

# Soluciones para la mejora de la calidad del servicio de energía eléctrica en Barranquilla. Revisión de la literatura.

## Solutions for the improvement of the quality of the electric power service in Barranquilla. Review of the literature.

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.3.1.2021.08>

Fecha de Recepción: 14/08/2021. Fecha de Publicación: 04/09/2021

**Joel Enrique Rodríguez-Salazar**

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)

[jrodrigu224@cuc.edu.co](mailto:jrodrigu224@cuc.edu.co)

**Nora Mercado Caruso**

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)

[Nmercado1@cuc.edu.co](mailto:Nmercado1@cuc.edu.co)

### Resumen

La mejora de la calidad en el servicio de energía eléctrica es una temática que ha sido muy estudiada a nivel mundial con el paso del tiempo, la cual por medio de esos estudios se han dado a conocer los parámetros tenidos en cuenta para la medición de la calidad del servicio de energía eléctrica, así mismo se han podido conocer las causas y las consecuencias de las interrupciones del servicio de energía eléctrica. Con esta investigación se quiere lograr conocer diferentes alternativas en metodologías y tecnologías aplicadas actualmente el mejoramiento de la calidad y las maneras en que se puede responder oportunamente ante posibles fallas o interrupciones en el suministro de la energía eléctrica en la ciudad de Barranquilla. La investigación se realizó en un enfoque cualitativo, donde se llevó a cabo la revisión literaria que permitió conocer las diferentes soluciones para mejorar la calidad del servicio de energía eléctrica por medio del cual se concluye que es importante la implementación de nuevas tecnologías en las redes de distribución de la energía eléctrica para el mejoramiento de la calidad del servicio.

### Palabras clave

Electricidad; Energía eléctrica; Redes eléctricas; Calidad de energía; Bienestar social, Tecnología.

### Abstract

The improvement of the quality of the electricity service is a topic that has been studied worldwide with the passage of time, which through these studies have been made known the parameters taken into account for the measurement of the quality of the electricity service, likewise they have been able to know the causes and consequences of the interruptions of the electricity service. With this research we want to know different alternatives in methodologies and technologies currently applied to improve quality and the ways in which it can respond in a timely manner to possible failures or interruptions in the supply of electricity in the city of Barranquilla. The research was carried out in a qualitative approach, where the literary review was carried out that allowed to know the different solutions to improve the quality of the electric energy service through which it is concluded that the implementation of new technologies in the electricity distribution networks is important for the improvement of the quality of the service.

### Key Words

Electricity; Electrical energy; Electrical networks; Power quality; Social welfare, Technology

© The author; licensee Universidad de la Costa - CUC.

BILO vol. 3. no. 1 Enero - Junio, 2021

Barranquilla. ISSN Online 2711-3280.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad un componente fundamental para la economía y para las diferentes actividades productivas es la electricidad. Las interrupciones en el suministro de energía eléctrica y la baja calidad pueden impactar en la economía de forma directa o indirectamente [1]. En el servicio de energía eléctrica prestado en la ciudad de Barranquilla se han presentado interrupciones debido a diferentes causas que lo provocan [2]. El uso de tecnologías de la información y comunicación hace parte de las modernizaciones de las redes eléctricas, permitiendo gestionar de forma inteligente los procesos de generación, transmisión, distribución, consumo y comercialización de la energía eléctrica, a esta modernización se le conoce como red inteligente [3].

## II. METODOLOGÍA

Se hizo una revisión en las bases de datos científicas Science Direct, Scopus, Google Scholar, utilizando las palabras claves que permitieran conservar el enfoque de la investigación sobre la calidad en el servicio de energía eléctrica, como se presentan a continuación en la Tabla 1. Para algunos casos de las búsquedas los resultados fueron filtrados por los años de publicación de los documentos entre el periodo de 2016 hasta 2021, esto con la intención de que los documentos que se revisen no superaran un máximo de 5 años desde sus años de publicación.

Fuente	Búsqueda	Resultados	Filtrado por año de publicación (2016 – 2021)	Resultados Filtrados
Science Direct	Solución eficiente a fallas en redes de distribución de energía eléctrica	9	No	-
Science Direct	Quality in electric power distribution service	57,429	Si	23,603
Science Direct	Calidad en servicio de energía eléctrica	506	No	-
Scopus	Quality AND electric AND power AND service	6,162	No	-
Scopus	Recovery AND time AND of AND the AND electrical AND energy AND distribution AND service.	11	No	-
Google Scholar	Rápida recuperación del servicio de energía eléctrica	67.600	Si	15.400
Google Scholar	Modernización de las redes eléctricas de distribución	30.100	Si	16.800
Google Scholar	Servicio de energía eléctrica	482.000	Si	22.600
Google Scholar	Calidad de servicio de energía eléctrica	405.000	Si	18.800
Google Scholar	Calidad de servicio de energía eléctrica en barranquilla	17.300	Si	8.570
Google Scholar	Calidad de servicio de energía eléctrica Colombia	94.500	Si	15.600
Google Scholar	Servicio de energía eléctrica Atlántico	29.900	Si	15.200
Google Scholar	Redes eléctricas Barranquilla	13.800	Si	7.420
Google Scholar	Redes de distribución eléctrica Barranquilla	14.500	Si	7.450
Google Scholar	Calidad de energía eléctrica Barranquilla	20.200	Si	10.100

**Tabla 1. Cadena de búsqueda.** Fuente: Autor.

Después de realizar la búsqueda en las diferentes bases de datos, se procede hacer la revisión teniendo en cuenta en primer lugar los referentes internacionales, luego los referentes nacionales y finalizando con los referentes locales. A continuación se presenta la revisión literaria en el orden como se ha establecido previamente.

### **III. REVISIÓN LITERARIA**

#### **A. Publicaciones Internacionales**

Una publicación en Brasil [4] propone un estudio donde se aplica un método efectivo para evaluar la eficiencia de costos operacionales para una muestra de datos de panel de 61 empresas de energía eléctrica en ese país. El método aplicado es el de Análisis de Frontera Estocástica (SFA) además de que adoptan este método con un enfoque bayesiano, permitiendo así la incorporación de un proceso dinámico que es idóneo para enfrentar la evolución de la eficiencia en el tiempo, en donde el modelo de SFA clásico tiene como limitación para este tipo de datos de panel el no permitir cambios en el orden de clasificación de los servicios públicos a lo largo del tiempo. El método de Análisis de frontera Estocástica es aplicado como alternativa al Análisis Envolvente de Datos (DEA) el cual fue acogido en primera instancia por el organismo que regula el sector en Brasil, la Agencia Nacional de Egeria Eléctrica (ANEEL) pero que los resultados no cumplieron con los límites de eficiencia. Los resultados de esta metodología puede ser aplicada a las diferentes actividades que realiza la propia agencia reguladora de energía, como lo es la regulación de la calidad de la energía que trata sobre los indicadores de continuidad del suministro y también a las pérdidas no técnicas, una problemática que es muy común en algunos países en desarrollo.

En otro estudio [5] los sistemas de baterías y condensadores están dentro de los sistemas de almacenamiento de energía para la mitigación de fluctuaciones, la utilización de estos sistemas de almacenamiento han sido propuestos en múltiples estudios, sin embargo presentan algunas limitaciones en cuanto a la capacidad de los condensadores y los sistemas de baterías tienen costos elevados de inversión. Es por esto que los autores realizan este estudio ya que buscan crear información sobre las fluctuaciones de voltajes y la calidad en una red de bajo voltaje para escenarios futuros en 2017, 2030 y 2050. Además que proponen un sistema basado en la utilización de vehículos eléctricos que tiene la capacidad de mitigar los problemas de calidad de la energía provocados por las fluctuaciones de la salida fotovoltaica en la red de bajo voltaje. Algunas de las características del sistema que proponen a diferencia de otros sistemas que utilizan vehículos eléctricos, es que la solución es para toda la red de bajo voltaje y además tiene algunas ventajas y es que no utiliza algunos componentes como lo son los cambiadores de tomas en carga o sistemas de baterías estacionarias. Por medio de un medidor inteligente se registra la carga neta y se comunican estos datos con el operador de distribución (DSO) cada que va transcurriendo el tiempo, todos los datos del sistema propuesto se transmiten a través de una conexión segura de internet. En el sistema propuesto también actúan los agregadores, que tienen un papel central ya que son organizaciones que combinan recursos energéticos distribuidos en un solo recurso utilizado para la prestación de servicios de flexibilidad.

Una publicación de la revista de energía de Latinoamérica y el Caribe (ENERLAC) presentó el estado del arte de las redes eléctricas inteligentes en América Latina y el Caribe [3]. De modo que el autor realiza una revisión del estado de la red inteligente, con el propósito el evaluar la madurez en que se encuentran los procesos de modernización en los países de América Latina. En el artículo se dan a conocer las ventajas y beneficios que se logran para los usuarios del servicio de energía eléctrica, el que se implementen las redes eléctricas inteligentes. Algunas de las ventajas son: mejora de la fiabilidad del sistema, esto quiere decir que la red inteligente reduce los costos ocasionados por las perturbaciones eléctricas. Además que las comunicaciones y las tecnologías de control permiten un restablecimiento más rápido del servicio. También mejora la eficiencia del sistema, en donde por la parte de la empresa operadora de red se presenta reducción de las necesidades de invertir en generación y construcción de redes y por parte del usuario que puede gestionar y controlar el consumo de electricidad. La posibilidad de comunicación bidireccional con el usuario, la mitigación y adaptación al Cambio Climático son otras de las ventajas de las redes inteligentes.

Así mismo se encontró en el artículo de la misma revista que una herramienta que proporciona una guía de organización, evaluación y que mejora los esfuerzos para seleccionar las aplicaciones de la red inteligente con el propósito de lograr una transformación y modernización, es el Modelo de Madurez de Redes Inteligentes. La metodología consta de tres objetivos: el primero está relacionado con la identificación del estado actual de desarrollo de una entidad desde la perspectiva de red inteligente, en donde el estado deseado se expresa como un nivel de madurez, para que de esta manera puedan analizar las deficiencias y obtener una lista resumida de los pasos requeridos. El segundo objetivo está enfocado en determinar las soluciones de redes inteligentes que son económicamente viables realizando un análisis de costo-beneficio. Y como tercer objetivo que tienen es sobre la organización y descripción de las necesidades de los usuarios con los casos de uso basado en evaluaciones financieras que han sido previamente aprobadas. Los autores destacan que la integración de energías renovables en la red eléctrica es una de las principales ventajas que tiene la implementación de las redes inteligentes, en donde esta interacción incluye la generación distribuida, el almacenamiento de energía y la gestión de la demanda en el sistema eléctrico; por medio de cual se puede mejorar la seguridad, fiabilidad, la capacidad de recuperación de las aplicaciones de micro redes en áreas donde la energía eléctrica es limitada.

En la tesis “Programa de ampliación y modernización de las redes generales de distribución” [6] el autor plantea una metodología que resuelve el problema de restauración del servicio en los sistemas de distribución de energía eléctrica. El

cual su planteamiento está basado en un modelo de optimización no lineal que busca maximizar la carga externa al servicio teniendo en cuenta las restricciones técnicas y operativas. Como solución al problema plantea el implementar técnicas heurísticas que por medio de indicadores de sensibilidad sirven en el proceso de restauración. La metodología propuesta fue corroborada en sistemas de distribución, obteniendo buenos resultados en términos de calidad. El propósito del autor al realizar el proyecto es el de garantizar la calidad, la confiabilidad y seguridad requerida, y la facturación eficiente en el suministro de energía eléctrica y que pueda atender a todas las zonas de distribución. También se desarrolla otro proyecto perteneciente y que está incluido en la misma tesis nombrada inicialmente, que tiene el nombre de “Programa de crecimiento y reordenamiento de las redes de distribución” en el que tiene como finalidad disminuir las pérdidas eléctricas reconfigurando la red general de distribución en media tensión, mejoramiento en la confiabilidad de la red de distribución retirando las instalaciones que sobran en media tensión, mitigar los errores en las operaciones de la red de distribución, reducción del tiempo requerido promedio en restablecimiento en media tensión, aumentar la seguridad del personal en terreno, contar con mayor apoyo en el retiro de instalaciones innecesarias.

### ***B. Publicaciones Nacionales***

En el estudio [7] el autor muestra la importancia de la implementación de las redes inteligentes para mejorar la eficacia en la gestión de energía eléctrica, en la que se pueden optimizar la infraestructura existente y minimizar la construcción de más plantas de energía eléctrica. También propone que la integración de la industria 4.0 al sector eléctrico facilita la automatización de las redes de distribución eléctrica por el que se pueden cumplir con sus principales retos que son la digitalización, cuidado del medio ambiente y descentralización. Plantea el uso de sensores embebidos en tiempo real y sistemas automáticos de control que permitan la anticipación, la identificación, y la respuesta a problemas sísmicos, en donde la red inteligente previene y/o reduce las fallas de tensión o corriente. Presenta algunas de las características de las tecnologías de Smart Grids, la cual tienen un gran potencial de integración a los sistemas energéticos las tecnologías de información y comunicación que favorecen al monitoreo de la calidad del suministro eléctrico, al monitoreo remoto de la información del proveedor de electricidad y al mejoramiento del funcionamiento global del sistema de distribución eléctrica para realizar los ajustes exactos de los patrones de producción a los forma de consumo. También da a conocer las principales ventajas que aportan al sector eléctrico las redes inteligentes o Smart Grids, las cuales son: escalabilidad, confiabilidad, sustentabilidad y competitividad. Se propone la tecnología de Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) para aquellas empresas que requieran mayor control, ya que esta tecnología permite realizar: mediciones en la red, operaciones remotas, fijaciones de precio basado en el tiempo, limitaciones de carga en respuesta a la demanda, monitorear la calidad energética y notificaciones de corte y falla. Por otra parte el uso de los Recursos Energéticos Distribuidos (DER) en el sistema eléctrico, tiene varios beneficios, alguno de ellos es que reducen las pérdidas de energía eléctrica en las redes de distribución y de transporte, también aumentan la capacidad de distribución de la red eléctrica debido a las disminuciones en las pérdidas, aumentan la calidad de onda, reducen la contaminación atmosférica. Por otro lado el sistema de adquisición, supervisión, y control de datos (SCADA) permite obtener información sobre el sistema eléctrico y hacer un alisáis en tiempo real, y retroalimentar sobre el estado de las operaciones.

En un artículo que trata sobre las características y funcionalidades de las redes inteligentes (Smart Grid) [8] los autores dan a conocer la solución a la necesidad de modernizar las redes eléctricas existentes por medio de las redes inteligentes, que como se ha visto en la anterior revisión a nivel nacional estas redes inteligentes están conectadas de manera segura, teniendo como característica el ser autónomas y mejorar la efectividad de la gestión de energía eléctrica. También se pudo conocer del artículo que para una gestión avanzada de respuesta ante las fallas se puede lograr con la automatización, utilizando sistemas para evitar las interrupciones del servicio e integrándolos con las tecnologías de comunicación, lo que permite que los operadores de servicio y los clientes tengan opciones productivas, ya que se les garantiza la confiabilidad y continuidad en el suministro de energía eléctrica. Por otra parte, en este artículo se pudo conocer sobre un dispositivo utilizado en la detección y mediciones sincronizadas de fasores en tiempo real de los valores de voltaje y corriente, los síncrofasofes son sensores de alta velocidad o Unidades de Medida del Fasor (PMU). Una característica bastante relevante de las PMU es que son cien veces más rápidas que el sistema de Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) y tienen la capacidad de registrar el estado de las redes con mucha precisión porque trabajan con protocolos de comunicación.

Del trabajo de grado en la ciudad de Cali [9] se pudo conocer la conceptualización del control distribuido el cual busca actuar ante una falla sin afectar en gran medida a las operaciones productivas. También se pudo conocer acerca de la Automatización Avanzada de red de Distribución (ADA) que tiene como objetivo el mejoramiento de la confiabilidad y la calidad de la energía eléctrica. Esta tecnología tiene diferentes funcionalidades como son: telemando (control remoto) utilizado para operar remotamente y reducir los tiempos de restablecimiento del suministro eléctrico, localización de fallas empleado para desarrollar y optimizar los métodos de identificación de fallas que están fundamentados en la inyección de ondas de alta frecuencia, autosanamiento (Self-Healing) que es la automatización de todo el proceso de detección y localización de fallas y restablecimiento del suministro eléctrico y otra funcionalidad es la reconfiguración automática que se aplica desde el desarrollo de algoritmos que utilizan los datos del estado de la red provenientes de los componentes

interconectados tales como: elementos de tecnología AMI, subestaciones, sistema de generación, y contadores inteligentes.

Por otra parte, se conoció otra funcionalidad del ADA el cual agrupa varias de sus funcionalidades formando el FLISR que es la localización de fallas, aislamiento y restauración del sistema, y tiene la capacidad de restaurar el servicio de energía eléctrica en menos de un minuto de haberse presentado la falla. El FLISR tiene un modo de operación que va desde la detección de la falla, luego ubica donde se presentó la falla, después asila la parte de la falla y finalmente energiza las partes no afectadas de las líneas de distribución.

En Bogotá un proyecto sobre contadores inteligentes [10] los autores proponen la fabricación de medidores de calidad residencial de energía eléctrica por la necesidad que encontraron por parte de los operadores de red y de los usuarios en saber la calidad del servicio de energía eléctrica que están adquiriendo. En este proyecto los autores realizan unos estudios de mercado en donde comprueban que los usuarios no tienen forma de saber acerca de los indicadores de calidad del servicio. En su estudio los autores pudieron determinar el diseño, las características, los costos y materiales de fabricación, las funcionalidades y el precio de venta de los medidores residenciales de calidad de energía eléctrica.

### **C. Publicaciones Locales**

En un estudio realizado en Barranquilla sobre la percepción de la calidad en el servicio de energía eléctrica [11] los autores dan a conocer por medio de método de SERVQUAL la percepción de los usuarios del servicio de energía eléctrica la cual consideran que es necesario que el operador de red implemente acciones de mejoras en la prestación del servicio.

En otro estudio sobre el diagnóstico de la calidad de la energía [12] realizado en un campus universitario de la costa norte de Colombia, los autores dan a conocer los resultados del estudio y diagnóstico de la calidad de energía eléctrica en las instalaciones de la institución universitaria. En el proceso de estudio de la calidad de energía utilizan dos instrumentos analizadores de red de referencias y características diferentes, los cuales son utilizados en diferentes puntos de la universidad. En el diagnóstico de las instalaciones dan a conocer el estado actual de los componentes del sistema eléctrico como son el sistema de puesta a tierra, subestaciones eléctricas, y tableros de distribución, tomacorrientes e interruptores. Para el análisis de calidad de la energía dan a conocer el comportamiento del factor de potencia y los diferentes tipos potencia: activa, reactiva y aparente, además analizan la tensión, la frecuencia y la distorsión armónica.

### **D. Resumen de revisión literaria**

<b>No.</b>	<b>Título</b>	<b>Autores</b>	<b>Hallazgos</b>
1	Analysis of electric distribution utilities efficiency levels by stochastic frontier in Brazilian power sector.	Cardoso de Mendonça et al., 2021	El método análisis de frontera estocástica (SFA) puede ser utilizado en actividades que realizan las agencias reguladoras de energía como lo es la regulación de la calidad de energía eléctrica.
2	Impact of rapid PV fluctuations on power quality in the low-voltage grid and mitigation strategies using electric vehicles.	Brinkel et al., 2020	Se conoció el sistema propuesto basado en la utilización de vehículos eléctricos (ve) para mitigar los problemas de calidad de energía provocados por fluctuaciones de la salida fotovoltaica.
3	América latina y el Caribe: estado del arte de las redes eléctricas inteligentes.	Gers, 2017	Con la revisión del estado del arte sobre redes inteligentes busca conocer el nivel de madurez en que se encuentran los procesos de modernización en los países de américa latina. Además se dan a conocer las ventajas de la implementación de las redes inteligentes.
4	Programa de ampliación y modernización de las redes generales de distribución.	Teco De Los Santos, 2019	Metodología basada en un modelo de optimización no lineal que busca maximizar la carga externa al servicio donde se tienen en cuenta las restricciones técnicas y operativas. Además utiliza técnicas heurísticas para el proceso de restauración del servicio de energía en los sistemas de distribución.
5	Estudio, análisis y modelamiento de los	Banguera Gomez, 2020	Se propone la integración de la industria 4.0 al sector eléctrico, el cual facilita la automatización de la redes

	sistemas eléctricos de distribución en el contexto de redes eléctricas inteligentes industria 4.0 y automatización dentro de convenio marco de cooperación interinstitucional 080 de 2019 entre la Universidad distrital francisco José de Caldas y la rape (región administrativa y de planeación especial)		de distribución eléctrica para cumplir con principales retos: digitalización, cuidado del medio ambiente y descentralización.
6	Visión general, características y funcionalidades de la red eléctrica inteligente (SMART GRID)	Gómez et al., 2018	Se pudo conocer que para una gestión avanzada de respuesta ante las fallas se puede lograr con la automatización, utilizando sistemas para evitar las interrupciones del servicio e integrándolos con las tecnologías de comunicación. Además las PMU son cien veces más rápidas que el control de supervisión y adquisición de datos (SCADA).
7	Revisión crítica del uso de las técnicas de control distribuido aplicadas en la operación de redes eléctricas de distribución.	Jaramillo Lozano, 2020	Se pudo conocer acerca de la automatización avanzada de red de distribución (ADA) que tiene como objetivo el mejoramiento de la confiabilidad y la calidad de la energía eléctrica. Además que esta tecnología tiene diferentes funcionalidades a nivel descentralizado.
8	Fabricación y comercialización de medidores de indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica para usuario de tipo residencial	Peña Lote & Pérez Tovar, 2017	Proponen la fabricación de medidores de calidad residencial por la necesidad de saber cómo ha estado el servicio de energía eléctrica que se está pagando.
9	La percepción de la calidad del servicio en Electricaribe S.A. Bajo el modelo SERVQUAL en barranquilla y su área metropolitana	Garrido & Estrada, 2020	Percepción de la calidad del servicio de energía eléctrica por parte de los usuarios utilizando el método SERVQUAL.
10	Estudio y diagnóstico de la calidad de la energía de un campus universitario en la costa norte de Colombia	Silvera et al., 2018	Estudio de la calidad de energía en un campus universitario, implementa metodologías e instrumentos para medir la calidad y proponer mejoras en las instalaciones eléctricas.

**Tabla 2. Hallazgos de la revisión literaria.** Fuente: Autor.

#### **IV. CONCLUSIONES**

Por medio de la revisión literaria realizada se han podido conocer diferentes soluciones para la mejora del servicio de energía eléctrica a nivel internacional, nacional y local. Estas soluciones basadas en su mayoría en la modernización de las redes eléctricas de distribución a redes inteligentes o Smart Grids, y que implementan tecnologías que permiten garantizar el continuo suministro de energía eléctrica a los usuarios de este servicio, pueden ser implementadas a futuro en la mejora de la calidad del servicio de energía eléctrica prestado en la ciudad de Barranquilla.

**REFERENCIAS**

- [1] A. Levy and J. J. Carrasco, “Calidad y confiabilidad de los servicios eléctricos en América Latina.” Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.18235/0002366>.
- [2] El Heraldo, “Este jueves quedarán sin energía varios sectores de Barranquilla y Atlántico,” 2021. Este jueves quedarán sin energía varios sectores de Barranquilla y Atlántico.
- [3] J. M. Gers, “América Latina y el Caribe: estado del arte de las redes eléctricas inteligentes,” *ENERLAC. Rev. energía Latinoamérica y el Caribe; Vol. 1 Núm. 1 ENERLAC Rev. Energía Latinoamérica y el Caribe*, Oct. 2017, [Online]. Available: <http://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/13>.
- [4] M. J. Cardoso de Mendonça, A. O. Pereira, L. A. Medrano, and J. F. M. Pessanha, “Analysis of electric distribution utilities efficiency levels by stochastic frontier in Brazilian power sector,” *Socioecon. Plann. Sci.*, vol. 76, p. 100973, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100973>.
- [5] N. B. G. Brinkel *et al.*, “Impact of rapid PV fluctuations on power quality in the low-voltage grid and mitigation strategies using electric vehicles,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 118, p. 105741, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.105741>.
- [6] A. TECO DE LOS SANTOS, “PROGRAMA DE AMPLIACION Y MODERNIZACION DE LAS REDES GENERALES DE DISTRIBUCION,” 2019. [Online]. Available: <http://repositorio.digital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2086>.
- [7] L. M. Banguera Gomez, “Estudio, análisis y modelamiento de los sistemas eléctricos de distribución en el contexto de redes eléctricas inteligentes industria 4.0 y automatización dentro de convenio marco de cooperación interinstitucional 080 de 2019 entre la UNIVERSIDAD DISTRITA,” p. 119, 2020, [Online]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/24730>.
- [8] V. A. Gómez, C. Hernández, and E. Rivas, “Visión General, Características y Funcionalidades de la Red Eléctrica Inteligente (Smart Grid),” *Inf. tecnológica*, vol. 29, no. 2, pp. 89–102, 2018.
- [9] C. A. Jaramillo Lozano, “Revisión crítica del uso de las técnicas de control distribuido aplicadas en la operación de redes eléctricas de distribución,” 2020, [Online]. Available: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/18141>.
- [10] R. A. Peña Lote and L. C. Pérez Tovar, “Fabricación y Comercialización de Medidores de Indicadores de Calidad del Servicio de Energía Eléctrica para Usuario de Tipo Residencial,” Universidad Distrital “Francisco José de Caldas,” 2017.
- [11] J. L. C. Garrido and S. K. H. Estrada, “La percepción de la calidad del servicio en Electricaribe SA bajo el modelo servqual en Barranquilla y su área metropolitana,” *Gerenc. Libr.*, vol. 6, 2020.
- [12] O. C. Silvera, M. V. Chamorro, and G. V. Ochoa, “Estudio y diagnóstico de la calidad de la energía de un campus universitario en la costa norte de Colombia,” *Av. Investig. En Ing.*, vol. 15, no. 1, pp. 271–285, 2018.