



Laboratorio de sistemas de potencia

Power Systems Laboratory

Laboratório de Sistemas de Energia

Guillermo Gorky Reyes-Campaña ^I

Napoleonbeltran09@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6630-0848>

Lucio Alfredo Valarezo-Molina ^{II}

Lucio.valarezo@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0490-7542>

Correspondencia: Napoleonbeltran09@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 13 de noviembre de 2022 * **Aceptado:** 28 de diciembre de 2022 * **Publicado:** 18 de enero de 2023

- I. Maestría de Investigación en Electricidad, mención Sistemas Eléctricos de Potencia, Instituto de Postgrado de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- II. Maestría de Investigación en Electricidad, mención Sistemas Eléctricos de Potencia, Instituto de Postgrado de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Resumen

El presente artículo se ha desarrollado con el objetivo de identificar la importancia que tienen los laboratorios de sistemas de potencia con los componentes de distribución y carga, para lo cual se empleó un tipo de estudio descriptivo y explicativo con enfoque cualitativo a través de un análisis bibliográfico-documental, con lo que se obtuvo como resultado que los laboratorios como espacios físicos controlados permiten inducir a la experimentación de los estudiantes, logrando poner en práctica los conocimientos teórico adquiridos en clase, lo que direccionado a los laboratorios de sistemas de potencia permite que los estudiantes aprenden de una manera práctica el comportamiento de la energía eléctrica mediante los componentes de distribución y carga, con la finalidad de brindarles una preparación sobre los fenómenos que se puedan presentar y las posibles soluciones que pueden aplicar de manera que se preparen para su futuro ejercicio profesional.

Palabras clave: Laboratorio; Sistemas eléctricos de potencia; Distribución; Carga; Energía eléctrica.

Abstract

This article has been developed with the objective of identifying the importance that power system laboratories have with the distribution and load components, for which a type of descriptive and explanatory study with a qualitative approach was used through a bibliographic analysis. - documentary, with which it was obtained as a result that the laboratories as controlled physical spaces allow to induce the experimentation of the students, managing to put into practice the theoretical knowledge acquired in class, which directed to the laboratories of power systems allows the Students learn in a practical way the behavior of electrical energy through the distribution and load components, in order to provide them with a preparation on the phenomena that may occur and the possible solutions that can be applied so that they prepare for their future exercise. professional.

Keywords: Laboratory; Electrical power systems; Distribution; Load; Electric power.

Resumo

Este artigo foi desenvolvido com o objetivo de identificar a importância que os laboratórios de sistemas de potência têm com os componentes de distribuição e carga, para o qual foi utilizado um tipo de estudo descritivo e explicativo com abordagem qualitativa por meio de uma análise bibliográfica. obteve-se como resultado que os laboratórios como espaços físicos controlados permitem induzir a experimentação dos alunos, conseguindo colocar em prática os conhecimentos teóricos adquiridos em aula, o que direcionado aos laboratórios de sistemas de potência permite aos alunos aprender de forma prática os comportamento da energia eléctrica através das componentes de distribuição e carga, de forma a dotá-los de uma preparação sobre os fenómenos que podem ocorrer e as possíveis soluções que podem ser aplicadas para que se preparem para o seu exercício futuro.

Palavras-chave: Laboratório; Sistemas eléctricos de potência; Distribuição; Carregar; Energia eléctrica.

Introducción

De acuerdo con Pickford (2018) el conocimiento científico es desarrollado por profesionales de la ciencia (científicos) con diferentes fines (generalmente no educativos sino informativos); este debe ser apropiado por los docentes para que a partir de la implementación de estrategias didácticas facilite a los estudiantes la enseñanza y el aprendizaje del mismo.

Portillo (2019) expone que “el proceso de construcción de un nuevo concepto en la institución educativa se debe entender como un cambio o desarrollo conceptual de «creencias», cambio que va desde el estudiante «inexperto» hasta el profesor «experto»” (p. 47). En este proceso, la función que desempeña el docente, el rol del estudiante y la implementación de las estrategias didácticas, resultan ser trascendentales para lograr construir ambientes de aprendizaje que se enriquecen por las acciones y el conocimiento que cada uno aporta.

Según Espinosa (2016):

Es de vital importancia implementar las prácticas de laboratorio en el aula de clase como estrategia didáctica para lograr la construcción del conocimiento científico escolar, ya que estas pueden llegar a mediar entre el conocimiento del estudiante, del docente y el saber científico para lograr desarrollar en los educandos habilidades investigativas (observación de los fenómenos, predicción e hipótesis, medición, diseño experimental) y destrezas manipulativas (manejo de material de laboratorio y realización de montajes experimentales) (p. 2).

En concordancia con la información precedente, resulta importante el uso de laboratorios para fomentar el espíritu investigativo, innovador y creativo de los estudiantes, además de que a través de las prácticas se fortalece el conocimiento teórico adquirido en las aulas. A este respecto Pozo (2017) manifiesta que los laboratorios de sistemas de potencia para la educación superior en la formación de profesionales enmarcados en las ramas relacionadas con la electricidad, se constituyen como una herramienta de gran importancia con la cual deben de contar las universidades de manera que puedan maximizar el nivel de calidad de la oferta académica.

Bajo este contexto, la premisa principal de este trabajo se centra en identificar la importancia de un laboratorio de sistemas de potencia con los componentes de distribución y carga, esto visto como un espacio físico controlado en el cual los estudiantes puedan poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos durante el proceso formativo en las aulas de clase.

Laboratorios

De acuerdo con López & Tamayo (2017) se define que:

La actividad experimental es uno de los aspectos clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias tanto por la fundamentación teórica que puede aportar a los estudiantes, como por el desarrollo de ciertas habilidades y destrezas para las cuales el trabajo experimental es fundamental, asimismo, en cuanto al desarrollo de ciertas habilidades del pensamiento de los estudiantes y al desarrollo de cierta concepción de ciencia derivada del tipo y finalidad de las actividades prácticas propuestas (p. 146)

Por lo expuesto, se establece entonces que las prácticas de laboratorio tienen un alto grado de importancia en cuanto a su valor para potenciar objetivos relacionados con el conocimiento conceptual y procedimental, aspectos relacionados con la metodología científica, la promoción de capacidades de razonamiento, concretamente de pensamiento crítico y creativo, y el desarrollo de actitudes de apertura mental y de objetividad y desconfianza ante aquellos juicios de valor que carecen de las evidencias necesarias.

Según Díaz (2018) “las prácticas de laboratorio brindan a los estudiantes la posibilidad de entender cómo se construye el conocimiento, cómo trabajan los científicos, cómo llegan a acuerdos y cómo reconocen desacuerdos” (p. 65). Por lo tanto, se denota que el trabajo de laboratorio favorece y promueve el aprendizaje, pues le permite al estudiante cuestionar sus saberes y confrontarlos con la realidad, poniendo en juego sus conocimientos previos para verificarlos mediante las prácticas.

Por lo que la práctica experimental es un instrumento que promueve los objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales que debe incluir cualquier dispositivo pedagógico.

Por otra parte, Rivas (2019) refiere que:

La práctica de laboratorio es el tipo de clase que tiene como objetivos instructivos fundamentales que los estudiantes adquieran las habilidades propias de los métodos de la investigación científica, amplíen, profundicen, consoliden, realicen, y comprueben los fundamentos teóricos de la asignatura mediante la experimentación empleando los medios de enseñanza necesarios, garantizando el trabajo grupal en la ejecución de la práctica (p. 33)

Por lo tanto, se denota que esta forma organizativa persigue objetivos muy similares a los de las clases prácticas, lo que la diferencia es la fuente de que se valen para su logro. En las prácticas de laboratorio los objetivos se cumplen a través de la realización de experiencias programadas con el apoyo de un manual.

De acuerdo con Beneitone (2019) “en las prácticas de laboratorio predominan la observación y la experimentación en condiciones de laboratorio, lo que exige la utilización de métodos y procedimientos específicos para el trabajo” (p. 59). En relación con esto, es significativa la contribución de los métodos y procedimientos utilizados en el desarrollo de habilidades generales de carácter intelectual y docente; y, fundamentalmente en la formación y desarrollo de habilidades propias de cada asignatura que utilice esta forma de organización del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La preparación de las prácticas de laboratorio exige al docente una atención especial a los aspectos organizativos, ya que su realización se basa fundamentalmente, en la actividad individual o colectiva de los alumnos de manera independiente.

Sistemas eléctricos de potencia

Según Mujal (2018) “un sistema eléctrico de potencia es una herramienta de conversión y transporte de energía. Está compuesto por todas las máquinas, aparatos, redes, procesos y materiales utilizados para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica” (p. 17). El manejo de la energía eléctrica en los sistemas de potencia se hace principalmente en la forma conocida como corriente alterna.

De acuerdo con Wildi (2019) se identifica que en la entrada del sistema, la energía que se encuentra disponible en la naturaleza es transformada de diversas formas (hidráulica, eólica, por combustión

de fósiles, nuclear, solar, geotérmica) en energía eléctrica. La última etapa en este proceso de generación lo representa el generador eléctrico.

Una vez generada la energía eléctrica, según Kothari (2018) inicia el proceso de transmisión, que consiste en el transporte de grandes bloques de energía desde los centros de generación hasta los centros de utilización. Ya disponible la energía eléctrica en los pueblos y ciudades, los usuarios finales son habilitados mediante el proceso de distribución.

Los sistemas de potencia eléctrica se componen de líneas de transmisión de alto voltaje que alimentan a una red de mediano voltaje (MV) por medio de subestaciones. A este respecto Montecelos (2017) refiere que “en América, estas redes de mediano voltaje operan generalmente entre los 2.4 KV (kilovoltios) y 69 KV. A su vez, estas redes abastecen a millones de sistemas de bajo voltaje independientes que funcionan entre 120V y 600V” (p. 74).

Comenzando con la planta de generación, cada parte de un sistema eléctrico de potencia utiliza subestaciones de mediano voltaje, unidades que contienen como componentes principales: transformadores; cortacircuitos; interruptores de conexión; interruptores de conexión a tierra; relevadores y dispositivos de protección (Coto, 2017).

Las líneas de transmisión de acuerdo con Yebra (2021) poseen todas las propiedades de los elementos básicos de un circuito (resistencias, capacitores, bobinas y las conexiones entre todos ellos). Para el análisis y estudio de las líneas de transmisión, mediante un proceso de abstracción, todos estos elementos se consideran concentrados, aunque en la realidad estas propiedades están distribuidas a través de toda la red. Por lo tanto, el estudio de las líneas de transmisión de un sistema eléctrico de potencia es el paso inicial para comprender a profundidad el comportamiento ondulatorio de dicho sistema.

Por su parte Torres (2018) expone que:

A pesar de que la teoría fundamental de la transmisión de energía describe su propagación en términos de la interacción de campos eléctricos y magnéticos, el ingeniero eléctrico especializado en sistemas de potencia, estará más interesado en analizar la razón de cambio de la energía con respecto al tiempo en términos de diferencia de potencial (voltaje) y de la intensidad (corriente). Esta es la definición de potencia eléctrica cuya unidad de medida es el Watt (p. 89).

A este respecto es importante destacar que los sistemas de potencia funcionan con generadores trifásicos, por lo que el estudio de la potencia eléctrica requiere de destrezas para el análisis fasorial.

Además Conde (2017) expresa que “a pesar de que el sistema de potencia está expuesto en forma constante a perturbaciones, cambio en las cargas, cortocircuitos, fallas de equipos y operaciones incorrectas, el mismo mantiene casi siempre su estado estacionario” (p. 91). Esto es debido a las dimensiones relativas del sistema de potencia frente a las cargas y generadores conectados al mismo, así como también a las acciones realizadas por los sistemas de protección y control.

En este contexto se puede decir que, en el proceso de explotación normal de los sistemas eléctricos de potencia ocurren cambios en forma permanente, los cuales son compensados por los sistemas de control.

Por otro lado, Jiménez (2019) explica que pueden aparecer defectos, faltas, perturbaciones y regímenes anormales de funcionamiento de los diferentes elementos del sistema, los cuales pueden conducir a interrupciones del servicio a los consumidores, reducción de la calidad de la energía o daños en los equipamientos.

Para hacer frente a estos eventos se diseñan sistemas de protección que rápidamente detectan las condiciones anormales de funcionamiento desencadenando las acciones necesarias para desenergizar lo más rápido posible el equipo en falta o para retornar al sistema eléctrico a otro punto de funcionamiento estable, lo más rápido posible.

Materiales y métodos

Este trabajo se desarrolla bajo los lineamientos del tipo de investigación descriptivo y explicativo, con enfoque cualitativo debido a que se procedió a realizar un análisis con el cual se profundizó sobre la relación de los laboratorios como herramientas técnico – pedagógicas, para el fortalecimiento de los conocimientos de los estudiantes mediante la simulación de fenómenos y comportamientos en base a un tema definido que pudieran acontecer en la vida real, que para el caso del presente estudio corresponde al laboratorio de sistemas de potencia enfocado en los componentes de distribución y carga, todo esto mediante un análisis bibliográfico-documental.

Resultados y discusión

Argüello et al., (2016) mediante el estudio realizado indican que la simulación en tiempo real de sistemas eléctricos de potencia es una herramienta tecnológica que permite simular el comportamiento de las variables eléctricas y obtener resultados en el mismo período de tiempo en

el que evolucionaría el fenómeno analizado. Es así que los objetivos establecidos para la implementación del referido laboratorio consisten en estudiar los problemas de los sistemas eléctricos de potencia que se pudieran presentar tanto a largo como a mediano plazo; proporcionar una herramienta para el mejoramiento académico de la Universidad, perfeccionando los procesos operativos del sistema eléctrico de potencia; y, desarrollar metodologías de análisis y pruebas de equipos eléctricos que se vayan a conectar en el Sistema Nacional Interconectado.

A través del estudio desarrollado por Villamil & Zapata (2017) se tuvo como enfoque principal la creación de un espacio para que los estudiantes tengan una aproximación al ámbito laboral mediante las prácticas desarrolladas en laboratorio, sobre los conocimientos adquiridos en las aulas de clase y de esta manera fortalecer su formación académica. Es así que mediante el presente trabajo se dotó al estudiantado de una guía de laboratorio y diseños que proporcionan bases para que estos puedan personalizar sus propios diseños en temas relacionados con transferencias automáticas en lazo abierto, sistemas de compensación reactiva a través de bancos de condensadores, manipulación de relés de protección, controles de arrancadores directos, arrancadores estrella-triángulo, arrancadores con inversión de giro, entre otros.

Guapucal (2021) en su trabajo de investigación se propuso presentar un diseño de un módulo didáctico para el estudio de coordinación de protecciones eléctricas de sistemas de potencia para el nuevo laboratorio, con la finalidad de brindar accesibilidad a los estudiantes para el manejo de los dispositivos disponibles dentro del laboratorio y para proyectos futuros de investigación relacionados con los sistemas eléctricos, y en específico sobre este trabajo sobre las protecciones. Con lo cual se prevé que el uso de diferentes paquetes computacionales para el análisis del comportamiento de los sistemas de potencia es esencial en el área de ingeniería eléctrica, con la finalidad de que durante el ejercicio profesional laboral se garantice la continuidad y calidad del suministro de energía eléctrica en todos sus niveles.

Mediante el estudio desarrollado por Salvador (2020) se promovió la implementación del sistema de monitoreo en tiempo real con simulación predictiva fue realizada en el laboratorio de Energías Renovables y Smart Grid de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTEC), para lo cual se integraron componentes físicos (Módulos de dispositivos de campo Lucas Nülle) y software de simulación de sistemas eléctricos de potencia (ETAP Real Time). Con lo cual se llegó a la conclusión de que a través de un laboratorio se pueden realizar simulaciones predictivas que

contengan un alto grado de precisión y confiabilidad sobre el sistema eléctrico ante cambios y perturbaciones.

Rada et al., (2020) a través de su trabajo de investigación desarrolló 4 guía de laboratorio para un curso de sistemas de potencia, con lo cual se buscó entre otros aspectos, familiarizar a los estudiantes con el software de simulación; resolver los problemas que se pudieran presentar en el flujo de carga; evaluar la confiabilidad y hacer la compensación de potencia reactiva; todo esto sobre la base de que los sistemas de potencia son los encargados de transmitir grandes bloques de energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo, por tanto los estudiantes como futuros profesionales requieren tener el conocimiento práctico de su funcionamiento mediante las simulaciones realizadas en el laboratorio.

Conclusión

Los laboratorios son espacios diseñados para realizar actividades experimentales, basadas en las teorías aportadas a los estudiantes mediante las clases otorgadas en las aulas de clase, con la finalidad de reforzar el conocimiento adquirido, permitiendo además desarrollar habilidades del pensamiento y las concepciones sobre la ciencia que se derivan del tipo y finalidad de las actividades prácticas que se han realizado.

Con respecto a los sistemas eléctricos de potencia, estos se configuran como una herramienta de conversión y transporte de energía eléctrica, la cual es manejada principalmente en la forma de corriente alterna. Se encuentra compuesto por todo un conjunto de máquinas, aparatos, redes, procesos y materiales cuyo propósito es la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. En alusión al componente de distribución se constituye por el conjunto de líneas aéreas, cables subterráneos y subestaciones de tensiones de 132 kV e inferiores, mediante los cuales la energía eléctrica es llevada hasta los consumidores finales, mientras que el componente de carga está conformado por un conjunto de cargas individuales de diferentes tipos, como son industrial, comercial y residencial, de esta manera estas se pueden clasificar además en lineales y no lineales. Los laboratorios de sistemas de potencia, son espacios controlados donde los estudiantes de carreras afines a la electricidad pueden poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas de clases, haciendo un énfasis en los componentes de distribución y carga, pueden experimentar de forma directa el comportamiento del fluido eléctrico y cómo funcionan cada uno

de los elementos que los conforman de manera que se puede reproducir determinados fenómenos en los que deben analizar y reaccionar para la solución inmediata de un problema y de esta manera prepararse para su futuro profesional.

Referencias

1. Argüello, G., Cepeda, J., Echeverría, D., Falcones, S., & Layana, J. (2016). Desafíos en la implementación de un laboratorio de simulación digital en tiempo real de sistemas eléctricos de potencia. *Revista Técnica "Energía"*(12), 239-250. Recuperado el 18 de julio de 2021, de <http://revistaenergia.cenace.org.ec/index.php/cenace/article/view/49/47>
2. Beneitone, P. (2019). *Reflexiones, perspectivas y consideraciones sobre las prácticas de laboratorio en la educación superior*. Bilbo, España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Deusto.
3. Conde, A. (2017). *Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia*. Madrid, España: Editorial Académica Española.
4. Coto, J. (2017). *Análisis de sistemas de energía eléctrica*. Asturias, España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.
5. Díaz, O. C. (2018). *Las competencias en la educación superior*. Bogotá, Colombia: Centro Editorial de la Universidad Pedagógica Nacional.
6. Espinosa, E. A. (2016). *Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico*. Recuperado el 01 de junio de 2021, de *Revista Universidad Libre* Colombia: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/2654/265447025017/html/index.html>
7. Guapucal, W. F. (2021). *Diseño de módulo didáctico para estudio de coordinación de protecciones eléctricas de sistemas de potencia*. Recuperado el 18 de julio de 2021, de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19819/1/UPS%20-%20TTS253.pdf>
8. Hothari, D. P. (2018). *Sistemas eléctricos de potencia*. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana de España S.L.
9. Jiménez, L. A. (2019). *Problemas resueltos de sistemas de energía eléctrica*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.

10. López, A. M., & Tamayo, Ó. E. (2017). *Las prácticas de laboratorio en la enseñanza*. Recuperado el 01 de junio de 2021, de Revista Latinoamericana de Estudios Educativos: <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134129256008.pdf>
11. Montecelos, J. (2017). *Sistemas eléctricos en centrales*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.
12. Mujal, R. (2018). *Protección de sistemas eléctricos de potencia*. Barcelona, España: Centro Editorial de la Universidad de Barcelona{.
13. Pickford, R. S. (2018). *Evaluación de habilidades y competencias en educación superior*. Madrid, España: Narcea S.A. de Ediciones.
14. Portillo, A. (2019). *Los retos de la educación superior*. Tegucigalpa, Honduras: Servicio Editorial José Trinidad Reyes.
15. Pozo, A. (2017). *Laboratorios para la formación académica superior en electricidad*. Barcelona, España: Marcombo S.A.
16. Rada, M., Restrepo, D., & López, J. (2020). Diseño de guías de laboratorio para un curso de sistemas de potencia. *Revista espacios*, 41(44), 184-200. Recuperado el 18 de julio de 2021, de <http://dc.revistaespacios.com/a20v41n44/a20v41n44p14.pdf>
17. Rivas, J. R. (2019). *Propuesta de diseño de un laboratorio para prácticas de electromagnetismo*. Recuperado el 01 de junio de 2021, de Repositorio Digital de la Universidad del El Salvador: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20794/1/Propuesta%20de%20dise%C3%B1o%20de%20un%20laboratorio%20para%20pr%C3%A1cticas%20de%20electromagnetismo.pdf>
18. Salvador, L. S. (2020). *Implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real con simulación predictiva para sistemas de potencia*. Recuperado el 18 de julio de 2021, de Repositorio Institucional de la Universidad de Ingeniería y Tecnología: <https://repositorio.utec.edu.pe/handle/20.500.12815/147>
19. Torres, H. (2018). *Calidad de Energía Eléctrica*. Madrid, España: Editorial Academica Espanola.
20. Villamil, D. A., & Zapata, R. (2017). *Diseño e implementación de un entrenador en sistemas de potencia en baja tensión con automatismos eléctricos, para el laboratorio de tecnología en electricidad e ingeniería eléctrica por ciclos*. Recuperado el 18 de julio de

2021, de Repositorio Digital de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas:
<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4673>

21. Wildi, T. (2019). *Tecnología de los sistemas eléctricos de potencia*. Barcelona, España: Editorial Hispano Europea S.A.
22. Yebra, J. A. (2021). *Sistemas eléctricos de distribución*. Barcelona, España: Editorial Reverté S.A.

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).