



Proyección del laboratorio de Sistemas de Potencia

Projection of the Power Systems laboratory

Projeção do laboratório de Sistemas de Potência

Carlos Alexander Hoppe-Alvarado ^I
carloshoppe@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3028-9807>

Washington Colon Castillo-Jurado ^{II}
washington.castillo@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7011-1131>

Correspondencia: carloshoppe@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de octubre de 2022 * **Aceptado:** 12 de noviembre de 2022 * **Publicado:** 7 de diciembre de 2022

- I. Maestrante del programa de Maestría de Investigación en Electricidad con Mención en Sistemas Eléctricos, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

El presente artículo se ha desarrollado con el objetivo de demostrar la importancia de un laboratorio de sistemas de potencia, con énfasis en la distribución de las cargas en alta y baja tensión. Para lo cual se empeló un tipo de investigación descriptiva con enfoque cualitativo en virtud de que se brinda una ilustración sobre las características de este tipo de herramientas y su importancia práctica para el fortalecimiento de los conocimientos teóricos de los estudiantes. Con lo cual se destaca como resultado que entre las múltiples experiencias que el estudiante puede realizar con esta herramienta, se puede mencionar el analizar la afectación del radio del conductor a los parámetros de las líneas, introduciendo valores como por ejemplo la configuración por defecto y variando el radio desde 5mm hasta 16mm, lo que permite observar la disminución de la resistencia (un 89.62%), el descenso de la inductancia (un 16.06%) y el aumento de la capacidad (un 19.96%). Concluyendo que los laboratorios destinados a la experimentación de la electricidad, facilita a los estudiantes comprender los parámetros que dan lugar a los modelos de funcionamiento de las líneas aéreas, de esta manera a través de su uso, se pueden llevar a cabo experiencias rápidas y sencillas de simulación de parámetros para evaluar la influencia de las características de la línea sobre cada uno de ellos.

Palabras Clave: Laboratorio de sistemas de potencia; alta tensión; media tensión; baja tensión.

Abstract

This article has been developed with the objective of demonstrating the importance of a power systems laboratory, with emphasis on the distribution of high and low voltage loads. For which a type of descriptive research with a qualitative approach was used by virtue of providing an illustration of the characteristics of this type of tools and their practical importance for strengthening the theoretical knowledge of students. With which it stands out as a result that among the multiple experiences that the student can carry out with this tool, it can be mentioned analyzing the affectation of the radius of the conductor to the parameters of the lines, introducing values such as the default configuration and varying the radius from 5mm to 16mm, which allows observing the decrease in resistance (89.62%), the decrease in inductance (16.06%) and the increase in capacity (19.96%). Concluding that the laboratories destined to the experimentation of electricity, facilitates the students to understand the parameters that give rise to the operating models of the

airlines, in this way through their use, quick and simple experiences can be carried out. parameter simulation to evaluate the influence of the characteristics of the line on each one of them.

Keywords: Laboratory of power systems; high voltage; medium voltage; low voltage.

Resumo

Este artigo foi desenvolvido com o objetivo de demonstrar a importância de um laboratório de sistemas de potência, com ênfase na distribuição de cargas de alta e baixa tensão. Para o qual foi utilizado um tipo de pesquisa descritiva com abordagem qualitativa em virtude de fornecer uma ilustração das características deste tipo de ferramentas e sua importância prática para fortalecer o conhecimento teórico dos alunos. Com o que se destaca como resultado que entre as múltiplas experiências que o aluno pode realizar com esta ferramenta, pode-se citar a análise da afetação do raio do condutor aos parâmetros das linhas, introduzindo valores como o configuração padrão e variando o raio de 5mm a 16mm, o que permite observar a diminuição da resistência (89,62%), a diminuição da indutância (16,06%) e o aumento da capacidade (19,96%). Concluindo que os laboratórios destinados à experimentação da eletricidade, facilitam aos alunos a compreensão dos parâmetros que dão origem aos modelos operacionais das companhias aéreas, desta forma através da sua utilização podem ser realizadas experiências rápidas e simples. influência das características da linha em cada um deles.

Palavras-chave: Laboratório de sistemas de potência; alta tensão; média tensão; baixa tensão.

Introducción

Según Vásquez (2019) el laboratorio visto desde el punto de vista académico se configura como un local que cuenta con instalaciones y materiales especiales, cuyo propósito consiste en realizar experimentos para facilitar el estudio en determinados campos de carácter científico o técnico, donde se llevan a la práctica los conocimientos teóricos que se han adquirido durante el proceso formativo, reproduciendo fenómenos de forma que se puedan controlar determinados aspectos. Estas instalaciones tienen un alto grado de importancia, debido a que propician el desarrollo de habilidades y destrezas en el alumnado, comprobando las teorías a través de demostraciones tangibles, logrando de esta forma que el estudiante relacione las clases con el mundo real.

El uso de laboratorios en el ámbito académico resulta importante para el desarrollo integral de los estudiantes, debido a que dentro de estas instalaciones de ambiente controlado el alumnado puede enriquecer el aprendizaje mediante la experiencia, poniendo en práctica el método científico de ensayo y error. Por lo tanto, una óptima estrategia de aprendizaje de las ciencias experimentales consiste en el empleo de prácticas de laboratorio para aportar al conocimiento científico (Quezada, 2019).

En el caso de los laboratorios destinados a experimentos eléctricos, su propósito consiste en brindar espacios controlados para el desarrollo de la docencia, investigación y asistencia técnica en áreas como sistemas eléctricos de potencia, protecciones eléctricas y distribución eléctrica. Donde se pueden realizar simulaciones dinámicas del comportamiento del fluido eléctrico en tiempo real, lo que permite proyectar además posibles problemas y tener el conocimiento necesario para anticipar su solución, y de esta manera tener una mejor preparación del estudiante para su futuro profesional (Mendoza, 2020).

De acuerdo con Juárez (2018) el sistema eléctrico de potencia se concibe como el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión y sistemas de distribución que operan como un todo, donde todos los componentes realizan su gestión de manera paralela con una frecuencia constante. De esto importante conocer que la generación se realiza en grandes bloques concentrados en plantas de gran capacidad y la distribución en grandes territorios con cargas de diversas magnitudes. Esto último es lo que se denomina como tensión eléctrica y se diferencia en función del voltaje entre baja, media y alta tensión.

Acorde a lo expresado, de acuerdo con Rodríguez (2021) al hablar de instalaciones eléctricas, sea esto desde un punto de vista profesional para el campo laboral o académicamente para la experimentación, se debe de tener en claro los conceptos de alta, media o baja tensión, toda vez que cada una tiene características y aplicaciones diferentes y específicas.

De acuerdo a la información precedente, este trabajo de investigación se configura sobre la premisa de identificar a través de una revisión bibliográfica la relevancia de contar con un laboratorio de sistemas de potencia, haciendo énfasis en los componentes para la distribución en alta y baja tensión, con la finalidad de expresar la importancia que manifiesta este tipo de herramientas para mejorar el potencial de la oferta académica.

Dado que los laboratorios se constituyen como una herramienta importante dentro del ámbito educativo, cuyo propósito se concentra en fortalecer la formación de los estudiantes a través de la

experimentación, permitiendo que estos puedan reproducir de manera dinámica fenómenos y así tener un medio tangible de evidenciar lo aprendido en las teorías recibidas en clase. Resulta relevante, desarrollar una revisión de la literatura para demostrar la importancia de un laboratorio de sistemas de potencia, con énfasis en la distribución de las cargas en alta y baja tensión, exponiendo los requerimientos técnicos necesarios para su funcionamiento, así como los beneficios académicos que se proporcionaría a la comunidad educativa.

Método

Este trabajo se desarrolla bajo los parámetros del tipo de investigación descriptiva con enfoque cualitativo, en virtud de que se brinda una ilustración sobre la importancia de un laboratorio de sistemas de potencia con énfasis en los componentes para la distribución de carga en alta y baja tensión, así como también sobre las características de este tipo de herramientas y su importancia práctica para el fortalecimiento de los conocimientos teóricos de los estudiantes.

Sistemas de distribución

Un sistema de distribución eléctrico o planta de distribución como comúnmente es llamado, es toda la parte del sistema eléctrico de potencia comprendida entre la planta eléctrica y los apagadores del consumidor (Yebra, 2019). El problema de la distribución es diseñar, construir, operar y mantener el sistema de distribución que proporcionará el adecuado servicio eléctrico al área de carga a considerarse, tomando en cuenta la mejor eficiencia en operación (Blasco, 2017).

Según Hernández (2018) no cualquier tipo de sistema de distribución puede ser empleado económicamente hablando en todas las áreas por la diferencia en densidad de carga, por ejemplo: no aplica el mismo sistema para una zona industrial que una zona rural debido a la cantidad de carga consumida en cada uno de ellos; también, se consideran otros factores, como son: la planta de distribución existente, la topografía, entre otros.

Para diferentes áreas de carga o incluso para diferentes partes de la misma área de carga, el sistema de distribución más efectivo podría tomar diferentes formas. El sistema de distribución debe proveer servicio con un mínimo de variaciones de tensión y el mínimo de interrupciones, debe ser flexible para permitir expansiones en pequeños incrementos, así como para reconocer cambios en las condiciones de carga con un mínimo de modificaciones y gastos. Esta flexibilidad permite guardar la capacidad del sistema cercana a los requerimientos actuales de carga y por lo tanto

permite que el sistema use de manera más efectiva la infraestructura. Además, y sobre todo elimina la necesidad para predecir la localización y magnitudes de las cargas futuras (Gutiérrez, 2017).

De acuerdo con Fayos (2019) los sistemas pueden ser por cableado subterráneo, cableado aéreo, cableado abierto de conductores soportado por postes o alguna combinación de estos. Dentro de los tipos de sistemas de distribución más comúnmente utilizados se pueden destacar el sistema radial, sistema anillo y el sistema en malla o mallado. Al utilizar un sistema de distribución este estará expuesto inevitablemente a un buen número de variables tanto técnicas como locales y ante todo una variable económica por lo que los sistemas de distribución no tienen una uniformidad, es decir, que un sistema eléctrico será una combinación de sistemas.

Sistema radial

Es aquel que cuenta con una trayectoria entre la fuente y la carga, proporcionando el servicio de energía eléctrica. Un sistema radial es aquel que tiene un simple camino sin regreso sobre el cual pasa la corriente, parte desde una subestación y se distribuye por forma de “rama”. Este tipo de sistema tiene como característica básica, que está conectado a un sólo juego de barras (Santacruz, 2018).

Existen diferentes tipos de arreglo sobre este sistema, la elección del arreglo está sujeta a las condiciones de la zona, demanda, confiabilidad de continuidad en el suministro de energía, costo económico y perspectiva a largo plazo. Este tipo de sistema, es el más simple y el más económico debido a que es el arreglo que utiliza menor cantidad de equipo, no obstante, cabe señalar que puede ser instalado de forma aérea y/o subterránea (López, 2019).

De acuerdo con Naranjo (2018) los sistemas de distribución radiales aéreos se usan generalmente en las zonas urbanas, suburbanas y en las zonas rurales. Los alimentadores primarios que parten de la subestación de distribución están constituidos por líneas aéreas sobre postes y alimentan los transformadores de distribución, que están también montados sobre postes. En regiones rurales, donde la densidad de carga es baja, se utiliza el sistema radial puro. En regiones urbanas, con mayor densidad de carga se utiliza también el sistema radial, sin embargo, presenta puntos de interconexión los cuales están abiertos, en caso de emergencia, se cierra para permitir pasar parte de la carga de un alimentador a otro, para que en caso de falla se pueda seccionar esta y mantener su operación al resto mientras se efectúa la reparación.

La principal razón de ser de los sistemas radiales aéreos radica en su diseño de pocos componentes, y por ende su bajo costo de instalación, aunque puede llegar a tener problemas de continuidad de servicio. Por otra parte, la necesidad de líneas subterráneas en un área en particular es dictaminada por las condiciones locales. La elección del tipo de sistema depende sobre todo de la clase de servicio que se ofrecerá a los consumidores en relación al costo (Baeza, 2020).

Los sistemas de distribución radiales subterráneos se usan en zonas urbanas de densidad de carga media y alta donde circulen líneas eléctricas con un importante número de circuitos dando así una mayor confiabilidad que si se cablearan de manera abierta (Mejía, 2018).

Los sistemas de distribución subterráneos están menos expuestos a fallas que los aéreos, pero cuando se produce una falla es más difícil localizarla y su reparación lleva más tiempo. Por esta razón, para evitar interrupciones prolongadas y proporcionar flexibilidad a la operación, en el caso de los sistemas radiales subterráneos se colocan seccionadores para permitir pasar la carga de un alimentador primario a otro. También se instalan seccionadores para poder conectar los circuitos secundarios, para que en caso de falla o de desconexión de un transformador, se puedan conectar sus circuitos secundarios a un transformador contiguo (Andrade, 2018).

Según Ochoa (2019) existe la tendencia a realizar la distribución eléctrica de zonas residenciales suburbanas mediante instalaciones subterráneas. Generalmente los alimentadores primarios consisten en cables subterráneos dispuestos formando un anillo, que funciona normalmente abierto, conectados a un alimentador aéreo próximo.

Sistema anillo

Es aquel que cuenta con más de una trayectoria entre la fuente o fuentes y la carga para proporcionar el servicio de energía eléctrica. Este sistema comienza en la estación central o subestación y hace un “ciclo” completo por el área a abastecer y regresa al punto de donde partió. Lo cual provoca que el área sea abastecida de ambos extremos, permitiendo aislar ciertas secciones en caso de alguna falla. Este sistema es más utilizado para abastecer grandes masas de carga, desde pequeñas plantas industriales, medianas o grandes construcciones comerciales donde es de gran importancia la continuidad en el servicio (Colmenar & Collado, 2019).

Cualquier variante del sistema en anillo, normalmente provee de dos caminos de alimentación a los transformadores de distribución o subestaciones secundarias. En general, la continuidad del

servicio y la regulación de tensión que ofrece este sistema son mejor que la que da el sistema radial. La variación en la calidad del servicio que ofrecen ambos sistemas, depende de las formas particulares en que se comparen (Rosero, 2018).

Regularmente, el sistema anillo tiene un costo inicial mayor y puede tener más problemas de crecimiento que el sistema radial, particularmente en las formas utilizadas para abastecer grandes cargas. Esto es principalmente porque dos circuitos deben ponerse en marcha por cada nueva subestación secundaria, para conectarla dentro del anillo. El añadir nuevas subestaciones en el alimentador del anillo obliga a instalar equipos que se puedan anidar en el mismo (Correa, 2019).

Sistema de red o malla

Una forma de subtransmisión en red o en malla provee una mayor confiabilidad en el servicio que las formas de distribución radial o en anillo ya que se le da alimentación al sistema desde dos plantas y le permite a la potencia alimentar de cualquier planta de poder a cualquier subestación de distribución. Este sistema es utilizado donde la energía eléctrica tiene que estar presente sin interrupciones, debido a que una falta de continuidad en un periodo de tiempo prolongado tendría grandes consecuencias, por ejemplo, en una fundidora (Asprilla, 2018).

Subestación eléctrica

Una subestación de acuerdo con Barrero (2019) es un punto que permite cambiar las características de energía eléctrica (tensión, corriente, frecuencia, etcétera) ya sea corriente alterna o corriente directa, con la capacidad de reconfigurar las conexiones de las líneas de transmisión o distribución. Existen varias formas de clasificar una subestación, no obstante, a continuación, se presenta los 4 tipos más comunes:

1. Subestación de maniobra en una estación de generación: Tiene como objetivo facilitar la conexión de la planta generadora hacia la red eléctrica, transformando la energía eléctrica para su transmisión (Laverde, 2018).
2. Subestaciones de enlace: Se encuentra dentro de la red de transmisión de la energía eléctrica, tiene la función de facilitar el enlace y/o direccionamiento de la misma, normalmente con estas subestaciones finaliza la línea de transmisión desde la subestación de maniobra (Landatxe, 2019).

3. Subestaciones de distribución: Son las más comunes dentro del sistema eléctrico, los cuales se encuentran cerca de los centros de carga, en su caso, una ciudad (Castaño, 2019).
4. Subestaciones industriales: Funciona a partir de una línea principal del sistema eléctrico o acometida que entrega la energía eléctrica para consumo, tiene la característica de cumplir con los requerimientos técnicos del cliente. Su necesidad y existencia radica en brindar las necesidades que requiera la industria. En la mayoría de las industrias, existe un lazo fuerte entre energía eléctrica y procesos de producción, debido al equipo que requiera de la energía eléctrica. Dependiendo de la región o localidad, las industrias están apartadas o ubicadas en una cierta zona que tiene características particulares para el tratamiento de las materias, transporte, materia y suministro de la energía eléctrica (Ramírez, 2018).

La energía eléctrica que es transmitida de algún punto del sistema eléctrico, al llegar a la zona industrial requiere ser transformada acorde a las necesidades del consumidor, esto se lo realiza mediante una subestación que se ajustará a la carga necesaria y futuras expansiones que para estos casos se refiere a una planta industrial. La construcción de una subestación tiene que cumplir con distintos lineamientos y entre los más importantes se encuentra su bajo costo económico, simplificación y estandarización (Vélez, 2019).

Tipologías de las instalaciones eléctricas (alta, media y baja)

De acuerdo con Energy & Commerce (2020) al hablar de instalaciones eléctricas, es imposible no mencionar sus tres tipologías: alta, media y baja tensión. Pese a que las tres son importantes, las dos últimas resultan imprescindibles en las actividades de la mayoría de los segmentos. Una duda habitual al tratar el tema de instalaciones eléctricas es la diferencia entre alta, media y baja tensión. Estos conceptos se refieren al tipo de tensión de un circuito eléctrico; también conocida como voltaje. El cuál es la diferencia de potencia en la circulación de la electricidad por una línea o instalación eléctrica.

Surja donde surja, la electricidad es siempre la misma. Un electrón es un electrón, se haya producido en aerogenerador en lo alto de una montaña, en una presa en el valle o en una central térmica de gas. Para conseguir que ese electrón llegue de su origen al destino donde se demanda, normalmente a cientos de kilómetros de distancia, hace falta tener en marcha una red de transporte y distribución que se extiende como una telaraña por todo el territorio (BBVA, 2022).

De acuerdo con Senner (2018) los componentes básicos de un sistema eléctrico son las plantas de

generación de electricidad, las líneas de transporte de alta tensión, las estaciones transformadoras o subestaciones de distribución, las líneas de distribución de media y baja tensión que llevan la electricidad hasta los hogares, las instalaciones de los consumidores de energía eléctrica; y, los centros de control, tanto los de las empresas generadoras, distribuidoras y comercializadoras, como un centro nacional de coordinación de todo el sistema.

En el movimiento de la electricidad entre todos los puntos mencionados, la tensión eléctrica juega un papel importante. Para empezar, la tensión con la que se produce la electricidad es variable. Mientras que en una central nuclear o térmica su voltaje es más estable, en un parque eólico esta tensión varía mucho y puede incluso ser diferente entre aerogeneradores. Por eso, el primer paso es igualarlo todo y elevar la tensión para el posterior transporte (Lebrón, 2018).

En todo el mundo, los segmentos de baja y media tensión son clave para garantizar, por un lado, el óptimo funcionamiento de muchas fábricas y empresas. Por otro lado, contribuyen a asegurar el suministro en comercios y viviendas. Por ello, las tecnologías y soluciones para los segmentos de media y baja tensión son indispensables en la prevención de fallas (Trasancos, 2019).

La tensión eléctrica o diferencia de potencial es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. Dicho de otra forma, es el voltaje con que la electricidad pasa de un cuerpo a otro, por eso le solemos llamar voltaje y su unidad de medida es el voltio. Si dos puntos (A y B) que tienen diferencia de potencial se unen a través de un conductor, se produce un flujo de electrones. El punto de mayor potencial (A) cede parte de su carga al punto de menor potencial (B) mediante conductor hasta que ambos igualen su potencial eléctrico. Este traslado de cargas es lo que se conoce como corriente eléctrica (Fernández, 2017).

Las instalaciones de alta tensión (AT) son las que superan los 36 kV de voltaje. Normalmente, este tipo de tensión se usa para el transporte de electricidad a grandes distancias. Para poder transportar la electricidad a grandes distancias, se necesita elevar la tensión para reducir la intensidad que circula por la línea y, de tal forma, prevenir las pérdidas de energía por el calentamiento de los cables conductores y por los fenómenos electromagnéticos. La red de transporte de electricidad es de este tipo (Dufo, 2019).

Cuando la electricidad ha viajado desde el lugar donde se genera (central eléctrica) hasta el punto donde se consumirá, pasa por una subestación eléctrica que transforma la electricidad de alta tensión en media tensión (MT). Las instalaciones de media tensión cuentan con un voltaje de entre 1 y 36 kV, aunque el voltaje generalmente más utilizado es de 25 kV. Las líneas de media tensión

a su vez pueden ser aéreas o subterráneas y, por razones de seguridad, deben cumplir una serie de requisitos (Trashorras, 2018).

Por ejemplo, en España las líneas de media tensión se encuentran en la misma categoría que las líneas de alta tensión, porque no existe una normativa concreta para las instalaciones eléctricas de media tensión. La electricidad de grandes consumidores (tarifas 3.1 o 6.1), como hospitales, aeropuertos o industria, son media tensión. También se encuentra en la generación y distribución de energía eléctrica (Harper, 2019).

La baja tensión según Mujal (2020) es la que usan la mayoría de los aparatos eléctricos y resulta menos peligrosa que la alta tensión o la media tensión; pero con el fin de evitar el riesgo de accidentes, las instalaciones deben estar protegidas por los interruptores y diferenciales que tenemos en la entrada de las casas, para mayor seguridad.

Asimismo, las instalaciones de baja tensión siempre están obligadas a ser realizadas y manipuladas por profesionales autorizados. Finalmente, la puesta en marcha de una instalación de baja tensión requiere un trámite de legalización. La electricidad de pequeños consumidores (tarifas 2.0 o 2.1), como viviendas o alumbrado público, son baja tensión (Sobrevila, 2018).

Experimentación de las tipologías de instalaciones eléctricas (alta, media y baja tensión) en el laboratorio

De acuerdo con el estudio realizado por Roldán & Pérez (2017) se establece que el uso de laboratorios mediante los cuales se puede describir las líneas eléctricas y sus parámetros o se utilicen modelos de líneas, permite a los estudiantes visualizar de manera interactiva los parámetros y configuración de las líneas aéreas simples, logran un mejor entendimiento sobre los efectos de cada entrada. Para esto, el laboratorio virtual 'paramlat.m' es una simulación interactiva en Matlab© de los parámetros unitarios de líneas aéreas simples de alta tensión. El laboratorio virtual calcula los parámetros unitarios (por km de longitud) de una línea trifásica simple de alta tensión y representa la geometría de la misma.

El diseño del laboratorio descrito permite al usuario alcanzar diferentes resultados de aprendizaje, entre estos analizar la influencia de la geometría en los parámetros unitarios de las líneas de alta tensión; comparar los dos materiales más usuales (cobre y aluminio) y los dos niveles de frecuencia (50 Hz y 60 Hz) estándar para una configuración concreta; sintetizar configuraciones realistas y

coherentes que proporcionen los valores típicos de los parámetros obtenidos mediante el laboratorio virtual. Entre las múltiples experiencias que el estudiante puede realizar con esta herramienta, se puede mencionar el analizar la afectación del radio del conductor a los parámetros de las líneas, introduciendo valores como por ejemplo la configuración por defecto y variando el radio desde 5mm hasta 16mm, lo que permite observar la disminución de la resistencia (un 89.62%), el descenso de la inductancia (un 16.06%) y el aumento de la capacidad (un 19.96%). Se concluye entonces que los estudiantes podrán desarrollar experiencias y análisis, reflexionando sobre los distintos fenómenos que pueden tener lugar en las líneas de alta tensión (Roldán & Pérez, 2017).

A través de la investigación realizada por Rojas & Rojas (2017) se evidencia que los laboratorios de sistemas de potencia, son una herramienta importante para conocer el comportamiento del fluido eléctrico, bajo diferentes condiciones de trabajo. Es así que, se desarrolló un experimento para evaluar el desempeño eléctrico de aisladores cerámicos y poliméricos, como parte de la infraestructura de los sistemas de distribución de media tensión. Para esto se empleó, como base experimental la exposición de dichos componentes a un hongo, donde se logró demostrar que en los aisladores cerámicos se produce una reducción promedio del 14% de la tensión y en los aisladores poliméricos un 10%. Estas pruebas realizadas en laboratorio, ayudan a los profesionales a identificar el tipo de material que se debe utilizar de acuerdo al ambiente donde se encontrarán los equipos, en este mismo sentido, desde el punto de vista académico, permite a los estudiantes presenciar en un ambiente controlado, los diversos fenómenos que pueden acontecer a la infraestructura de suministro eléctrico.

Mediante el trabajo desarrollado por Días *et al.* (2019) se explica que los laboratorios de sistemas eléctricos en el campo educativo, permiten a los estudiantes llevar a la práctica los conocimientos teóricos adquiridos en el aula, por este motivo, para dar una experiencia realista sobre el comportamiento del fluido eléctrico, es indispensable que los instrumentos de medición se encuentren ajustados y calibrados adecuadamente, toda vez que estos permiten realizar las mediciones en corriente continua y baja frecuencia, además los ensayos de potencia proporcionan indicios acerca del funcionamiento del equipamiento eléctrico de baja, media o alta tensión en diferentes condiciones de trabajo, y los ensayos con descargadores, otorgan una amplia gama de ondas de impulsos de corriente (de frente rápido, atmosférico, de maniobra, etc.) para evaluar la

sobretensión, lo que resulta importante para preparar a los futuros profesionales en el campo eléctrico.

Según la investigación elaborada por Gómez (2018) se establece que el uso de los laboratorios de sistemas eléctricos, tanto en el ámbito profesional como académico permite formular diferentes ambientes para evaluar el comportamiento y desempeño de los elementos que conforman la cadena de suministro eléctrico en baja, media y alta tensión, además proporciona una estimación del tiempo de vida útil de cada uno de los referidos componentes. En este sentido, las pruebas de descargas parciales, se conciben como una técnica mediante la cual se puede potenciar los conocimientos sobre los aspectos constructivos, operativos y de mantenimiento, donde la interpretación de los resultados puede variar según la perspectiva analizada, de este modo se puede inducir a la prevención de eventos que pudieran ocasionar daños catastróficos tanto a los equipos como a los usuarios del servicio eléctrico.

Por su parte, Llamo & Santos (2021) refieren que los estudiantes de la carrera de ingeniería eléctrica, para alcanzar el máximo provecho del sistema educativo, emplean el aprendizaje basado en problemas, con lo que pueden vincular la teoría con la práctica aplicada a la resolución de problemas reales referentes a los elementos estructurales que conforman el equipamiento de baja, media y alta tensión, y de esta manera se maximiza el rendimiento académico, en este sentido, el uso de laboratorios de sistemas eléctricos, permite alcanzar un aumento de los índices de calidad en las notas, donde el grado de satisfacción por parte de los educandos se denota con un nivel alto en el 90% de estos, razón por la que el 100 % de los especialistas tienen una visión positiva sobre la metodología utilizada en los laboratorios.

Según el estudio realizado por Vera (2021) se resalta la importancia de los laboratorios de sistemas eléctricos en el ámbito académico, para el fortalecer los conocimientos de los estudiantes, y proporcionarles una mejor preparación para su futura vida profesional. No obstante, a raíz de las limitaciones que surgieron por causa de la emergencia sanitaria por covid-19, se imposibilitó la asistencia de los educandos a realizar las prácticas presenciales, por tanto para emplazar dicha falencia, se evidenció la importancia de contar con laboratorios virtuales para realizar prácticas remotas, donde los aspectos principales que se pueden abordar consisten en el desarrollo de diseños de proyectos eléctricos, con la finalidad de realizar estudios técnicos que permitan identificar el comportamiento de los equipamientos bajo determinadas situaciones.

Conclusiones

Los laboratorios en términos académicos se constituyen como espacios controlados, donde se cuenta con materiales e instrumentos especiales, que permiten a los estudiantes realizar todo tipo de experimentaciones, con lo cual se les permite tener una aproximación a la realidad práctica con respecto a las teorías recibidas en las aulas de clase.

La electricidad transportada desde su origen hasta el destino debe de cumplir una serie de parámetros físicos, tales como la intensidad, la frecuencia y la tensión. En este sentido, la tensión se concibe como la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, conocida también como voltaje y se mide en voltios. Por tanto, en función del voltaje se puede hablar de alta, media o baja tensión. Ahora bien, alta tensión son aquellas superiores a los 36kV, el cual es empleado para transportar la electricidad desde las centrales de generación hasta los centros de consumo; la media tensión es aquella comprendida entre 1 y 36 kV y se emplea para transportar la electricidad desde las subestaciones hasta las centrales transformadoras cercanas al centro de consumo; y, la baja tensión se emplea para consumir electricidad en los hogares, la cual no es igual en todo el mundo, por ejemplo en Europa es de 230 voltios, mientras que en la mayor parte de América se usan tensiones entre 100 y 127 voltios.

Los laboratorios destinados a la experimentación de la electricidad, facilita a los estudiantes comprender los parámetros que dan lugar a los modelos de funcionamiento de las líneas aéreas, de esta manera a través de su uso, se pueden llevar a cabo experiencias rápidas y sencillas de simulación de parámetros para evaluar la influencia de las características de la línea sobre cada uno de ellos, por tanto, está orientado a la asimilación de todos los contenidos mediante al práctica y reflexión

Referencias

1. Andrade, C. (2018). Análisis predictivo de la confiabilidad en los sistemas de distribución. Madrid, España: Editorial Reverté.
2. Asprilla, J. A. (2018). Flujo de potencia para sistemas de distribución. Pereira, Colombia: Fondo Editorial de la Universidad Tecnológica de Pereira.
3. Baeza, R. (2020). Evaluación de confiabilidad de sistemas de distribución. Madrid, España: Editorial Reverté.
4. Barrero, F. (2019). Sistemas de energía eléctrica. Madrid, España: Editorial Paraninfo.

5. BBVA. (2022). Alta, baja y media tensión eléctrica: ¿Conoces la diferencia? Recuperado el 26 de abril de 2022, de Sitio web de la BBVA: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/alta-baja-y-media-tension-electrica-conoces-la-diferencia/>
6. Blasco, M. P. (2017). Instalaciones eléctricas de enlace y centros de transformación. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.
7. Castaño, E. (2019). Mejoramiento operativo de sistemas de distribución usando. Pereira, Colombia: Fondo Editorial de la Universidad Tecnológica de Pereira.
8. Colmenar, A., & Collado, E. (2019). Generación distribuida, autoconsumo y redes inteligentes. Madrid, España: Servicio de Publicaciones de la Universidad Nacional de Educación a Distancia.
9. Correa, E. J. (2019). Mejoramiento de los índices de continuidad del servicio de energía eléctrica. Pereira, Colombia: Fondo Editorial de la Universidad Tecnológica de Pereira.
10. Días, R., Arrojo, C., Nastta, H., Herlein, M., Álvarez, C., Scaramutti, J., & Danessa, F. (2019). Implementación de un sistema de la calidad según norma ISO/IEC 17025 en un laboratorio de ensayos eléctricos del ámbito universitario. *Revista Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión*, 5(1), 419-426. Recuperado el 24 de julio de 2022, de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/75313/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
11. Dufo, R. D. (2019). Trabajos y maniobras en alta tensión. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.
12. Energy & Commerce. (2020). Media y baja tensión, esenciales en la industria. Recuperado el 26 de abril de 2022, de Sitio web de Energy & Commerce: <https://energyandcommerce.com.mx/media-y-baja-tension-tecnologia/>
13. Fayos, A. (2019). Líneas eléctricas y transporte de energía. Vaencia, España: Servicio Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
14. Fernández, Á. J. (2017). Documentación técnica en instalaciones eléctricas. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.
15. Gómez, G. A. (2018). Medición de Descargas Parciales en Transformadores de Potencia bajo los estándares internacionales IEC e IEEE. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 70-

80. Recuperado el 24 de julio de 2022, de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-70.pdf>
16. Gutiérrez, G. (2017). *Sistemas de distribución eléctrica: métodos avanzados*. Madrid, España: Editorial Reverté.
17. Harper, G. E. (2019). *Fundamentos de instalaciones electricas de mediana y alta tensión*. México: Editorial Limusa S.A. de C.V.
18. Hernández, J. A. (2018). *Reconfiguración de redes eléctricas en sistemas de potencia*. Bogotá, Colombia: Ediciones Uniandes.
19. Juárez, J. D. (2018). *Sistemas de distribución de energía eléctrica*. México: Servicio de Publicaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana. Obtenido de Universidad Autónoma Metropolitana.
20. Landatxe, J. B. (2019). *Análisis de sistemas eléctricos de distribución de energía*. Madrid, España: Editorial Reverté.
21. Laverde, O. M. (2018). *Planeamiento de sistemas de distribución*. Pereira, Colombia: Fondo Editorial de la Universidad Tecnológica de Pereira.
22. Lebrón, J. C. (2018). *Operaciones de tendido y tensado de conductores en redes eléctricas*. Málaga, España: Editorial Innovación y Cualificación S.L.
23. Llamo, H. S., & Santos, A. (2021). Relaciones de la teoría con la práctica en los laboratorios virtuales de la asignatura Sistemas Eléctricos I. *Revista Cubana de Educación Superior*, 40(1), 1-21. Recuperado el 24 de julio de 2022, de <http://scielo.sld.cu/pdf/rces/v40n1/0257-4314-rces-40-01-e16.pdf>
24. López, M. (2019). *Metodología para la optimización de redes eléctricas*. Madrid, España: Editorial Reverté.
25. Mejía, A. M. (2018). *Metodología para el planeamiento de sistemas de distribución*. Pereira, Colombia: Fondo Editorial de la Universidad Tecnológica de Pereira.
26. Mendoza, J. (2020). *Laboratorio de Sistemas Eléctricos de Potencia*. Recuperado el 10 de abril de 2022, de Pontificia Universidad Católica de Valparaiso: <http://www.pucv.cl/uuaa/escuela-de-ingenieria-electrica/laboratorios/laboratorio-de-sistemas-electricos-de-potencia>
27. Mujal, R. (2020). *Tecnología eléctrica*. Barcelona, España: Ediciones de la Universidad Poitécnica de Catalunya S.L.

28. Naranjo, A. (2018). *Sistemas de distribución de energía eléctrica*. Caracas, Venezuela: Editorial Equinoccio.
29. Ochoa, M. A. (2019). *Metodología para la planeación de sistemas de distribución*. Madrid, España: Editorial Reverté.
30. Quezada, G. d. (2019). ¿Qué importancia tienen los laboratorios en la educación? Recuperado el 10 de abril de 2022, de Universidad Particular de Loja: <https://dialoguemos.ec/2019/04/que-importancia-tienen-los-laboratorios-en-la-educacion/>
31. Ramírez, S. (2018). *Redes de distribución de energía*. Manizales, Colombia: Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia.
32. Rodríguez, A. D. (2021). La importancia de la alta y media tensión. Recuperado el 10 de abril de 2022, de Transformadores y Servicios de Ingeniería Electromecánica: <https://es.linkedin.com/pulse/la-importancia-de-alta-y-media-tensi%C3%B3n-de-ingenier%C3%ADa-electromec%C3%A1nica>
33. Rojas, H. E., & Rojas, H. D. (2017). Evaluación del Desempeño de Aisladores eléctricos de distribución cerámicos y poliméricos bajo biocontaminación por hongos. *Revista Información Tecnológica*, 28(2), 3-10. Recuperado el 24 de julio de 2022, de <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v28n2/art02.pdf>
34. Roldán, C., & Pérez, M. (2017). Laboratorio virtual como herramienta para comprender el funcionamiento de las líneas de alta tensión. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(2), 95-106. Recuperado el 28 de abril de 2022, de <https://polipapers.upv.es/index.php/MSEL/article/view/5902/8107>
35. Rosero, E. F. (2018). *Reconfiguración de sistemas de distribución de energía*. Pereira, Colombia: Fondo Editorial de la Universidad Tecnológica de Pereira.
36. Santacruz, A. C. (2018). *Planeamiento de sistemas de distribución de energía*. Pereira, Colombia: Fondo Editorial de la Universidad Tecnológica de Pereira.
37. Senner, A. (2018). *Principios de electrotecnia*. Madrid, España: Editorial Reverté.
38. Sobrevila, M. A. (2018). *Instalaciones de potencia*. Buenos Aires, Argentina: Librería y Editorial Alsina.
39. Trasancos, J. (2019). *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.

40. Trashorras, J. (2018). Desarrollo de redes eléctricas y centros de transformación. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.
41. Vázquez, C. (2019). Equipación de un laboratorio escolar. Recuperado el 10 de abril de 2022, de Innovación y Experiencias Educativas: https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_18/CARLOS_VAZQUEZ_SALAS01.pdf
42. Vélez, V. M. (2019). Flujo de carga óptimo en sistemas de distribución. Pereira, Colombia: Fondo Editorial de la Universidad Tecnológica de Pereira.
43. Vera, F. G. (2021). Propuesta didáctica de cápsulas de aprendizaje en Entornos Virtuales de la Asignatura Diseño de Instalaciones Eléctricas en Media y Alta Tensión de la Carrera Ingeniería Eléctrica del Instituto Profesional Duoc UC. Recuperado el 24 de julio de 2022, de Repositorio Institucional de la Universidad Andrés Bello: https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/21839/a134608_Vera_F_Propuesta_didactica_de_capsulas_de_2021_tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
44. Yebra, J. A. (2019). Sistemas Eléctricos de Distribución. Madrid, España: Editorial Reverté.

© 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/>).