temas 1: Introducción

- Ejemplo introductorio

- Concepto de regulador y servomecanismo
- Elementos básicos de un sistema de control automático

Tema 2: Herramientas

- Análisis de error
- Análisis de estabilidad
- Construcción del Lugar de las Raíces
- Aplicación del Lugar de las Raíces

Temas 3: Control Clásico

- Introducción
- Acciones clásicas de control
- Efecto de las acciones P, I y D sobre el comportamiento de sistema en lazo cerrado
- Funciones de transferencia reales e ideales de los reguladores P, I y D
- Selección del controlador
- Ajuste de los controladores
- Diseño de redes de compensación utilizando técnicas en el dominio de la frecuencia y el lugar de las raíces
- Ejemplo de controles automáticos

Temas 4: Control Moderno

- Introducción
- El problema de la controlabilidad
- Observadores de estado con medición completa
- Observadores de estado con medición incompleta
- Introducción al control complejo
- Control óptimo de sistemas lineales
- Control adaptivo
- Control de sistemas no lineales

Evaluación

Rubro	Porcentaje
Evaluación I	15%

Evaluación II	15%
Evaluación Práctica	30%
Prácticas	40%
Total	100%

Metodología

El curso se desarrollará mediante una metodología teórico-práctica, que busca equilibrar la comprensión conceptual con la aplicación real en sistemas físicos. Esta metodología se basa en el enfoque de aprender haciendo, promoviendo un aprendizaje significativo a través de la experimentación, el análisis de resultados y la reflexión sobre los fenómenos observados. Durante el desarrollo del curso, se combinarán los siguientes elementos metodológicos:

- **Clases expositivas participativas:** Se utilizará la clase magistral como base para introducir los fundamentos teóricos del control automático, pero complementada con discusiones guiadas, análisis de ejemplos reales y resolución colaborativa de problemas. Se fomentará la participación del estudiante mediante preguntas, análisis de casos y retroalimentación continua.
- **Resolución de problemas y ejercicios aplicados:** Se integrarán sesiones prácticas en aula para la resolución de ejercicios enfocados en el modelado, análisis y diseño de sistemas de control. Estas actividades permitirán reforzar la comprensión de herramientas como el lugar de las raíces, análisis de error, estabilidad y diseño de controladores.
- **Laboratorios con equipo físico:** Se realizarán ocho prácticas en laboratorio con plantas reales o equipos didácticos, como motores, tanques, ventiladores, balancines u otros sistemas dinámicos. Estas prácticas permitirán al estudiante experimentar los efectos de la retroalimentación, las distintas acciones de control (P, I, D) y la implementación de técnicas de compensación y observación de estados.

- **Simulación con software especializado:** Se apoyará el aprendizaje mediante el uso de herramientas como MATLAB/Simulink, LabVIEW, Scilab o similares, permitiendo al estudiante modelar sistemas, probar diseños de controladores y validar su comportamiento antes de implementarlos físicamente.
- **Evaluación continua y retroalimentación:** A lo largo del curso se desarrollarán dos exámenes teóricos intermedios y un examen práctico final. Además, se valorará la ejecución y los informes de laboratorio, promoviendo una evaluación integral del desempeño. Se brindará retroalimentación oportuna para guiar la mejora continua del estudiante.
- **Trabajo en equipo y habilidades blandas:** Las prácticas de laboratorio y parte del trabajo en clase se realizarán en equipos, fomentando la colaboración, la toma de decisiones, la gestión del tiempo y la comunicación técnica, habilidades esenciales en el ámbito profesional de la ingeniería.

Recursos Didácticos

Recurso	Descripción y uso
Pizarra, marcadores y proyector	Utilizados en clases expositivas para presentar conceptos teóricos, esquemas de sistemas, análisis matemáticos y discusión grupal.
Presentaciones digitales (PowerPoint/PDF)	Material estructurado para apoyar las explicaciones teóricas, incluyendo gráficos, diagramas y ejemplos aplicados.
Guías de laboratorio impresas o digitales	Documentos con instrucciones detalladas para la realización de las prácticas, objetivos, procedimientos y criterios de evaluación.
Simuladores de sistemas de control	Software como MATLAB/Simulink, Scilab o Proteus, para modelar, analizar y diseñar sistemas de control antes de su implementación física.

Recurso	Descripción y uso
Equipos de laboratorio físico	Bancadas didácticas con plantas reales: motores DC, balancines, tanques de nivel, sistemas térmicos o ventiladores, controlables mediante sensores y actuadores.
Controladores PID físicos o tarjetas Arduino/PIC/PLC	Dispositivos para la implementación de algoritmos de control básicos en sistemas reales o prototipos.
Instrumentos de medición	Multímetros, osciloscopios, sensores de posición/velocidad, fuentes de alimentación y generadores de señal para validar experimentalmente el comportamiento del sistema.
Manuales técnicos y hojas de datos	Documentos de referencia para el uso correcto de componentes, programación de controladores y diseño de circuitos.
Acceso a plataforma virtual o aula en línea	Espacio para compartir materiales, guías, tareas, videos de refuerzo y realizar consultas asincrónicas.

Cronograma

Semana	Contenidos	Actividades
1	Introducción Lectura del programa	Clase Expositiva

	<p>Ejemplo Introductorio</p> <p>Concepto de regulador y servomecanismo</p> <p>Elementos Básicos de un sistema de control</p>	<p>Análisis de un sistema real simple</p> <p>Ejercicio STEM</p>
2	<p>Herramientas</p> <p>Análisis del error</p> <p>Análisis de Estabilidad</p>	<p>Clase Expositiva</p> <p>Practica 1</p>
3	<p>Herramientas</p> <p>Construcción del lugar de las raíces</p>	<p>Clase Expositiva</p> <p>Practica 2 (Matlab u otro software)</p>
4	<p>Herramientas</p> <p>Aplicación del lugar de las raíces</p>	<p>Clase Expositiva</p> <p>Ejercicio STEM</p> <p>Practica 3</p>
5	<p>Control Clásico</p> <p>Introducción</p> <p>Acciones clásicas de control</p>	<p>Clase Expositiva</p> <p>Ejercicio STEM</p>

		Practica 4 (Control P, I y D)
6	Evaluación teórica	Evaluación Individual
7	Control Clásico Efecto de las acciones P, I y D Funciones de transferencia reales e ideales	Clase expositiva Estudios de casos guiados y resolución de problemas
8	Control Clásico Selección del controlador Ajuste de los controladores	Clase expositiva Practica 5 (Ajustes de control)
9	Control Clásico Diseño de redes de comprensión (frecuencia y lugar de raíces)	Clase expositiva Practica 6 (Diseño de redes de comprensión)
10	Control Clásico	Clase expositiva

	Ejemplos automáticos	Controles	Repaso de control clásico y resolución de problemas guiados Ejercicio STEM
11	Evaluación Teórica		Evaluación Individual
12	Control Moderno Introducción El problema de la controlabilidad		Clase expositiva Practica 7 (Análisis de controlabilidad)
13	Control Moderno Observadores de Estado (medición completa e incompleta)		Clase expositiva Practica 8 (Diseño Básico de observadores)
14	Introducción al control complejo Control óptimo Control adaptivo Control no lineal		Clase expositiva Discusiones finales y análisis comparativo

15	Evaluación Práctica	Evaluación Individual
----	---------------------	-----------------------

Rúbricas

Rúbricas prácticas

Criterio	Excelente (4 pts)	Bueno (3 pts)	Regular (2 pts)	Deficiente (1 pt)
1. Preparación y organización	Llega preparado, entiende el objetivo, organiza el equipo eficientemente.	Tiene conocimiento general, organiza con ayuda.	Requiere apoyo constante para organizarse.	No muestra preparación ni organización.
2. Ejecución técnica	Realiza la práctica correctamente y sin errores.	Realiza la práctica con pequeños errores.	Comete errores frecuentes que afectan los resultados.	No logra completar la práctica correctamente.
3. Registro de datos y observaciones	Registra datos precisos y observaciones claras.	Registra la mayoría de los datos, con buena estructura.	Registro incompleto o poco claro.	No registra datos relevantes.

Criterio	Excelente (4 pts)	Bueno (3 pts)	Regular (2 pts)	Deficiente (1 pt)
4. Análisis e interpretación	Interpreta correctamente los resultados y relaciona con la teoría.	Interpreta resultados con leves imprecisiones.	Presenta dificultades para interpretar o justificar los resultados.	No interpreta ni relaciona adecuadamente.
5. Trabajo en equipo y colaboración	Participa activamente, coopera y comunica efectivamente.	Colabora bien con el grupo, participa en general.	Participa poco o con dificultades para colaborar.	No coopera ni participa en el trabajo grupal.
6. Presentación del informe	Entrega clara, completa, con redacción técnica y ordenada.	Informe bien estructurado, con detalles menores por mejorar.	Informe incompleto o con errores en redacción y estructura.	Informe deficiente, desordenado o sin estructura.

Rúbrica Evaluación Práctica

Criterio	Excelente (4 pts)	Bueno (3 pts)	Regular (2 pts)	Deficiente (1 pt)
1. Preparación y comprensión del sistema	Comprende completamente el funcionamiento del sistema a controlar.	Muestra comprensión general del sistema con mínimos errores.	Presenta confusión parcial sobre el sistema o su comportamiento.	No demuestra comprensión del sistema ni su funcionamiento.
2. Configuración del sistema y equipo	Conecta y configura el sistema correctamente y de forma autónoma.	Realiza la configuración con leves errores corregibles.	Necesita guía frecuente para configurar el sistema.	Configura mal el equipo o depende totalmente de asistencia externa.
3. Implementación del controlador	Implementa correctamente el controlador propuesto (PID u otro) y justifica su elección.	Implementa el controlador con mínimos ajustes o errores.	Implementa parcialmente o con errores funcionales relevantes.	No logra implementar un controlador funcional.
4. Análisis del comportamiento del sistema	Analiza correctamente la respuesta del sistema ante	Interpreta los resultados con algunas imprecisiones.	Analiza con dificultad o interpreta de forma poco clara los resultados.	No analiza ni interpreta el comportamiento del sistema.

Criterio	Excelente (4 pts)	Bueno (3 pts)	Regular (2 pts)	Deficiente (1 pt)
	estímulos o cambios.			
5. Resolución de problemas	Identifica y corrige problemas durante la práctica con criterio técnico.	Resuelve problemas menores con ayuda mínima.	Tiene dificultad para resolver errores durante la práctica.	No logra identificar ni corregir problemas durante la ejecución.
6. Presentación y comunicación técnica	Expone con claridad el procedimiento, justificaciones y conclusiones.	Explica bien, aunque con algunos detalles faltantes o confusión parcial.	Presenta dificultades en la explicación del procedimiento o de los resultados.	No logra comunicar adecuadamente lo realizado ni sus conclusiones.

Bibliografía

- Auslander, D., "Introducción a sistemas y control.", Mc. Graw Hill., México, 1976.
- Canales,R.,Barrera,P., "Análisis de sistemas dinámicos y control automático", Limusa, México,1996.
- Dorf, R., "Sistemas automáticos de control.", Fondo Educativo Interamericano, Bogotá, 1978.
- Ogata, K., "Dinámica de sistemas.", Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, 1987.
- Kuo, B., "Sistemas automáticos de control.", CECSA, México, 1987.
- D'azzo, J., Hoopis, C., "Sistemas lineales de control", Paraninfo, Madrid, España, 1977.
- Elgerd, O., "Control Systems Theory", Mc.Graw Hill, New York, U.S.A., 1967
- Juliud, T., "Modern control Theorv", Mc. Graw Hill, E.U.A., 1964.

- Kwakernaak, H., Silva, R., "Linear optimal control systems", Willey-Interscience, E.U.A., 1972.

Anexo 4. Plan Máquinas Eléctricas



Bachillerato en Ingeniería Electrónica

Código del Curso: IEM-081	Créditos: 4
Nombre del Curso: Maquinas Eléctricas I	Horas por semana: 3
Ciclo Lectivo: Cuatrimestral	Horas Teóricas por semana: 3
Tipo de Curso: Teórico-Práctico	Horas Prácticas por semana: 5
Requisitos: IEM-072 Teoría de Campo I	Horas de Trabajo Independiente: 4
Duración: 15 semanas	Docente del Curso: Por definir
Horario: (Según lo establezca la escuela)	Sede: Virtual / Presencial
Coordinador:	Horario de atención Docente:

DESCRIPCIÓN

El curso ofrece una base teórica y práctica sobre los principios fundamentales que rigen el funcionamiento de las máquinas eléctricas, incluyendo transformadores y motores de corriente directa. A través del estudio de los fenómenos electromagnéticos, análisis de circuitos magnéticos, ensayos experimentales y conexión de transformadores, el estudiante desarrollará las competencias necesarias para comprender, analizar e interpretar el comportamiento de las principales máquinas utilizadas en los sistemas eléctricos de potencia e industriales. El curso combina clases expositivas con prácticas de laboratorio para fortalecer la comprensión integral del tema.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar en el estudiante las competencias para analizar, interpretar y aplicar los principios de operación de las máquinas eléctricas, mediante fundamentos electromagnéticos, modelos matemáticos y prácticas experimentales, permitiendo su aplicación en entornos de generación, transformación y control eléctrico.

Objetivos Específicos

- Comprender los conceptos físicos y matemáticos asociados a los campos magnéticos, voltajes inducidos y potencia eléctrica en el contexto de las máquinas eléctricas.
- Analizar el comportamiento de los materiales ferromagnéticos y su influencia en la operación de transformadores y otros dispositivos electromagnéticos.
- Interpretar el funcionamiento de transformadores ideales y reales, mediante modelos eléctricos, ensayos prácticos y análisis de eficiencia
- Aplicar los conocimientos adquiridos en la conexión, medición y evaluación de máquinas eléctricas en laboratorio, desarrollando habilidades técnicas y de resolución de problemas.

Contenido

Tema 1: Relaciones básicas

- Relación de las máquinas eléctricas y el campo magnético.
- Potencia

- Campo magnético.
- Voltaje inducido por un campo magnético variable en el tiempo.
- Fuerza sobre un conductor en presencia de un campo magnético.
- Producción de un campo magnético.
- Flujo magnético, densidad de campo e intensidad de campo magnético.
- Circuito equivalente magnético
- Concepto de reluctancia, flujo magnético y fuerza electro magneto motriz (femm)
- Modelo de maquina lineal de corriente directa
- Potencia reactiva, aparente, reactiva y triangulo de potencias.

Tema 2: Estructuras excitadas con corriente directa y corriente alterna

- Materiales ferromagnéticos, permeabilidad magnética y sus propiedades
- Curva de magnetización y su importancia
- Formación de la curva de histéresis
- La técnica de los circuitos magnéticos
- Análisis de circuitos magnéticos

Tema 3: El transformador

- Introducción
- Conceptos básicos
- Tipos de transformadores
- Polaridad de los transformadores, convención de los puntos
- Relación de transformación en transformadores
- El transformador Ideal
- Análisis de circuitos con transformadores ideales
- Funcionamiento de transformadores monofásicos reales
- Corriente de magnetización
- Pruebas de circuito abierto y corto circuito en transformadores
- Circuito equivalente del transformador real
- Sistema por unidad en transformadores

- Regulación y eficiencia del transformador
- El auto transformador y sus aplicaciones

Tema 4: Conexión de transformadores monofásicos y trifásicos

- Conexión paralelo de transformadores monofásicos
- Conexión de transformadores monofásicos de distribución
- Conexión de transformadores en Estrella - Estrella (120/208V, 240/416V)
- Conexión de transformadores en Estrella - Delta (120/240V)
- Conexión de transformadores en Delta - Delta
- Conexión de transformadores en Delta – Estrella
- Transformación trifásica a partir de dos transformadores monofásicos
- El autotransformador
- Índice horario de transformadores trifásicos
- Fenómeno de ferro resonancia

Tema 5: Principios básicos de máquinas de corriente directa

- Voltaje y torque inducido en una espira giratoria
- Conmutación en una máquina sencilla de cuatro espiras
- Conmutación en máquinas reales de corriente directa
- Problemas de conmutación

Evaluación

Rubro	Porcentaje
Evaluación I	15%
Evaluación II	15%
Evaluación Práctica	30%
Prácticas	40%

Total 100%

Metodología

El curso se desarrollará bajo una metodología activa y participativa que combina clases teóricas con actividades prácticas de laboratorio. Durante las clases expositivas se utilizarán recursos audiovisuales, resolución de ejercicios, análisis de circuitos y discusión de ejemplos reales para facilitar la comprensión conceptual. Las prácticas de laboratorio permitirán aplicar los conocimientos adquiridos mediante el uso de equipos reales como transformadores monofásicos, multímetros, fuentes, cargas variables y osciloscopios, bajo condiciones controladas.

El estudiante será protagonista de su aprendizaje, participando en experimentos guiados, elaboración de informes, análisis de resultados, y actividades grupales que promuevan el pensamiento crítico y la solución de problemas técnicos. Se fomentará el trabajo colaborativo y el uso de herramientas digitales para simular, medir y validar el comportamiento de las máquinas eléctricas. La evaluación será continua, incluyendo exámenes teóricos, reportes de laboratorio, y un examen práctico final donde se demuestren competencias integradas.

Recursos Didácticos

Recurso	Descripción y uso
Pizarra, marcadores y proyector	Utilizados en clases expositivas para presentar conceptos teóricos, esquemas de sistemas, análisis matemáticos y discusión grupal.

Recurso	Descripción y uso
Presentaciones digitales (PowerPoint/PDF)	Material estructurado para apoyar las explicaciones teóricas, incluyendo gráficos, diagramas y ejemplos aplicados.
Guías de laboratorio impresas o digitales	Documentos con instrucciones detalladas para la realización de las prácticas, objetivos, procedimientos y criterios de evaluación.
Simuladores de sistemas de control	Software como MATLAB/Simulink, Scilab o Proteus, para modelar, analizar y diseñar sistemas de control antes de su implementación física.
Equipos de laboratorio físico	Transformadores monofásicos y trifásicos (0.5–1 kVA). Generadores y motores de corriente directa (CD) y corriente alterna (CA). Módulos didácticos de máquinas sincrónicas y asíncronas. Banco de pruebas con frenómetro o dinamómetro. Tacómetros, multímetros digitales, pinzas amperimétricas. Cargas resistivas, inductivas y capacitivas variables. Paneles para conexiones didácticas con bornes de seguridad.
Dispositivos Máquinas Eléctricas	Dispositivos para la implementación de laboratorios básicos en sistemas reales o prototipos.

Recurso	Descripción y uso
Instrumentos de medición	Multímetros, osciloscopios, sensores de posición/velocidad, fuentes de alimentación y generadores de señal para validar experimentalmente el comportamiento del sistema.
Manuales técnicos y hojas de datos	Documentos de referencia para el uso correcto de componentes, programación de controladores y diseño de circuitos, y características técnicas de las máquinas eléctricas
Acceso a plataforma virtual o aula en línea	Espacio para compartir materiales, guías, tareas, videos de refuerzo y realizar consultas asincrónicas.

Cronograma

Semana	Contenidos	Actividades
1	Introducción Relaciones básicas: Campo magnético, potencia, flujo magnético, voltaje inducido, fuerza magnética.	Clase Expositiva Ejercicio STEM
2	Modelo de máquina lineal de CD. Potencias activa,	Clase Expositiva

	aparente, reactiva. Triángulo de potencias.	Resolución guiada de ejercicios
3	Circuito magnético: reluctancia, femm, flujo. Análisis del circuito equivalente magnético.	Clase Expositiva Practica 1
4	Materiales ferromagnéticos, permeabilidad. Curvas de magnetización e histéresis.	Clase Expositiva Ejercicio STEM Practica 2
5	Circuitos magnéticos excitados con CD y CA. Análisis de circuitos.	Clase Expositiva Ejercicio STEM Practica 3
6	Evaluación teórica	Evaluación Individual

7	<p>Introducción al transformador. Tipos, polaridad, convención de puntos.</p>	<p>Clase expositiva</p> <p>Estudios de casos guiados y resolución de problemas</p> <p>Practica 4</p>
8	<p>Relación de transformación. Transformador ideal y su análisis de circuito.</p>	<p>Clase expositiva</p> <p>Practica 5</p>
9	<p>Funcionamiento real del transformador. Pruebas de circuito abierto y corto. Corriente de magnetización.</p>	<p>Clase expositiva</p> <p>Practica 6</p>
10	<p>Circuito equivalente. Sistema por unidad. Regulación y eficiencia.</p>	<p>Clase expositiva</p> <p>Repaso de control clásico y resolución de problemas guiados</p> <p>Ejercicio STEM</p>

		Practica 7
11	Evaluación Teórica	Evaluación Individual
12	Conexión de transformadores: estrella-estrella, estrella-delta, delta-delta, delta-estrella.	Clase expositiva
13	Transformación trifásica con monofásicos. Autotransformador. Ferroresonancia.	Clase expositiva Practica 8
14	Máquinas de corriente directa: espira giratoria, voltaje y torque inducido, conmutación.	Clase expositiva Practica evaluación final
15	Evaluación Práctica	Evaluación Individual

Rúbricas prácticas

Criterio	Excelente (4 pts)	Bueno (3 pts)	Regular (2 pts)	Insuficiente (1 pt)
1. Preparación del equipo	Verifica conexiones, herramientas y equipos con seguridad y orden.	Verifica el equipo, aunque comete leves omisiones.	Prepara el equipo de forma incompleta o con errores leves.	No verifica conexiones ni demuestra preparación técnica adecuada.
2. Procedimiento técnico	Sigue todos los pasos del procedimiento correctamente y con seguridad.	Sigue el procedimiento con mínimas desviaciones.	Ejecuta la mayoría de pasos, con fallas en orden o lógica técnica.	Ejecuta mal el procedimiento o no lo completa.
3. Medición y toma de datos	Realiza mediciones precisas con instrumentos adecuados y registra correctamente.	Realiza mediciones con leve imprecisión o errores menores de registro.	Toma datos incompletos o imprecisos.	No toma mediciones o registra datos erróneamente.

4. Análisis e interpretación de resultados	Analiza datos con argumentos técnicos correctos y llega a conclusiones acertadas.	Analiza datos con lógica, aunque con algunas limitaciones en la interpretación.	Interpreta parcialmente o con errores los resultados.	No interpreta resultados o sus conclusiones son incorrectas.
5. Seguridad y orden durante la práctica	Mantiene orden, limpieza y aplica normas de seguridad en todo momento.	Aplica normas de seguridad, aunque comete pequeñas faltas.	Muestra descuido o desorden en la ejecución.	Ignora normas básicas de seguridad o crea un entorno riesgoso.
6. Explicación técnica oral o escrita	Explica el procedimiento y resultados con claridad, usando terminología técnica.	Explica con claridad parcial y uso adecuado del lenguaje técnico.	Presenta explicaciones vagas o con errores técnicos.	No logra explicar el trabajo o emplea términos incorrectos.

Rúbrica Evaluación Práctica

Criterio de Evaluación	Excelente (10 pts)	Bueno (8 pts)	Regular (6 pts)	Insuficiente (4 pts)
Preparación previa y comprensión teórica	Domina completamente los conceptos teóricos previos y explica con claridad.	Muestra buena comprensión, aunque con algunos vacíos menores.	Tiene dificultad para explicar algunos conceptos clave.	No demuestra comprensión de la teoría relacionada.
Ejecución del procedimiento experimental	Realiza el procedimiento de forma precisa, ordenada y sin errores.	Ejecuta correctamente con errores menores y sin afectar el resultado final.	Requiere ayuda constante o comete errores significativos.	No ejecuta correctamente el procedimiento o no logra obtener resultados.
Manejo de instrumentos y equipo	Utiliza los instrumentos correctamente, con seguridad y responsabilidad.	Usa los equipos con adecuación, aunque requiere algunas indicaciones.	Tiene dificultades notables en el manejo de equipos o comete errores frecuentes.	No sabe manejar los equipos o lo hace de forma insegura.
Trabajo en equipo y participación	Participa activamente y colabora	Participa regularmente y	Tiene poca participación o no	No participa ni contribuye al

Criterio de Evaluación	Excelente (10 pts)	Bueno (8 pts)	Regular (6 pts)	Insuficiente (4 pts)
	eficazmente con su grupo.	coopera con sus compañeros.	colabora en el trabajo grupal.	trabaja en equipo.
Análisis de resultados y conclusiones	Interpreta resultados con profundidad y emite conclusiones correctas y bien fundadas.	Realiza un análisis adecuado con algunas imprecisiones menores.	Las conclusiones son vagas o poco fundamentadas.	No realiza análisis o las conclusiones no se relacionan con la práctica.
Presentación del informe de laboratorio	Entrega un informe claro, bien estructurado, sin errores y completo.	Entrega un informe entendible, con ligeros errores de forma o contenido.	El informe es incompleto, con errores frecuentes o desordenado.	No entrega el informe o lo entrega de forma inadecuada o incompleta.

Bibliografía

Obligatoria

Wagemakers, A. & Escribano Aparicio, F. J. (2017). *Introducción a la teoría de circuitos y máquinas eléctricas*. Dextra Editorial. <https://elibro.net/es/lc/ucentral/titulos/148268>

Amalfa, S. (2009). *Transformadores: fundamentos y construcción*. Editorial Hispano Americana HASA. <https://elibro.net/es/lc/ucentral/titulos/66555>

Kosow, I. L. (1972). *Máquinas eléctricas y transformadores*. Editorial Reverté.

<https://elibro.net/es/lc/ucentral/titulos/172175>

Complementaria

Torresi, A. A. (2020). *Ensayo de transformadores*. Jorge Sarmiento Editor - Universitas.

<https://elibro.net/es/lc/ucentral/titulos/174830>

Fraile Mora, J. (2012). *Problemas de máquinas eléctricas*. McGraw-Hill España.

<https://elibro.net/es/lc/ucentral/titulos/50192>

