



UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE CIENFUEGOS
CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial.

Título: Revisión sistemática de la literatura
sobre modelos de pronósticos de demanda de
energía.

Autor:

Lázaro René Maranges Martínez

Tutor:

DrC. Michael Feitó Cespón

Cienfuegos, 2023

Resumen

En la actualidad, se han desarrollado varios modelos de pronóstico de demanda de energía que se pueden aplicar en diferentes sectores, pues se utilizan como herramientas de diagnóstico y análisis para predecir el consumo futuro de energía. En este sentido, la presente investigación propone realizar un estudio, mediante una revisión sistemática de la literatura desarrollada a través de la adaptación del procedimiento propuesto por Lacerda and von Wangenheim (2018), sobre el comportamiento de los principales elementos característicos de los modelos de pronóstico de demanda de energía en las publicaciones recolectadas de los últimos cinco años. El estudio comprende el análisis de 101 referencias (artículos de revistas especializadas), seleccionadas desde la base de datos multidisciplinaria "ScienceDirect", donde, no obstante a la poca disponibilidad de tiempo que presenta el autor para su desarrollo, se identifica un grupo de elementos característicos del material procesado, dígame: existencia de una leve tendencia al incremento en la producción de artículos en el período analizado, siendo el año 2022 el de mayor cantidad de documentos, existencia de poca colaboración entre los autores que han escrito sobre el tema, Energías renovables e Inteligencia artificial son las áreas donde se observa mayor cantidad de aplicaciones de los modelos de pronóstico de demanda de energía estudiados.

Palabras claves:

Revisión sistemática de la literatura, demanda de energía, modelos de pronóstico de demanda

Abstract

Currently, several energy demand forecasting models have been developed that can be applied in different sectors, as they are used as diagnostic and analysis tools to predict future energy consumption. In this sense, the present research proposes to conduct a study, through a systematic literature review developed using the procedure proposed by Lacerda and von Wangenheim (2018), on the behavior of the main characteristic elements of energy demand forecasting models in publications collected over the last five years. The study includes the analysis of 101 references (articles from specialized journals) selected from the multidisciplinary database "ScienceDirect." Despite the limited time available for the author's development, a group of characteristic elements of the processed material is identified, such as: a slight trend towards an increase in the production of articles in the analyzed period, with the year 2022 having the highest number of documents; little collaboration among the authors who have written on the topic; and renewable energies and artificial intelligence are the areas where the most applications of the studied energy demand forecasting models are observed.

Keywords:

Systematic review of the literature, energy demand, demand forecasting models.

Índice

Introducción	2
Desarrollo	5
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1 Generalidades sobre los modelos de pronóstico	5
1.1.2 Tipos de modelos de pronósticos:	6
1.2. Generalidades sobre las revisiones sistémicas de la literatura.....	11
1.2.1. Herramientas para realizar revisiones sistemáticas de la literatura.....	15
1.2.2 Tipos de revisiones de la literatura	17
CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DE LA LITERATURA SOBRE PRONÓSTICOS DE DEMANDA DE ENERGÍA.....	24
2.1 Caracterización del procedimiento de revisión de la literatura sobre modelos de pronóstico de Energía.....	24
Etapa 1: Definición del alcance de la investigación.....	24
Etapa 2: Obtención de los documentos para la revisión.....	26
Etapa 3: Análisis de los artículos y conformación de la revisión.....	27
2.2 Aplicación del procedimiento de revisión sistemática de la literatura sobre estudios de circularidad en la cadena de suministros.	28
Conclusiones Generales.....	51
Recomendaciones	52
Bibliografía.....	53
Anexos	63

INTRODUCCIÓN



Introducción

La demanda de energía eléctrica ha aumentado continuamente a lo largo de las últimas décadas tanto en los hogares como en la industria. Dicho incremento obedece al creciente nivel de vida de las sociedades por medio de los avances tecnológicos. A medida que la población mundial sigue creciendo, la demanda de energía también aumenta. Por lo que cada vez es mayor la utilización de electrodomésticos y dispositivos electrónicos entre los que se destacan los de computo y comunicación; como consecuencia se tiene una mayor demanda de energía y por consiguiente mayor producción de la misma.

La demanda de electricidad, junto con la oferta y la regulación, conforman las tres fuerzas fundamentales que gobiernan la evolución de los mercados de electricidad. Es bien sabido que el comportamiento de la demanda es el fruto de la interacción de un gran número de factores complejos que son propios de los mercados eléctricos (Franco Cardona, et al., 2008). La demanda es uno de los factores determinantes de los precios de la electricidad en los mercados eléctricos liberalizados, junto con las complejidades y el comportamiento del sistema de generación de electricidad y las reglas de mercado impuestas por la regulación. La evolución de la demanda está estrechamente relacionada con la evolución de los diferentes sectores económicos de la sociedad, los avances tecnológicos encaminados al uso más eficiente y racional de la energía y la estacionalidad del clima que puede variar los comportamientos típicos de estación a estación.

Frente a este panorama es innegable la necesidad de pronóstico de la demanda de energía eléctrica de la manera más acertada, estos, permiten a las empresas y gobiernos planificar y administrar mejor el suministro de energía, o si pudiera ser conveniente, la consideración de construcción de nuevas subestaciones o si, por el contrario, en el futuro existirá un exceso de capacidad frente a la demanda traducéndose en pérdidas económicas. Además, los modelos de pronóstico también pueden ayudar a reducir la escasez de suministro.

Estos pronósticos se utilizan para predecir la cantidad de energía que se necesitará en el futuro y para planificar la capacidad de generación necesaria para satisfacer esa demanda. Los pronósticos precisos son esenciales para garantizar que haya suficiente energía disponible para satisfacer las necesidades de los consumidores y evitar interrupciones en el suministro. Además, los pronósticos de demanda también son

necesarios para la planificación del uso de la energía renovable, permiten a los proveedores de energía ajustar su producción a las fluctuaciones en la demanda.

La predicción de la demanda es un insumo fundamental para los procesos decisivos operativos y estratégicos que realizan los agentes del mercado, pero resulta ser una tarea difícil debido a la cantidad y complejidad de los factores que influyen en su comportamiento. Desde un punto de vista institucional, la predicción de corto plazo es utilizada para planificar la operación del sistema, mientras que la predicción de largo plazo es usada habitualmente como un insumo en las decisiones de expansión en capacidad de generación y del sistema de distribución (Al-Saba & El-Amin, 1999).

Dada su importancia, no es sorprendente que se hayan dedicado muchos esfuerzos para comprender mejor cómo evoluciona la demanda, qué factores influyen en su comportamiento y en qué forma y qué modelos podrían ser más adecuados para estudiar su evolución histórica y para realizar predicciones. Entre los modelos más usados se encuentran:

- Regresión multivariada, cointegración (Beenstock et al., 1999; Michael Goldin & Nabot, 1999; Nasr, et al., 2003)
- Funciones de transferencia (Harris & Liu, 1993; Tserkezos, 1992) y
- Modelos ARIMA (Barrientos, et al., 2007; Murillo, et al., 2003)

Estos estudios han demostrado que, en general, la demanda depende principalmente de:

- la temperatura (Abdel-Aal et al., 1997; Harris & Liu, 1993; Mirasgedis, et al., 2006; Tserkezos, 1992)
- el tamaño de la población (Al-Saba & El-Amin, 1999; Egelioglu, et al., 2001),
- el crecimiento económico (ingreso per cápita o el producto interno bruto) (Nasr et al., 2000; Tserkezos, 1992) y
- el precio de la electricidad (Abdel-Aal & Al-Garni, 1997).

La predicción es hecha para diferentes escalas de tiempo según las necesidades particulares del agente; así, la predicción ha sido realizada para datos anuales (Ediger & Tatlıdil, 2002; Egelioglu, et al., 2001; Mohamed & Bodger, 2005), trimestrales (Beenstock et al., 1999; Tserkezos, 1992), mensuales (Abdel-Aal, et al., 1997; Benavente, et al., 2005; Franco Cardona, et al., 2008; Harris & Liu, 1993; Mirasgedis, et al., 2006; Saab, et al., 2001), diarios (Mirasgedis et al., 2006) e incluso para cada hora del día (Barrientos et al.,

2007; Murillo, et al., 2003). Es sabido que, para diferentes niveles de agregación temporal, una misma serie puede exhibir complejidades particulares que dificultan el desarrollo de un modelo; este es el caso general de las series de demanda que presentan, entre otras, fuertes patrones cíclicos de periodicidad anual, mensual, semanal, diaria y horaria, eventos atípicos como la presencia de días festivos, así como otras complejidades adicionales. En este sentido, Benavente, et al., (2005) desarrollaron un método de paneles dinámicos con datos mensuales y procesos de ajuste no instantáneos y estimaron la elasticidad demanda residencial-precio. Igualmente, algunos estudios han demostrado que la respuesta de la demanda ante variaciones en sus determinantes puede ser no lineal.

Debido a las complejidades relacionadas al pronóstico de demanda, el número de variables que intervienen, así como los avances en las teorías de la matemática aplicada, capacidad de cómputo entre otras se considera necesario y oportuno el estudio de la teoría y la práctica de esta problemática.

En la actualidad ha habido un desarrollo importante de nuevas herramientas de pronóstico, la profundización en la matemática difusa, modelos grises, y la aplicación de la inteligencia artificial, permiten a los investigadores construir modelos cada vez más certeros y robustos. Los avances recientes provocan cambios en el estado del arte por lo que se considera interesante un acercamiento actualizado en la temática, por lo que se aborda el problema de investigación siguiente:

¿Cuáles son las principales características y tendencias más actuales en la literatura científica de los pronósticos de demanda de energía en el mundo?

Con el propósito de dar respuesta a dicho problema de investigación, se define como **objetivo general**: realizar un estudio, mediante una revisión de la literatura de fuentes terciarias, sobre el comportamiento de los principales elementos característicos de los modelos de pronóstico de demanda de energía en las publicaciones recolectadas de los últimos cinco años. Para alcanzar el objetivo general antes expuesto se proponen **los objetivos específicos** siguientes:

1. Desarrollar un procedimiento para realizar la revisión de la literatura de fuentes terciarias relevantes, a partir del estudio de los elementos característicos de estas herramientas, identificados en el Marco Teórico-Referencial de la investigación.

2. Caracterizar el estado del arte los principales elementos característicos de los modelos de pronóstico de demanda de energía, a partir de la revisión de fuentes terciarias.

Esta investigación se considera de tipo descriptivo y es basada en métodos de nivel teórico y empíricos para su realización. Estos están compuestos por los apartados siguientes: analítico-sintético, con el objetivo de realizar una síntesis de la información obtenida después de haberla estudiado profundamente; e Inductivo/deductivo, el cual sirvió para realizar análisis e inferencias de la información obtenida permitiendo arribar a conclusiones en la investigación. Con este se tienen en cuenta qué aspectos se deben utilizar para el análisis de los modelos de pronóstico de demanda de energía presentes en los documentos propuestos.

Dentro de los métodos de nivel empírico se tienen el análisis documental, el cual se basa fundamentalmente en la recopilación de información a partir de diversas fuentes, por lo cual se utilizó para revisar fuentes documentales referentes a los modelos de pronóstico de demanda de energía y a las revisiones sistemáticas de la literatura, facilitando una mejor comprensión de sus características principales, formas, y métodos de aplicación. También, dentro de estos métodos, se encuentran las herramientas aplicadas en el estudio (la hoja de cálculo Excel, software Vosviewer y el gestor bibliográfico EndNote), las cuales ayudaron a procesar, visualizar y examinar toda la información extraída del material bibliográfico.

El presente Trabajo de diploma está compuesto por dos capítulos. En el primer capítulo se resumen los hallazgos principales de la construcción del Marco Teórico-Referencial, incluyendo los aspectos más relevantes acerca de los modelos de pronóstico de demanda de energía y las revisiones sistemáticas de la literatura; y en el segundo, se le da solución al problema científico planteado. Además, se incluye un grupo de conclusiones y recomendaciones que resaltan los resultados principales obtenidos en la investigación, así como aquellos aspectos que el autor considera deben ser extendidos como parte de la continuidad científica de la investigación. Finalmente se expone la bibliografía consultada y un grupo de anexos de necesaria inclusión para fundamentar, destacar y facilitar la comprensión de los aspectos de mayor complejidad tratados en el cuerpo del documento.

DESARROLLO



Desarrollo

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

El presente capítulo es el resultado del análisis de diferentes fuentes bibliográficas con el fin de profundizar y ordenar los aspectos conceptuales y conocer los diferentes criterios y valoraciones acerca del contenido de investigación, fundamentalmente todo lo referido a los modelos de pronóstico de demanda de energía y a las revisiones sistemáticas de la literatura. Dirigido a facilitar la elaboración y comprensión de la presente investigación; en la figura 1.1 se muestra la secuencia seguida para la elaboración del Marco Teórico.

Figura 1.1. Hilo conductor del Marco Teórico Referencial.



Referencial del presente estudio.

1.1 Generalidades sobre los modelos de pronóstico

Los modelos de pronósticos son modelos estadísticos para pronosticar el futuro, estos sirven para detectar situaciones futuras y hacer proyecciones con base en la información analizada. Estos modelos se pueden usar con diferentes propósitos, en diferentes ciencias y con distintas técnicas.

Los pronósticos son herramientas para tomar decisiones altamente productivas de acuerdo a la previsión del futuro. Su propósito es tener mayor control de la planificación. Estos sirven para prepararse en los momentos cruciales que se proyectan. Por ejemplo, para la formulación de proyectos se utilizan modelos de pronósticos para hacer estudios de factibilidad de los proyectos. También para hacer la proyección del mercado y la participación en el mismo. Los modelos de pronósticos se han desarrollado para factores ambientales como el estado del clima y también para la economía (Rendón et al., 2021).

Un modelo de pronóstico puede ser la combinación de varios pronósticos y variables para hacer proyecciones más acertadas. Para esto es necesario identificar el método más adecuado para los objetivos. En general el propósito es programarse adecuadamente para satisfacer todos los requerimientos del futuro; sirven para diseñar los procesos según la capacidad instalada y finalmente brindar una buena experiencia de usuario (Juan Manuel, 2007).

1.1.2 Tipos de modelos de pronósticos:

Los recursos o el tipo de información disponible, pueden sugerir la aplicación de diferentes modelos de pronósticos. Según el tipo de información, hay dos tipos de modelos de pronósticos y de estos surgen varias técnicas aplicables. Estos son: Los modelos cuantitativos y modelos cualitativos (Montemayor Gallegos, 2013).

Los modelos de pronósticos agrupan una gran variedad de métodos e información para pronosticar. Los más efectivos suelen ser la combinación de varios métodos. El uso correcto de un modelo de pronóstico depende de la información disponible y su variación en el tiempo (Villarreal, 2016).

Modelos objetivos o cuantitativos:

Los métodos cuantitativos abarcan el estudio de variables dependientes o que tienen efectos sobre otras variables. Para utilizar modelos cuantitativos es necesario aplicar cálculos matemáticos con los factores más importantes del estudio.

- Análisis cíclicos y de series de tiempo (Ríos, 2008).
- Modelos de regresión (Bouza, 2018).
- Promedios móviles (D'Óro et al., 2007).
- Modelos econométricos (Rubinstein, 2006).
- Suavización exponencial (Villarreal, 2016).
- Modelos de simulación (Belda & Grande, 2009).

- Métodos de descomposición (Meddahi & Sayas, 1995).

Modelos subjetivos o cualitativos.

Los métodos cualitativos pueden ser difíciles de explicar numéricamente y se enfocan en el estudio de características. Estos pronósticos pueden componerse de las opiniones o el consenso de ideas de expertos. Por lo tanto, los datos se procesan de una manera específica bajo premisas.

- Panel de expertos o método Delphi (López Gómez, 2018).
- Analogía histórica o de estudios anteriores (Paredes et al., 2018).
- Encuestas de satisfacción (Casas Anguita et al., 2003).
- Investigación de mercados (Rodríguez, et al., 2021).
- Evaluación de clientes (Medina-Merodio, et al., 2014).

En general, los pronósticos se basan en datos históricos de las variables que tienen mayor impacto sobre una actividad. Es necesario identificar las relaciones entre las variables para visualizar la proyección futura de la variable deseada (Makridakis et al., 1984).

Para obtener información sobre las condiciones futuras de un mercado se pueden emplear varios modelos. Los modelos deben centrarse en el análisis de las variables más importantes para comprobar la hipótesis de su comportamiento.

Definiciones y conceptos sobre la demanda de energía según distintos autores:

1. Según Häfele (2005), la demanda de energía se refiere a la cantidad de energía requerida por los usuarios finales (como hogares, industrias, transporte, etc.) para satisfacer sus necesidades energéticas. La demanda de energía puede variar según factores como el crecimiento económico, la población, el clima y las políticas energéticas.
2. Según el informe de la Agencia Internacional de Energía Renovable (International Renewable Energy Agency, IRENA (2020) la demanda de energía se define como la cantidad de energía requerida por los usuarios finales para realizar actividades específicas, como iluminación, calefacción, transporte, etc. La demanda de energía puede ser satisfecha por diferentes fuentes de energía, incluidas las energías renovables.
3. Según Barragán-Escandón, et al., (2019), la demanda de energía se refiere a la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades de los usuarios finales y los servicios energéticos. La demanda de energía puede estar influenciada por factores

como el nivel de vida, la tecnología, las políticas energéticas y los comportamientos de los usuarios.

Conceptos y definiciones de los pronósticos de demanda según distintos autores:

1. Según Chase et al. (2009), los pronósticos de demanda son "estimaciones cuantitativas de la demanda futura de un producto o servicio".
2. Para Wheelwright (1997), los pronósticos de demanda son "predicciones de la cantidad de un producto o servicio que los clientes comprarán en el futuro".
3. Kotler and Keller (2012), definen los pronósticos de demanda como "estimaciones de la cantidad de un producto o servicio que los clientes comprarán en un período de tiempo determinado, basadas en una evaluación sistemática de los factores que afectan la demanda".
4. En el libro *"Forecasting: Methods and Applications"* de Makridakis et al. (1984), los pronósticos de demanda se definen como "estimaciones de la cantidad de un producto o servicio que se venderá en un momento y lugar determinados, basadas en un análisis sistemático de los datos históricos y los factores que afectan la demanda".

Aunque existen diferentes definiciones y enfoques para los pronósticos de demanda, todos comparten el objetivo común de predecir la demanda futura de un producto o servicio. La elección del enfoque y método de pronóstico dependerá de la disponibilidad de datos, la naturaleza del producto o servicio, y otros factores específicos de la situación.

El pronóstico de la demanda de energía es un proceso mediante el cual se estima la cantidad de energía que será requerida en el futuro en un determinado período de tiempo (Grimaldo Guerrero, et al., 2017). Este pronóstico se basa en análisis de datos históricos de consumo de energía, así como en otros factores que pueden influir en la demanda, como el crecimiento económico, cambios demográficos, políticas energéticas, avances tecnológicos y condiciones climáticas.

Existen diferentes métodos y técnicas para realizar el pronóstico de la demanda de energía, que van desde modelos estadísticos y análisis de tendencias hasta modelos de aprendizaje automático e inteligencia artificial. Estos métodos permiten analizar y predecir patrones y tendencias en el consumo de energía, lo que ayuda a los planificadores y

gestores energéticos a tomar decisiones estratégicas y optimizar la producción y distribución de energía (Arana, 2021).

Características del pronóstico de demanda de energía son las siguientes:

1. Basado en datos históricos: El pronóstico de demanda de energía se fundamenta en el análisis de datos históricos de consumo de energía (RUEDA et al., 2011). Estos datos proporcionan información sobre el consumo pasado de energía por sector, región geográfica, tipo de energía, entre otros.
2. Considera factores externos: Además de los datos históricos, toma en cuenta otros factores externos que pueden influir en la demanda futura, como el crecimiento económico, cambios demográficos, políticas energéticas, avances tecnológicos y condiciones climáticas (Ariza Ramírez, 2013).
3. Utiliza modelos y técnicas estadísticas: Para realizar el pronóstico, se emplean modelos y técnicas estadísticas que permiten analizar y predecir patrones y tendencias en el consumo de energía (Makridakis, et al., 1984). Estos modelos pueden incluir análisis de tendencias, análisis de series temporales, regresión y modelos de aprendizaje automático.
4. Permite la toma de decisiones informadas: Proporciona información clave para la toma de decisiones en la planificación y gestión de la producción y distribución de energía (Paredes, et al., 2018). Permite a los planificadores y gestores energéticos tomar decisiones informadas sobre la inversión en infraestructuras y tecnologías de energía, así como optimizar la producción y distribución de energía.
5. Puede ser revisado y actualizado: No es un proceso estático, sino que puede ser revisado y actualizado a medida que se disponga de nuevos datos o cambios en los factores externos (Makridakis et al., 1984). Esto permite ajustar y mejorar la precisión del pronóstico a medida que se obtiene información actualizada.

Tipos de modelos de pronóstico de demanda de energía

Existen diferentes tipos de modelos de pronóstico de demanda de energía que se utilizan para predecir el consumo futuro de energía. Algunos de los modelos más comunes incluyen:

1. Modelos de tendencia: Estos modelos se basan en la suposición de que la demanda de energía seguirá una tendencia constante en el tiempo. Se utilizan técnicas estadísticas

como el análisis de regresión lineal para identificar y proyectar la tendencia de consumo de energía a lo largo del tiempo (Murillo et al., 2003).

2. Modelos de series temporales: Estos modelos se basan en el análisis de patrones y tendencias en los datos históricos de consumo de energía. Utilizan técnicas como el análisis de autocorrelación y modelos ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) para predecir la demanda futura de energía en función de los patrones observados en el pasado (Ríos, 2008).

3. Modelos de regresión: Estos modelos utilizan variables independientes, como el crecimiento económico, el tamaño de la población y las políticas energéticas, para predecir la demanda de energía. Se basan en el análisis de la relación entre estas variables y el consumo de energía, utilizando técnicas de regresión lineal o regresión múltiple (Bouza, 2018).

4. Modelos de aprendizaje automático: Estos modelos utilizan algoritmos de aprendizaje automático para analizar grandes conjuntos de datos y encontrar patrones complejos en el consumo de energía. Algunas técnicas utilizadas incluyen redes neuronales, árboles de decisión y máquinas de vectores de soporte. Estos modelos tienen la capacidad de adaptarse y mejorar a medida que se disponga de más datos (Arana, 2021).

La elección del modelo de pronóstico depende de varios factores, como la disponibilidad de datos, la precisión requerida y la complejidad del sistema energético en estudio.

Procedimiento para desarrollar modelos de pronóstico de demanda de energía

El desarrollo de modelos de pronóstico de demanda de energía implica una serie de procedimientos que pueden variar según el enfoque y la metodología utilizada. A continuación, se presentan algunos pasos generales que se pueden seguir:

1. Recopilación de datos: El primer paso es recopilar datos históricos relevantes sobre la demanda de energía, como el consumo de energía en períodos anteriores, factores económicos, demográficos y climáticos, entre otros. Estos datos deben ser confiables y representativos de la región o sector específico que se está estudiando (Ariza Ramírez, 2013).

2. Análisis exploratorio de datos: Antes de desarrollar el modelo de pronóstico, es importante realizar un análisis exploratorio de los datos recopilados. Esto implica

examinar las tendencias, patrones estacionales y cualquier otra característica relevante de los datos históricos. El análisis exploratorio puede incluir técnicas como gráficos, descomposición de series temporales y pruebas estadísticas (Muñoz et al., 2014).

3. Selección del modelo: Una vez que se ha realizado el análisis exploratorio de datos, se debe seleccionar el modelo de pronóstico más adecuado para el caso específico. Esto puede implicar la elección entre modelos de tendencia, modelos de series temporales, modelos de regresión u otros enfoques más avanzados como modelos de aprendizaje automático. La elección del modelo dependerá de la disponibilidad de datos, la precisión requerida y la complejidad del sistema energético en estudio (Rendón, et al., 2021).

4. Desarrollo del modelo: Una vez seleccionado el modelo, se procede a desarrollarlo. Esto implica ajustar los parámetros del modelo utilizando técnicas estadísticas y algoritmos adecuados. En el caso de los modelos de series temporales, se pueden utilizar métodos como ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) o modelos de suavizamiento exponencial. Para modelos de regresión, se pueden aplicar técnicas como regresión lineal o regresión múltiple (Villarreal, 2016).

5. Validación del modelo: Una vez desarrollado el modelo, es importante evaluar su rendimiento y precisión. Esto implica comparar las predicciones del modelo con los datos reales y realizar pruebas estadísticas para evaluar la calidad del ajuste. Se pueden utilizar métricas como el error medio absoluto (MAE), el error cuadrático medio (MSE) o el coeficiente de determinación (R^2) para evaluar la precisión del modelo (Makridakis, et al., 1984).

6. Actualización y mejora del modelo: Los modelos de pronóstico de demanda de energía no son estáticos y se pueden actualizar y mejorar a medida que se disponga de nuevos datos o cambios en los factores externos. Es importante revisar y actualizar regularmente el modelo para mejorar su precisión y confiabilidad a lo largo del tiempo (Wheelwright, 1997).

Estos procedimientos son generales y pueden variar según el contexto y los requisitos específicos del pronóstico de demanda de energía.

1.2. Generalidades sobre las revisiones sistémicas de la literatura

Para cumplir con el objetivo general de la investigación es importante conocer las características de los estudios de fuentes documentales. Las revisiones sistemáticas de la literatura (SLR, por sus siglas en inglés) surgen en el ámbito de la salud

(Berra, 2020; Codina, 2018; García-Peñalvo, 2017; Petersen, et al., 2008). Se conoce que la realización de una revisión sistémica constituye la tarea inicial de un proceso investigativo (Moher et al., 2015), que permite obtener conocimiento científico mediante información relevante, de estudios o experimentos realizados que contengan la información necesaria sobre una pregunta de investigación y tema específico (Grijalva et al., 2019). Cabe destacar que las SLR no están restringidas al campo de la salud. Hay muchos investigadores y organizaciones involucrados en su creación en otros campos del conocimiento. Campbell Collaboration es una iniciativa hermana de la Cochrane Collaboration que se ocupa de SLR en ciencias sociales (Petticrew & Roberts, 2008). En ingeniería del software existe una comunidad fuerte que trabaja con SLR e intenta estandarizarlas y difundir sus técnicas y resultados en el área de conocimiento (Kitchenham, 2004; Kitchenham et al., 2009; Kitchenham & Charters, 2007) referenciado en (García-Peñalvo, 2017); por su parte Gelvis-Salamanca et al. (2021), comenta que, en la administración, tiene como fin comprender las teorías, conceptos, métodos e instrumentos de una temática en particular. Además, tiene repercusiones a nivel metodológico, ya que permite ver de qué manera otros autores o autoras han definido y operativizado las variables objeto de estudio, contribuye al desarrollo de hipótesis, permite identificar limitaciones metodológicas, resultados contrapuestos, etc. (Arnau-Sabatés, 2020).

En comparación con las revisiones de literatura comunes en cualquier proyecto de investigación, una SLR tiene varios beneficios: una metodología bien definida reduce el sesgo, una gama más amplia de situaciones y contextos puede permitir conclusiones más generales, y el uso de meta-análisis estadístico puede detectar más que estudios individuales, de forma aislada (Kitchenham & Charters, 2007). Según Gough, et al., (2012), referenciado en De León-Casillas, et al., (2020), una SLR es esencialmente una revisión de la literatura y por tanto, sus tres actividades fundamentales son:

- Identificación y búsqueda de artículos científicos sobre un tópico.
- Evaluación de la calidad de la evidencia de estos artículos científicos.
- La síntesis de los hallazgos de estos artículos científicos.

En la literatura hay mucho énfasis en saber diferenciar entre revisiones sistemáticas o sistematizadas. Para ello (García-Peñalvo, 2017; Grijalva et al., 2019) exponen, que la diferencia de denominaciones (sistemáticas versus sistematizadas) se debe a que el

protocolo que quedó fijado en las ciencias de la salud utiliza exclusivamente métodos estadísticos de resultados de investigaciones cuantitativas o meta-análisis, y cuando se traslada este protocolo a otros campos distintos de la salud o que no usan análisis estadístico, se podría emplear el término sistematizadas. En una de las aproximaciones más utilizadas, se considera que las revisiones sistematizadas constan de, al menos, cuatro fases. Cabe decir que, en algunas propuestas estas fases pueden desagregarse, y producir así un número mayor, pero el núcleo siempre está formado por las cuatro que se señalan a continuación (Grant & Booth, 2009), referenciado en Codina (2018): búsqueda, evaluación, análisis y síntesis.

Codina (2015), es del criterio que las SLR presentan dimensiones específicas, dígase: sistemática, completa, explícita y reproducible; en cuanto a las sistemáticas, significa que no es arbitraria, ni sesgada ni subjetiva, sino que, por el contrario, se ha examinado la mejor producción científica disponible utilizando las mejores fuentes de información. Por completa, se entiende que se han usado sistemas de información de los que se presume que facilitan el acceso al grueso de la producción de calidad de una disciplina a nivel internacional; y que no se ha descartado ni se ha incluido nada sin seguir otros criterios que los que se han hecho explícitos. Explícita, implica que se dan a conocer tanto las fuentes utilizadas como los criterios de búsqueda y de selección y exclusión. Reproducible al ser sistemática y explícita. Se permite que otros investigadores comprueben el trabajo y, si lo desean, seguir los pasos y contrastar los resultados obtenidos para determinar su exactitud o su grado de acierto.

Para la realización de una revisión sistemática, los investigadores siguen una metodología y protocolo previamente establecido, que limitan el sesgo y el error aleatorio como la búsqueda sistemática y exhaustiva de todos los artículos potenciales relevantes, la selección mediante criterios explícitos y reproducibles, de los artículos que serán incluidos finalmente en la revisión, la descripción del diseño y la ejecución de los estudios originales, la síntesis de los datos obtenidos y la interpretación de los resultados (González, et al., 2011; Grijalva, et al., 2019); así mismo presentan una serie de limitaciones, como la falta de coincidencia entre los términos utilizados entre autores y los interesados en la información, la poca existencia de herramientas automatizadas que permitan realizar el proceso para una revisión sistemática, o herramientas sesgadas a una base de datos o tipo de información en particular, haciendo casi imposible la revisión de todos los artículos que respondan al tema de investigación (Grijalva et al., 2019).

El desarrollo de la búsqueda sistemática, en primer lugar, supone la definición de los criterios de elegibilidad de los artículos, de tal forma que se explique la estrategia de búsqueda que se ejecutará y dónde se llevará a cabo dicha búsqueda (Moreno, et al., 2018). Los artículos de revisión sistemática de literatura; son una forma de estudio secundario que usa una metodología bien definida para identificar, analizar e interpretar todas las evidencias relacionadas con una pregunta de investigación específica de una forma que es imparcial y repetible (Kitchenham et al., 2009; Manikas & Hansen, 2013).

Según Page, et al., (2021), para la correcta elaboración de un artículo dentro de la categoría de revisión sistemática, se debe consultar la guía de artículos de divulgación preferidos para las revisiones y los meta-análisis sistemáticos (PRISMA), esta declaración, incluye información que resulta esencial para escribir, interpretar y utilizar adecuadamente los resultados en una revisión sistemática y supone un conjunto de directrices para presentar los manuscritos de las revisiones este protocolo está formado por 27 ítems de comprobación e incluye también, siete cuadros que describen aspectos clave de la metodología.

Según Kitchenham and Charters (2007), los artículos de revisión sistemática presentan las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- Una metodología bien definida hace que sea menos probable que los resultados de la literatura estén sesgados, aunque no protege contra el sesgo de publicación en los estudios primarios.
- Pueden proporcionar información sobre los efectos de un fenómeno a través de una amplia gama de configuraciones y métodos empíricos.
- Si los estudios dan resultados consistentes, las revisiones sistemáticas proporcionan evidencia de que el fenómeno es robusto y transferible.
- Si los estudios dan resultados inconsistentes, se puede estudiar fuentes de variación.
- En el caso de los estudios cuantitativos es posible combinar los datos utilizando técnicas de meta-análisis. Esto aumenta la probabilidad de detectar efectos reales que los estudios más pequeños individuales son incapaces.

Desventajas

- Requiere un esfuerzo mucho mayor que una revisión tradicional de bibliografía.

- Lo mejor que puede decirse de las revisiones sistemáticas es que solucionan el déficit de rigor de las aproximaciones tradicionales mediante una cuádruple aportación (Codina, 2018).
- En primer lugar, establecen de forma clara las fases de trabajo. De este modo, los aspectos sobre los que es necesario que el autor ponga su atención crítica, no pasan desapercibidos, o no sucede que en algunos casos se hayan tomado en cuenta y en otros, no.
- En segundo lugar, para cada fase, prevén (y proveen) algún método o procedimiento específico para su resolución, en lugar de dejarlo a la intuición o la capacidad de improvisación.
- En tercer lugar, disponer de fases y de procedimientos, asegura la sistematicidad, que es una de las señales más potentes de un buen trabajo académico.
- En cuarto lugar, promueven la transparencia. Al disponer de los elementos, anteriores, el autor puede registrar los pasos seguidos y ofrecer la información correspondiente o ponerla a disposición de otros investigadores interesados.

Los diversos autores que han tratado el tema de las revisiones sistémicas de la literatura, las han definido desde un punto de vista muy particular, aunque con ciertas similitudes; en el anexo 1, se muestran algunos claros ejemplos encontrados en la literatura estudiada sobre el tema en cuestión. El autor de la presente investigación se inclina por el concepto expuesto por Manterola, et al., (2013); puesto que es el más abarcador y resume en pocas palabras la opinión de los demás autores analizados; también expone claramente la esencia de una revisión sistemática de la literatura desde su base, la división cualitativa y cuantitativa, y concluyendo con la característica fundamental de estas revisiones: su propósito, este consiste, en contestar a una pregunta de investigación mediante un proceso sistemático y explícito.

1.2.1. Herramientas para realizar revisiones sistemáticas de la literatura

La inclusión de herramientas que permitan la realización de revisiones sistemáticas provee un medio efectivo para la identificación y evaluación de la literatura e investigaciones existente en un dominio específico. Esta actividad es considerada como el primer paso a llevar a cabo en la obtención de conocimiento, entendimiento y delimitación de un tema de investigación científico (de Almeida Biolchini, et al., 2007). Varios análisis se han desarrollado sobre los protocolos o actividades que se realizan durante las revisiones sistemáticas y proponen nuevos pasos o actividades para llevar a cabo este

protocolo, sin embargo, y a pesar de sentar las bases para el establecimiento del protocolo de la revisión sistemática, hasta el momento existen pocas herramientas, que de manera eficiente soporten totalmente la automatización de las actividades de una revisión sistemática (Grijalva, et al., 2019).

La mayor parte de estas herramientas son un apoyo a las actividades del investigador en relación a la elaboración de citas bibliográficas, administración de estudios encontrados y en la interacción con algunas bibliotecas digitales, como son las herramientas “Mendeley”, “RefWorks”, “JabRef”, “EndNote”, “Zotero” y otro grupo de herramientas destinadas a la realización de meta-análisis como es el caso de “MAVIS”, “MetAnalysis” o “ClinTools” (Boretto, 2012) .

En el anexo 2, se detallan las principales características de las herramientas analizadas para el uso de los investigadores en el proceso de revisión, entre las cuales por ejemplo “Mendeley” tiene disponible el “plugin webimporter” que permite agregar la funcionalidad de descargas de la aplicación a los distintos navegadores “web”, en esta herramienta el investigador dedica un considerable tiempo a la búsqueda de artículos. Con “RefWorks” el investigador debe tener los artículos o estudios digitales en su computadora e importarlos a la aplicación que se mueve sobre la plataforma “web”. Mientras que “JabRef” permite aplicar hasta 6000 estilos de citas bibliográficas, siendo su función principal la de almacenar, gestionar y buscar referencias bibliográficas en una librería personal de referencias (Grijalva, et al., 2019). Una de las opciones de “Zotero” es que permite importar automáticamente información de citas de varias fuentes, incluidos sitios web sin suscripción, periódicos y comerciales, y bases de datos basadas en la “web” como “PubMed” y “MedlinePlus” (Trinoskey, et al., 2009).

Por otra parte “EndNote” tiene varias ventajas, una de las principales ventajas es su capacidad para manejar grandes volúmenes de referencias bibliográficas de manera eficiente; ofrece una amplia gama de estilos de citación y formatos de bibliografía, lo que lo hace ideal para investigadores que necesitan adaptarse a diferentes requisitos de publicación. También cuenta con una función de búsqueda integrada que permite acceder a bases de datos bibliográficas y recuperar referencias de forma rápida y sencilla. Por último, “EndNote” tiene una mayor integración con otros programas de software como Microsoft Word, lo que facilita la inserción de citas y la creación de bibliografías en documentos académicos. Estas características lo hacen una herramienta sólida y

confiable para la gestión de referencias bibliográficas en el ámbito científico y académico (Gotschall, 2021).

Para la realización de análisis de metadatos se destaca “VOSviewer” es una herramienta de software para construir y visualizar redes bibliométricas. Estas redes pueden incluir, por ejemplo, revistas, investigadores o publicaciones individuales, y pueden construirse sobre la base de la citación, el acoplamiento bibliográfico, la cocitación o las relaciones de coautoría. Algunas características y usos de “VOSviewer” según van Eck and Waltman (2010) incluyen:

- Construcción de redes bibliométricas: Permite construir redes bibliométricas basadas en datos de Web of Science, Scopus, Dimensions, PubMed, RIS, o Crossref JSON.
- Visualización y exploración de mapas: Proporciona tres visualizaciones de un mapa: la visualización de la red, la visualización de la superposición, y la densidad visualización. Además, ofrece la función de zoom y desplazamiento para explorar mapas con detalles completos.
- Minería de textos: Ofrece funcionalidad para construir y visualizar redes de coocurrencia de términos importantes extraídos de un cuerpo de literatura científica.
- Análisis bibliométrico: Es útil para analizar y visualizar la literatura científica a través de redes bibliométricas, y puede utilizarse para identificar vacíos de conocimiento y establecer relaciones entre diferentes temáticas en la investigación.

“VOSviewer” ha sido desarrollado en el lenguaje de programación Java y es independiente de la plataforma, lo que significa que funciona en la mayoría de las plataformas de hardware y sistemas operativos. Además, existe una versión web llamada “VOSviewer Online” que se integra en la plataforma “Dimensions de Digital Science”, lo que facilita la creación de visualizaciones interactivas y su incorporación en plataformas en línea (León, et al., 2023).

1.2.2 Tipos de revisiones de la literatura

Las SLR no son el único tipo de revisiones de la literatura pues existen varias formas de realizar estos estudios; para conocer más acerca de estas, se expondrán detalles sobre sus características distintivas y que las hace tan diferentes.

La mayoría de las investigaciones comienzan con una revisión de la literatura de algún tipo. Sin embargo, a menos que una revisión de la literatura sea exhaustiva y justa, tiene poco valor científico (Kitchenham & Charters, 2007). Este gran interés por las revisiones de temas permite a los investigadores ahorrar el tiempo que el lector necesitaría para hacer una elaboración similar. Es importante distinguir las revisiones sistemáticas entre otros formatos de revisiones (Berra, 2020). Hay, por tanto, diversos tipos de revisiones de literatura, que incluyen desde aquellas que se caracterizan por un enfoque más general para encontrar los estudios más notables de un campo, pero con poco énfasis en la evaluación de su calidad (revisiones de ámbito) hasta las que siguen un protocolo exhaustivo, en el que el control de la calidad está muy presente y concluyen con una síntesis y un análisis de alta complejidad (revisión sistemática de referencia); entre estos extremos hay muchas variantes con diferencias en las etapas de búsqueda, evaluación, síntesis y análisis de las fuentes primarias (García-Peñalvo, 2022).

Han ocurrido varios intentos de realizar una taxonomía de las revisiones de literatura. En la presente investigación se hace referencia a los estudios realizados por de (Guirao Goris, 2015; Marcos-Pablos & García-Peñalvo, 2022), donde se destacan una serie de autores que ejercieron su opinión sobre el tema en cuestión. Guirao Goris (2015) resalta los criterios de (Cronin et al., 2008; Grant & Booth, 2009; Whitemore, et al., 2014); por su parte (Marcos-Pablos & García-Peñalvo, 2022) menciona en su estudio a grandes autores, como son Paré, Booth, Sutton y Papaioannou; además, la investigación realizada por Whitemore, et al. (2014) repite en este estudio. En el anexo 3 se muestra un resumen de los estudios realizados por estos autores; aquí se destacan algunas que son muy conocidas y aplicadas desde diferentes perspectivas, aunque manteniendo su esencia, y otras que pasan desapercibidas por muchos investigadores a pesar de tener un campo de estudio bien definido.

Se puede observar a través de este análisis que las revisiones más utilizadas y por ende, las más reconocidas no son más que las revisiones sistemáticas de la literatura (sistemáticas y sistematizadas), el meta-análisis y la revisiones narrativas; esto se debe a sus características distintivas y a su ventajas de aplicación; por lo cual, queda demostrado que no es ni necesario, ni conveniente que todas las revisiones sean sistemáticas, en cambio, es a la vez necesario y conveniente que todas las revisiones se conduzcan aplicando criterios sistematizadores y de calidad (Codina, 2018).

A continuación, se realizará un breve resumen de cada uno de estos tipos de revisiones; antes por su importancia, se diferenciará por entre las revisiones de literatura sistemáticas y no sistemáticas, estas últimas frecuentemente conocidas como revisiones narrativas, tradicionales o convencionales (Greenhalgh, 2019).

Revisiones sistemáticas: (Fernandez-Chinguel, et al., 2019; Franco, et al., 2018; García-Peñalvo, 2021; James, et al., 2021) consideran que para que una revisión se pueda clasificar como sistemática debe tener claridad y validez interna, además de ser auditable. La claridad implica una estructura que sea fácil de navegar e interpretar y una metodología que sea fácil de juzgar. La validez interna debe proteger el trabajo de revisión contra los sesgos en la selección de los trabajos primarios, primando la relevancia y el rigor. Finalmente, la revisión debe ser auditable para garantizar la transparencia del proceso de revisión, para tener la seguridad de que las conclusiones se basan en los datos primarios y no se han fabricado los argumentos para sustentar una hipótesis formulada de antemano al proceso de revisión, además de permitir que el proceso de revisión pudiera ser reproducido por otros investigadores.

Revisiones narrativas: la revisión de literatura o revisión narrativa es un término genérico para hacer referencia a un examen de la literatura reciente o actual, que puede abarcar una amplia gama de temas con distintos niveles de exhaustividad y amplitud. Suele utilizar una estrategia de búsqueda selectiva o por oportunidad, sin que se utilicen unos criterios explícitos de selección ni de aseguramiento de la calidad de las fuentes primarias. Para sintetizar y analizar los resultados se utiliza un enfoque narrativo (Berra, 2020; Franco, et al., 2018; Green, et al., 2006; Guirao Goris, 2015; Salinas, 2020; Zillmer & Díaz-Medina, 2018).

Los otros tipos de revisiones antes mencionados son:

Revisiones agregativas: con especial atención a la síntesis de las fuentes primarias se distingue entre revisiones agregativas e interpretativas/configurativas. Las revisiones que recogen datos empíricos para describir y probar conceptos predefinidos presentan una lógica agregativa porque tanto las fuentes primarias como la revisión agregan observaciones empíricas y hacen afirmaciones empíricamente contrastadas sobre un conjunto de posiciones conceptuales predefinidas. Además, las revisiones agregativas tienden a combinar formas de datos similares, por lo que interesa la homogeneidad de los estudios. Por su parte, las revisiones que tratan de interpretar y comprender el mundo

organizan o configuran la información y desarrollan los conceptos, siendo más exploratorias. Por más que la metodología básica se determine de antemano, los métodos específicos se adaptan o se seleccionan de forma iterativa a medida que avanza la investigación. A diferencia de las agregativas, las revisiones interpretativas se orientan más al descubrimiento de patrones derivados de una heterogeneidad (García-Peñalvo, 2017; Gough, et al., 2012)

Revisiones integrativas: Whittemore and Knafl (2005), incluyen tanto la investigación experimental como la no experimental con el fin de comprender más profundamente un fenómeno de interés. Las revisiones integrativas combinan datos de la literatura teórica y empírica, siendo habitual varias estrategias de búsqueda para llegar a ambos tipos de fuentes. Los trabajos primarios se pueden codificar en función de su calidad, pero no necesariamente se excluyen. El análisis combina aspectos creativos con el análisis crítico de los datos.

La revisión de mapeo de literatura, traza y categoriza la literatura existente a partir de la cual encargar nuevas revisiones y/o investigaciones primarias, identificando las lagunas en la literatura de investigación. Responde a unas preguntas planteadas con ámbito amplio para obtener una muestra representativa del campo de investigación de fuentes primarias. La selección de las fuentes se hace siguiendo unos criterios explícitos y no suele haber una evaluación de la calidad de las fuentes seleccionadas. La síntesis se suele basar en gráficos y tablas, mientras que el análisis puede ser creativo, centrarse en un análisis crítico de los datos, realizar comparaciones o identificar patrones o temas importantes. Aunque las revisiones de mapeo de literatura son un tipo específico de revisión, el enfoque de mapeo se puede utilizar para presentar las características del conjunto de datos que ha resultado del proceso propio de cualquier otro tipo de revisión sistemática de literatura (García-Peñalvo, 2021; Grant & Booth, 2009).

La revisión panorámica, es un término genérico que aborda el resumen de la literatura seleccionada para hacer un estudio de esta y describir sus características. Puede incorporar o no aspectos sistemáticos en la búsqueda y la síntesis. El análisis puede presentarse en un formato cronológico, conceptual, temático, etc. ((Ad et al., 1994; García-Peñalvo, 2021; Guirao Goris, 2015; Verdejo, et al., 2021).

La revisión rápida, se utiliza para evaluar lo que ya se sabe sobre una cuestión política o práctica, utilizando métodos de revisión sistemática para buscar y evaluar críticamente la investigación existente (Burton, et al., 2007; García-Peñalvo, 2022).

La revisión de alcance, es una evaluación preliminar del tamaño y el alcance potencial de la literatura de investigación disponible. Tiene como objetivo identificar la naturaleza y el alcance de las pruebas de investigación (normalmente incluye la investigación en curso). Tiene un enfoque amplio, pero con un objetivo comprensivo. Se aplican criterios explícitos de selección, pero no es esencial aplicar criterios de calidad (Daudt et al., 2013; Marcos-Pablos & García-Peñalvo, 2022; Veteska, et al., 2022)

La revisión del estado de la cuestión, intenta abordar asuntos más actuales en contraste y combinación con otros enfoques retrospectivos. Puede ofrecer nuevas perspectivas sobre el tema o señalar un área para seguir investigando. Aplica una búsqueda exhaustiva de la literatura, sin hacer una evaluación de las fuentes obtenidas. Suele combinar técnicas narrativas y tabulares para presentar el estado actual del conocimiento, así como las tendencias y limitaciones del campo de la investigación. Un ejemplo de este tipo de revisiones podría ser (Grant & Booth, 2009; Guirao Goris, 2015; Gyongyosi & Imre, 2019).

La revisión descriptiva, busca determinar el grado en que un conjunto de estudios empíricos en un área de investigación específica revela patrones o tendencias interpretables con respecto a proposiciones, teorías, metodologías o hallazgos preexistentes (King & He, 2005). Suele emplear métodos de búsqueda estructurada para formar una muestra representativa de un grupo más amplio de trabajos relacionados con el área de investigación. Se emplean criterios de selección, pero no de evaluación de la calidad (García-Peñalvo, 2022).

El meta-análisis, combina estadísticamente los resultados de los estudios cuantitativos para proporcionar un efecto más preciso de los resultados. Suele buscar, principalmente, uno de estos objetivos (García-Peñalvo, 2021; González, et al., 2011): (1) evaluar la consistencia / variabilidad de los resultados entre los estudios primarios incluidos en la revisión (es decir, la heterogeneidad entre los estudios); (2) investigar y explicar (si es factible) las causas de cualquier heterogeneidad (por ejemplo, mediante subgrupos o análisis de meta-regresión) para mejorar la comprensión científica; (3) calcular un resumen del tamaño del efecto junto con un intervalo de confianza; y (4) evaluar la robustez del tamaño del efecto acumulativo a través del análisis de la sensibilidad y de

evaluaciones formales de las fuentes potenciales de sesgo, incluido el sesgo de publicación, que se deriva de los estudios primarios y podría tener un impacto en el efecto resumen calculado.

La revisión de estudios mixtos / revisión de métodos mixtos, examina simultáneamente estudios primarios cualitativos, cuantitativos o mixtos (Pluye et al., 2009). Para (Whittemore, et al., 2014) esta revisión podría ser equivalente a la revisión integrativa.

La revisión sistemática cualitativa / síntesis de evidencias cualitativas, integra o compara los resultados de estudios cualitativos (Candy, et al., 2011).

La revisión paraguas también denominada resumen de revisiones, se describe como un estudio terciario que integra evidencias de diferentes revisiones sistemáticas (cualitativas o cuantitativas) para responder a un conjunto no muy amplio de preguntas de investigación. Cuenta con un conjunto de criterios de selección de las fuentes secundarias y de evaluación de la calidad de estas (García-Holgado & García-Peñalvo, 2018; Smith, et al., 2011)

La revisión de representatividad y alcance, efectividad, adopción, implementación y mantenimiento (RE-AIM), tiene como objetivo evaluar y sintetizar el alcance, la eficacia, la adopción, la aplicación y mantenimiento de las intervenciones (Blackman, et al., 2013; Glasgow, et al., 1999)

La revisión realista, también llamadas revisiones meta-narrativas o revisiones de síntesis de evidencia cualitativa, son revisiones interpretativas conducidas por la teoría que se desarrollan para informar, mejorar, ampliar o complementar alternativamente las revisiones sistemáticas convencionales, dando sentido a la evidencia heterogénea sobre intervenciones complejas aplicadas en diversos contextos de manera que informen la toma de decisiones políticas (Greenhalgh et al., 2011).

La revisión teórica, se basa en los estudios conceptuales y empíricos existentes para proporcionar un contexto que permita identificar, describir y transformar en un orden superior la estructura teórica y los diversos conceptos, constructos o relaciones. Su objetivo principal es desarrollar un marco o modelo conceptual con un conjunto de proposiciones o hipótesis de investigación. No tiene por qué incorporar criterios para evaluación de calidad de las fuentes primarias (Webster & Watson, 2002).

A diferencia de una revisión que trata de integrar los trabajos existentes, una revisión que implica una evaluación crítica no tiene por qué comparar las fuentes primarias entre sí. En cambio, compara cada obra con un criterio y considera que es más o menos aceptable. Las revisiones críticas son selectivas o representativas, raramente implican una búsqueda exhaustiva de toda la literatura relevante. Este tipo de revisiones pueden proporcionar explicaciones de cómo se llevó a cabo el proceso de revisión, pero rara vez evalúan la calidad de los estudios seleccionados, especialmente cuando se trata de investigación cualitativa (Bolinger et al., 2022; Dixon-Woods, et al., 2006)

Como quedó demostrado en el anexo 3, las revisiones sistemáticas de la literatura se destacan dentro de las más empleadas para estudios de este tipo. En general, a través de la literatura estudiada, los procedimientos para la realización de este tipo de revisiones no presentan mucha variación, pues todos cuentan para su aplicación entre tres y seis fases, que por lo general disponen de seis pasos, los cuales solo varían en nombre, pues no así en significado; esto viene dado por las características inherentes antes expuestas de estas revisiones. La propuesta presentada por Lacerda and von Wangenheim (2018) abarca, a grandes rasgos, los elementos a considerar en un estudio de este tipo.

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DE LA LITERATURA SOBRE PRONÓSTICOS DE DEMANDA DE ENERGÍA

Para realizar la planeación y operación de los sistemas energéticos es imprescindible conocer las características de la demanda de energía. En este sentido la utilización de modelos de pronóstico es de vital importancia. En este capítulo se realiza una revisión de la literatura científica actualizada y publicada en la base de datos Scienedirect, con el fin de obtener información relevante acerca de los modelos de pronósticos de energía. Este primer acercamiento parte de la realización de una revisión sobre fuentes terciarias (Artículos de revisión), y su objetivo es explorar las tendencias actuales acerca del tema.

2.1 Caracterización del procedimiento de revisión de la literatura sobre modelos de pronóstico de Energía.

Con el fin de realizar una revisión de los principales aportes y el estado del arte acerca de los pronósticos de demanda, se propone un procedimiento basado en el propuesto Lacerda y von Wangenheim (2018). Dicho procedimiento debe garantizar la inclusión en el estudio de literatura relevante del objeto de investigación. El procedimiento se describe en la figura 2.1.

Etapas 1: Definición del alcance de la investigación

1. Definición del objetivo de la revisión de la literatura

Esta etapa cuenta con dos pasos relevantes, el primero es la definición del objetivo o de los objetivos de la investigación. Una forma común para definir dichos objetivos es a través de las preguntas de investigación, las cuales son reconocidas como el epicentro de una revisión sistemática de la literatura y centralizan el estudio.

2. Definición de los criterios de búsqueda

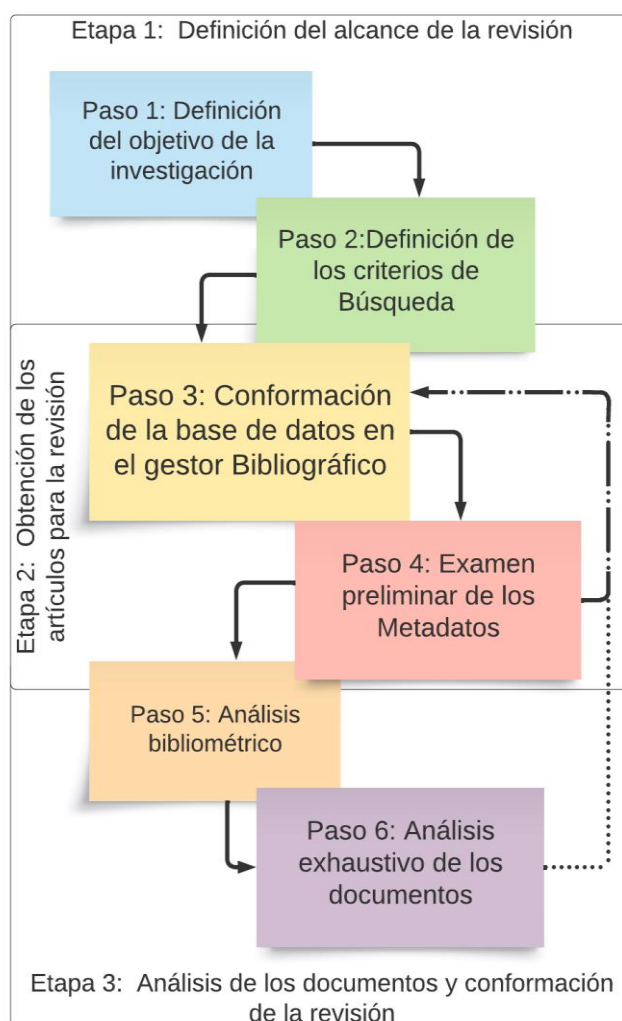
El segundo paso dentro de la primera etapa es la definición de los criterios de búsqueda. Para la elaboración de la estrategia de búsqueda se siguen los siguientes elementos:

- Definición de las bases de datos donde se realizará la búsqueda.

Es importante delimitar cuáles serán las fuentes de datos de la investigación, para ello, inicialmente se realiza una revisión exploratoria sobre el tema de estudio a través de buscadores genéricos como el “Google Scholar” o “Google Books”. Esto permitirá obtener una visión general de los recursos electrónicos que hay disponibles en Internet sobre la temática de estudio.

En un segundo momento es importante localizar fuentes de información secundaria más especializadas (bases de datos, catálogos de editoriales y de bibliotecas, repositorios, etc.) que ayuden a obtener resultados más precisos; también se pueden utilizar bases de datos multidisciplinares que incluyen documentos sobre el tema en cuestión como: “CSIC-ISOC” (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), “Dialnet”, “Science Direct”, “Web of Science”, “SCOPUS”, “Emerald”, etc.

Figura 2.1 Procedimiento para la elaboración de una revisión de la literatura.



- Identificación de las palabras claves

La identificación de las palabras clave permite delimitar y orientar la búsqueda de información, para lo cual resulta útil realizar algunas lecturas preliminares sobre el tema de estudio, o bien localizar algún artículo que aborde un tema similar al que se quiere desarrollar y observar qué palabras clave se han utilizado, y añadir estos mismos

términos para realizar la búsqueda. Además, estas pueden ser simples o compuestas, y se deben de utilizar palabras sinónimas, ya que muchas veces los artículos están etiquetados con sinónimos de las palabras clave que se quieren emplear.

- Definición de la cadena de búsqueda

Luego se procede a la definición de cadena de búsqueda. Esta etapa se desarrolla, a través de los objetivos del proyecto, las preguntas de investigación, las palabras clave, sinónimos, conceptos relacionados para cada sinónimo de concepto central, así como abreviaturas, pues contiene una serie de combinaciones relacionadas a estas expresiones, combinaciones aplicadas a partir del uso de los operadores booleanos (“AND”, “OR”, “NOT”, “NEIR”), necesarios para refinar aún más la búsqueda de información.

- Aplicación de filtros en los buscadores

Para delimitar más la búsqueda hacia la literatura relevante se activan filtros, estos pueden estar enfocados al tipo de documento, el período de publicación, el lugar en que aparecen la cadena de búsqueda dentro del artículo, áreas específicas de las disciplinas científicas, entre otras.

Etapas 2: Obtención de los documentos para la revisión

En esta etapa se obtienen los artículos que serán analizados en busca de responder a los objetivos de la investigación y un primer análisis de calidad a partir de la revisión de los metadatos con el objetivo de realizar un primer control de calidad y desechar aquellos que no son relevantes.

3. Conformación de la base de datos.

Los artículos relevantes para el estudio son almacenados en un gestor bibliográfico, realizando así una biblioteca virtual personal, acorde con el tema de estudio. Para ello se debe crear la base de datos y se recomienda la utilización de gestores bibliográficos como EndNote, Mendeley o Zotero. La ventaja de estos gestores es que permiten la exportación automática de citas. También permiten organizar las referencias en grupos, poner notas, hacer resúmenes de metadatos, realizar búsquedas entre otras ventajas en función del gestor que se utilice.

4. Examen preliminar de los metadatos

Un primer análisis se puede realizar a través de la lectura del título, y el resumen, sin necesidad de realizar una lectura exhaustiva del documento es posible eliminar aquellos que a priori no son representativos del objeto de estudio.

El aplicar el control de la calidad a los documentos, para prevenir sesgos y errores sistemáticos, es una estrategia esencial en la revisión sistemática de la literatura, y se utiliza como base para ponderar los datos cualitativos. Para ello, es recomendable utilizar los criterios de evaluación de la calidad de la literatura, adaptados por Morgan (2007), donde se evalúan los siguientes parámetros: contribución, teoría, metodología y análisis de datos, a cada artículo seleccionado durante la investigación; o responder alguna lista de chequeo como las utilizadas en el Programa de Habilidades de Evaluación Crítica (CASP, por sus siglas en inglés), programa de acceso abierto como lo son: lista de verificación de ensayos de control aleatorios, lista de verificación de revisión sistemática, lista de verificación de estudios cualitativos, lista de verificación del estudio de diagnóstico, lista de verificación del estudio de control de casos, lista de verificación del estudio de cohorte, lista de verificación de evaluación económica y la lista de verificación de la regla de predicción clínica. A partir de dichas listas se evalúan la rigurosidad, los métodos de investigación fundamentales, la credibilidad y la relevancia de los artículos.

Etapas 3: Análisis de los artículos y conformación de la revisión

Una vez identificados los estudios relevantes, se extraen los datos necesarios, con el fin de estructurar y secuenciar los contenidos en consonancia con los objetivos de la investigación. Este consta de dos pasos, el análisis bibliométrico y el análisis de contenido de los documentos.

5. Análisis bibliométrico

En este paso se brinda información relevante sobre los metadatos de los artículos seleccionados. A través de la aplicación de análisis estadísticos y gráficos se analizan las tendencias del objeto de investigación. Para ello se propone la utilización de software como el "Vosviewer" y el Microsoft EXCEL. En este paso se analiza la relación entre las palabras claves, las tendencias de publicación del objeto de investigación entre otros metadatos relevantes.

6. Análisis exhaustivo de los documentos

Sobre la base de los datos extraídos se analizan los estudios encontrados y se sintetizan los resultados, exponiendo de manera crítica, lo que se conoce hasta la actualidad sobre el tema de estudio, siguiendo la estructura y la secuencia de los contenidos propuestos, y se describe el contenido analizado, las principales soluciones de la investigación, los aspectos que se desconocen, las limitaciones del procedimiento efectuado, entre otros. Todo lo planteado con anterioridad queda plasmado en los pasos siguientes: análisis de los datos extraídos de los estudios de acuerdo con las preguntas de investigación definidas; la validación del estudio, y la etapa de discusión o reporte.

Es interesante la realización de tablas o anexos con resúmenes de información relevante para representar de manera más simple y sintética la información obtenida. Así como un control de calidad del contenido que se realiza, desestimando por última instancia los documentos que han pasado otros controles y todavía no presentan calidad suficiente para ser abordados en la investigación.

2.2 Aplicación del procedimiento de revisión sistemática de la literatura sobre estudios de circularidad en la cadena de suministros.

En el siguiente apartado se aplicarán las fases del procedimiento seleccionado y cada una de sus etapas y pasos, dando solución a la situación problémica planteada al comienzo de la investigación y desarrollando los objetivos del estudio.

Etapas 1: Definición del alcance de la investigación

Para definir el objetivo de la investigación nos enfocamos en el problema referido en el diseño metodológico. En este sentido se elaboran dos preguntas de investigación a las cuales se les dará respuesta en los análisis:

¿Cuáles son las tendencias en las publicaciones más actuales de revisión de la literatura acerca del pronóstico de demanda en el sector de la energía?

¿Cuáles características presentan los estudios acerca de los pronósticos de demanda de energía referidos en las revisiones de literatura?

Para la elaboración de la estrategia de búsqueda se siguen los siguientes elementos:

1. Definición de las bases de datos donde se realizará la búsqueda.

Se realizó una búsqueda preliminar en Google Scholar con artículos enfocados a la demanda de energía. Luego se decide realizar la revisión en la base de datos Scienedirect. La base de datos Scienedirect tiene varias características que la hacen adecuada para una revisión sobre artículos científicos. Algunas de estas características incluyen:

- Amplia cobertura: Scienedirect cuenta con una amplia gama de disciplinas científicas cubiertas, lo que la convierte en una fuente de información diversa y completa.
- Acceso a revistas científicas de renombre: La base de datos incluye revistas científicas de alto impacto y reputación, lo que garantiza la calidad de los artículos disponibles.
- Funciones de búsqueda avanzada: La plataforma ofrece funciones de búsqueda avanzada que permiten refinar los resultados y encontrar artículos relevantes de manera eficiente.
- Recursos complementarios: Además de los artículos científicos, Scienedirect también proporciona otros recursos como libros, conferencias y resúmenes, lo que brinda una amplia gama de información para la revisión.

2. Identificación de las palabras claves

Las palabras claves que se utilizaron en función del objeto de investigación son energy, demand, forecasting. Para la conformación final de la cadena de búsqueda se encuentran sinónimos en función de cómo aparecen en la búsqueda preliminar.

3. Definición de la cadena de búsqueda

A partir de la revisión inicial se decide utilizar la siguiente cadena de búsqueda (Forecasting OR Prediction Forecast) AND (Energy OR Power Electricity) AND (Demand) en la base de datos seleccionada. Lo cual arrojó un resultado de 61 351 artículos desde el 2018 en adelante. Es importante señalar la gran cantidad de artículos publicados que hacen mención a estas cadenas, aunque este criterio de búsqueda es todavía demasiado poco riguroso y por tanto es capaz de localizar artículos en que, a pesar de la mención de estas palabras clave, no se enfocan en resultados útiles para la revisión.

4. Aplicación de filtros en los buscadores

Se utilizó primeramente el filtro para encontrar las palabras clave en los campos título, resumen y palabras claves, modelo TAK por sus siglas en inglés lo cual redujo la búsqueda a 1790 artículos.

Como el objetivo principal de la revisión es obtener datos de fuentes terciarias, se restringe la búsqueda utilizando como filtro artículos científicos, y para tipos de artículos de revisión. Además, se restringe la búsqueda a los últimos 5 años, e incluir lo que se ha publicado hasta octubre de 2023, lo cual arrojó un resultado de 101 artículos, lo cual constituyó la muestra.

Etapas 2: Obtención de los documentos para la revisión

Paso 3: Conformación de la base de datos.

Se introducen los 101 metadatos en el gestor de bibliografía EndNote. Para acceder a los artículos completos se utilizó la plataforma Sci Hub. Esta es una plataforma en línea que proporciona acceso gratuito a millones de artículos científicos, superando las barreras de pago y restricciones de acceso. A través de su amplia base de datos, los usuarios pueden buscar y descargar artículos científicos de diversas disciplinas de manera rápida y sencilla. Aunque su legalidad es objeto de debate, Sci Hub ha ganado popularidad debido a su capacidad para democratizar el acceso a la información científica, especialmente en regiones donde el acceso a revistas académicas es limitado o costoso. De la muestra de 101 artículos se pudo obtener a través del Sci-Hub 71 archivos, de los 30 artículos restantes no se pudo obtener el artículo completo, pero a través de la inferencia en el análisis de los metadatos se pudo obtener información sustancial para los análisis.

Paso 4: Examen preliminar de los metadatos

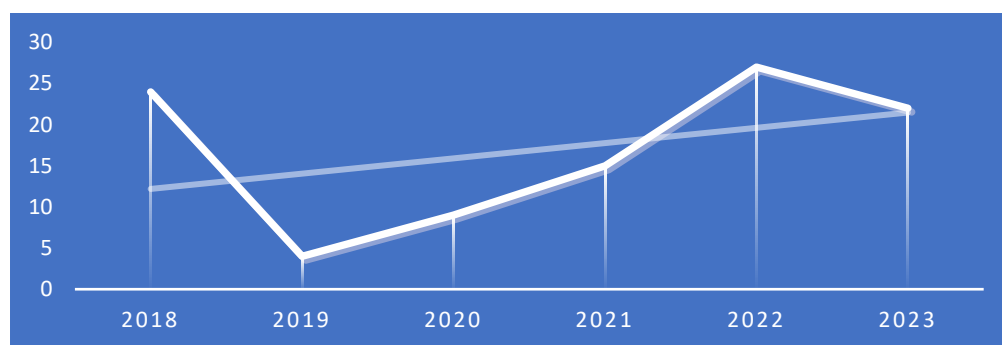
Se hizo una revisión de los títulos, resúmenes e introducciones donde se pudo detectar que 4 artículos no guardaban relación alguna con los criterios de búsqueda, por lo que quedan excluidos de los análisis, por lo que la muestra queda reducida a 97 resúmenes y 71 artículos completos.

Etapla 3: Análisis de los artículos y conformación de la revisión

Paso 5: Análisis bibliométrico

El estudio se enfocó en el período de 2018 hasta octubre de 2023, en la figura 2.2 se puede observar como hay un descenso en la cantidad de publicaciones en los años 2019 y 2020, descenso que puede estar relacionado con la llegada del COVID-19, a medida que va transcurriendo el período se nota un creciente aumento en las publicaciones, siendo el año 2022 el de mayor cantidad, es de recordar que las búsqueda se realizó en octubre del año 2023 por lo que las publicaciones del último trimestre deben superar o acercarse a las realizadas en el año 2022.

Figura 2.2 Publicaciones de artículos de revisión de pronósticos de demanda por años



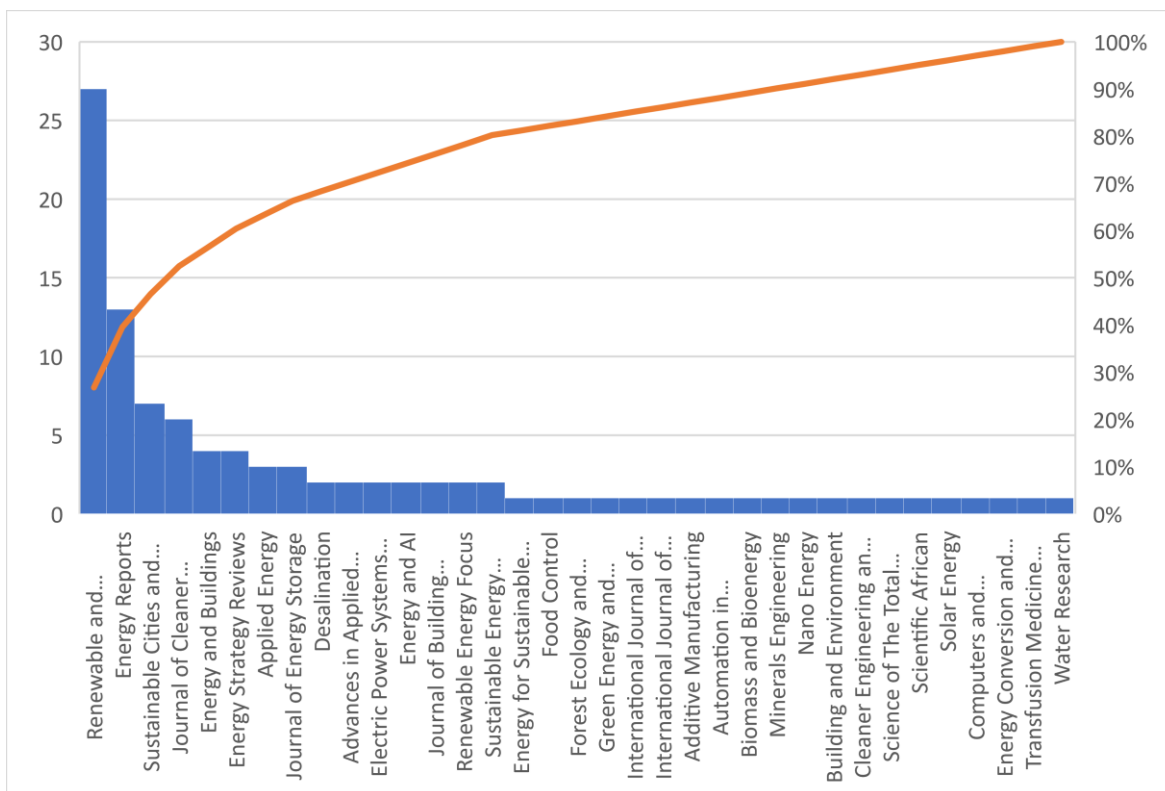
El diagrama de Pareto en la figura 2.3 muestra las revistas donde fueron publicados los artículos y la cantidad de veces que se repiten dichas revistas. La cantidad de revistas que se encontraron fueron 35. La más frecuente fue Renewable and Sustainable Energy Reviews con el 27%, luego Energy Reports y Sustainable Cities and Society con el 13% y 7% respectivamente. Las demás revistas representaron menos del 6%.

En la búsqueda existe un total de 412 autores diferentes, y se encontraron 443 palabras claves diferentes. Para observar las palabras claves con mayor impacto en los estudios de revisión sobre pronóstico de la demanda de energía y sus relaciones, se utiliza el software VOSviewer.

En la figura 2.5 se puede ver por colores los diferentes grupos de palabras claves que se encontraron en la búsqueda, donde el grupo de mayor relevancia es el vinculado a la inteligencia artificial, donde destacan las palabras clave machine learning, deep learning referidos a los tipos de modelos y smart grids. El segundo cluster en tamaño es el que

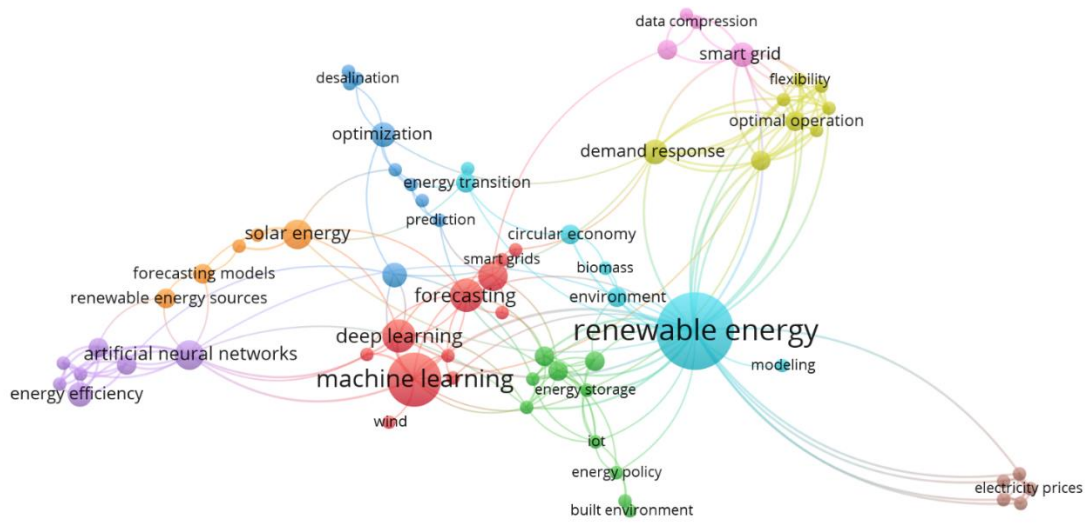
tiene que se refiere a las palabras claves ``renewable energy``, ``circular economy``, ``biomass`` entre otras.

Figura 2.3 Diagrama de Pareto de las principales revistas científicas en donde se han publicado los artículos de la revisión de la literatura acerca de pronóstico de demanda de energía.



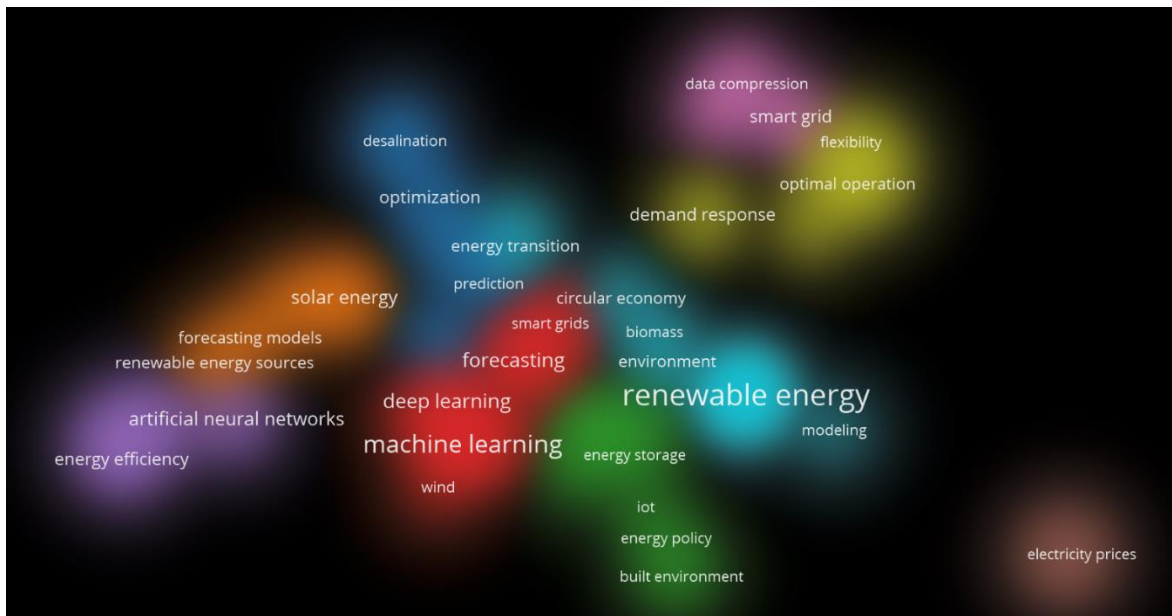
En las figuras 2.4 y 2.5 se observan las imágenes obtenidas por el VOSviewer. El software agrupó por palabras claves las que mayor relacion tienen y creó pequeños grupos. La figura 2.4 muestra las relaciones entre las diferentes palabras claves, Las palabras claves que con mayor frecuencia se encuentran en los artículos analizados son “renewable energy” y “machine learning” y “forecasting”. Además, se pueden encontrar nueve clusters temáticos.

Figura 2.4 Mapa de relaciones de palabras claves encontradas en la muestra de artículos



Fuente: VOSviewer

Figura 2.5 Mapa de clusters de las palabras claves encontradas en la muestra de artículos

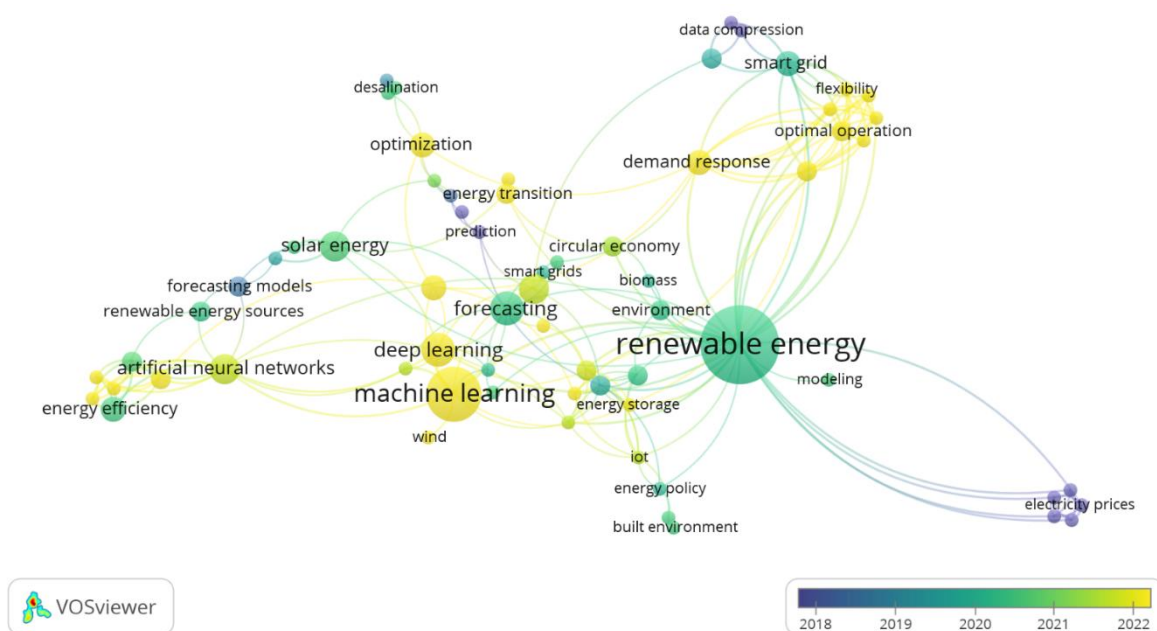


Fuente: VOSviewer

En la fig 2.6 muestra una evolucion de las palabras claves. Las de mayor volumen están relacionada con fuentes renovables de energía, resltando la energía solar y biomasa. En la linea de evolución destaca como la búsqueda se va enfocando más en la optimizacion de la redes eléctricas y su regulación y control, destacando palabras como: ``circular

economy'', ``energy storage'' y ``forecasting''. Más hacia la actualidad tenemos palabras relevantes como ``machine learning'', ``deep learning'' y ``optimal operation'', destaca como las investigaciones han ido evolucionando, entrando en materia de inteligencia artificial y siendo aplicado en el sector energético.

Figura 2.6 Mapa de la evolución de las palabras claves en la muestra de artículos



Paso 6: Análisis exhaustivo de los documentos

Se realizó una síntesis mostrada en la tabla del anexo 4 resumiendo aspectos interesantes de la literatura consultada. En esta investigación se revisaron diferentes publicaciones científicas relacionadas con modelos de pronóstico de demanda de energía en un rango de 6 años (2018-2023). Durante la investigación de diferentes publicaciones científicas, se analizaron un total de 60 artículos de revisión relacionados directamente con el tema y un grupo de 11 artículos que mencionan el objeto de investigación indirectamente mostrados en el anexo 5. Los resultados mostraron que el 75% de los artículos abordaron el tema ecológico, el 66.66% el tema económico, el 41.66% el tema social y el 6.66% el tema transporte. Además, el 16% de los artículos relacionaron 3 o más temas, mientras que el 60% relacionó al menos 2 temas. El resto de los artículos, que representan el 24%, solo trataron 1 de los temas.

Un resultado interesante es el alcance de los pronósticos de demanda energética tanto en función de la escala como de los elementos que se desean pronosticar. En este sentido

se relacionan estudios que analizan la demanda de energía a nivel de países fundamentalmente para la planeación energética, las redes eléctricas de diferentes escalas, la demanda de hogares y edificios, sectores específicos como el transporte eléctrico.

Otro elemento importante es la incorporación de las fuentes renovables de energía y en este sentido el pronóstico tanto de la demanda de energía como de variables técnicas, meteorológicas, económicas entre otras que influyen en ellas.

En cuanto a los modelos de pronóstico más utilizados, se encontró que la Red neuronal artificial (ANN) fue la más recurrente, seguida por la Máquina de vectores de soporte (SVM) con 11 apariciones, Series temporales con 7 apariciones, Aprendizaje automático (ML) con 6 y Promedio móvil autorregresivo integrado (ARIMA) con 5. También se encontraron otros modelos como Red bayesiana (BN), Regresión lineal múltiple (MLR), Inteligencia artificial (AI), Aprendizaje profundo (DL) y Internet de las Cosas (IoT). Estos hallazgos nos proporcionan una visión amplia y detallada de las investigaciones actuales en el campo de la demanda de energía, lo que permitirá avanzar en el trabajo en este ámbito

Planeación energética y los pronósticos de demanda energética

Manandhar et al. (2023) revisa en su artículo la importancia del modelado de la energía urbana y los pronósticos de carga eléctrica basados en datos, destacando la necesidad de mejorar la precisión de los pronósticos de carga para la planificación y la operación óptima de los sistemas energéticos. Se discuten los avances en tecnología de medición inteligente y el acceso a datos de consumo de electricidad de alta resolución. Además, se revisan las técnicas de pronóstico de carga, sus desafíos y perspectivas, con un enfoque en regiones de clima cálido y árido. El artículo también aborda los desafíos en el modelado de carga urbana, incluyendo el impacto de la temperatura, eventos especiales y comportamientos de los usuarios en el consumo de electricidad. Se sugiere que el análisis de big data energéticos es una dirección de investigación en crecimiento, incluyendo la eficiencia energética conductual y la incorporación del comportamiento del usuario en los modelos de pronóstico de carga.

Li, et al., (2022) en el artículo presenta un nuevo modelo de Verhulst multivariable no lineal para predecir el consumo de petróleo en China, que supera a otros modelos tradicionales y se ubica en segundo lugar en rendimiento de predicción después de un

modelo de red neuronal. Se sugieren políticas para abordar el aumento del consumo de petróleo, y el modelo propuesto se destaca como una herramienta útil para la predicción del consumo de combustible a nivel mundial.

Ahmad and Chen (2020), El texto aborda la importancia del pronóstico y planificación energética, destacando la relevancia de la precisión en los modelos de pronóstico para evitar apagones y reducir costos operativos. Se mencionan diferentes enfoques de pronóstico, como el aprendizaje supervisado y la inteligencia artificial, resaltando la utilidad de modelos como las redes neuronales artificiales (RNA) y las máquinas de vectores de soporte. Además, se revisan tres modelos de aprendizaje supervisado ampliamente utilizados para tareas de pronóstico.

Se destaca la importancia de considerar variables de diseño y configuración de los modelos de RNA, así como el preprocesamiento y posprocesamiento de datos para mejorar la precisión y el rendimiento de los pronósticos. Se sugiere realizar estudios adicionales con diferentes conjuntos de datos y condiciones climáticas para validar y comparar el rendimiento de los modelos en diferentes escenarios. En conclusión, se resalta que los modelos de RNA ofrecen herramientas prometedoras para la predicción de series temporales, pero se necesita más investigación para mejorar su precisión y eficiencia en diferentes condiciones y escenarios.

Los autores Fiorini and Aiello (2019), en su artículo revisa el estado actual de la gestión de energía para la programación de recursos energéticos distribuidos y la satisfacción de demandas eléctricas y térmicas. Destaca la importancia de incentivar comportamientos sostenibles en los usuarios finales y ofrece una visión integral de la gestión energética. Se abordan conceptos, modelos, técnicas de optimización y beneficios económicos y ambientales. Se concluye que la gestión energética es crucial para abordar la eficiencia y sostenibilidad energética, y que los sistemas de gestión de energía desempeñarán un papel central en la transición hacia sistemas de energía inteligentes.

Poudyal et al. (2019) en su artículo aborda la crisis energética en Nepal, identificando problemas como la dependencia de las importaciones de energía, proyectos hidroeléctricos retrasados, infraestructura obsoleta y pérdidas de transmisión. Se resalta la importancia de los recursos renovables y se describen políticas e iniciativas de inversión del gobierno nepalí para apoyar la energía verde y sostenible. Se destaca la urgencia de aumentar la capacidad de generación y distribución de energía, mejorar la

eficiencia energética en las industrias y fomentar la participación del sector privado. Además, se subraya la importancia de la colaboración regional y el pronóstico de la demanda de energía para desarrollar soluciones informadas y con visión de futuro. El artículo enfatiza la necesidad de utilizar modelos energéticos y herramientas predictivas más sofisticados para obtener pronósticos más confiables. En resumen, se destaca la importancia de abordar la crisis energética a través de la implementación de tecnologías de energía renovable y políticas innovadoras para estimular la inversión y la colaboración regional.

Riva, et al. (2018), en su estudio analiza la importancia de la planificación energética a largo plazo en áreas rurales de países en desarrollo. Se identificó la falta de consideración de la evolución dinámica de la demanda energética a lo largo de los años en la mayoría de los estudios, lo que resalta la necesidad de desarrollar metodologías de pronóstico más completas. Se concluyó que los enfoques ascendentes, la dinámica de sistemas y los modelos basados en agentes son apropiados para pronosticar la evolución de la demanda de energía en el largo plazo en áreas rurales.

También se destaca la importancia de considerar los aspectos socioeconómicos específicos de las zonas rurales en la planificación energética. El estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones en el campo de la planificación energética rural a largo plazo y destaca la importancia de abordar de manera integral tanto la oferta como la demanda de energía, así como de considerar los aspectos socioeconómicos y ambientales en el proceso de planificación.

Debnath & Mourshed (2018), plantea que los modelos de planificación energética son fundamentales para la toma de decisiones informadas en el desarrollo del sector energético a nivel mundial, regional y nacional. El interés en los modelos de planificación energética (EPM) aumentó después de la crisis del petróleo en la década de 1970, lo que destacó la dependencia de las fuentes de combustible convencionales. Además, la preocupación por las emisiones de gases de efecto invernadero impulsó nuevos estudios ambientales y la formulación de leyes y objetivos de reducción de emisiones. Existen diferentes clasificaciones de EPM, pero la revisión se centrará en analizar los métodos utilizados en diferentes EPM para investigar su precisión, extensión objetiva, temporal y espacial, con el objetivo de identificar los factores detrás de la elección de los métodos de pronóstico. Los hallazgos de este estudio beneficiarían a los investigadores al permitirles seleccionar métodos de pronóstico apropiados para futuras investigaciones.

En conclusión, los modelos de planificación energética son herramientas importantes para evaluar el impacto de las políticas energéticas y tomar decisiones estratégicas. La elección del método de pronóstico depende de varios factores, como la complejidad del problema y la precisión del conjunto de datos. Los métodos de inteligencia computacional son más utilizados que los estadísticos para el pronóstico de carga eléctrica y energía renovable, pero los estadísticos son más utilizados para el pronóstico de la demanda de energía y electricidad. La precisión de los métodos de pronóstico de inteligencia computacional (IC) es mejor que la de los estadísticos, y algunos métodos híbridos producen una mayor precisión que los independientes. El análisis de los objetivos del modelo muestra que la mayoría de los métodos de pronóstico se aplican para pronosticar la demanda de energía y la carga eléctrica. El desarrollo de modelos de pronóstico comenzó en 1985, se disparó después de 2005 y continúa.

Harris, et al., (2018) en el artículo presenta una técnica de modelado y pronóstico basada en la curva de crecimiento logístico para evaluar y predecir la producción y el consumo de energía en EE. UU. Se concluye que la producción de energía de EE. UU. probablemente alcanzará su punto máximo en 2017 y luego disminuirá rápidamente hasta 2040, mientras que el consumo de energía se mantendrá estable. Se sugiere que se deben iniciar nuevos ciclos significativos de crecimiento en todas las formas de producción de energía, incluyendo fuentes renovables, nucleares y no convencionales, para satisfacer la demanda anticipada. Además, se enfatiza la necesidad de esfuerzos sostenibles para aumentar todas las fuentes de energía y la importancia de evaluar y mitigar los impactos ambientales, sociales y económicos resultantes del aumento de la producción y el uso de combustibles fósiles. En resumen, se destaca la necesidad de una inversión y esfuerzo sustanciales para desarrollar nuevos y grandes ciclos de crecimiento en todas las fuentes de producción de energía, con un enfoque particular en las energías renovables a largo plazo y los combustibles fósiles a largo plazo.

Pronósticos de demanda de energía eléctrica en redes inteligentes

Ahmad and Zhang (2021), en su estudio destaca el impacto del Internet de las Cosas (IoT) en la industria energética, permitiendo la optimización de operaciones, reducción de costos y mejora de la eficiencia en la generación de energía. El uso de IoT en modelos de negocios energéticos sería más conveniente, inteligente y beneficioso, y las soluciones de políticas energéticas de IoT reducen los impactos ambientales y gestionan el consumo de energía. IoT facilita la eficiencia operativa y la automatización en diversas industrias, y se

han utilizado modelos de aprendizaje profundo y la identificación de anomalías para el manejo de big data y la seguridad de IoT. Además, se introducen tecnologías para la estabilidad del sistema de energía de IoT.

Khalid and Javaid (2020), en su artículo revisa la literatura sobre modelos de pronóstico y métodos de optimización de hiperparámetros para la red inteligente (SG), destacando la importancia del pronóstico para mantener el equilibrio entre la demanda y la oferta de electricidad. Se analiza la creciente cantidad de datos en SG y se discuten las futuras direcciones de investigación. Se destaca la eficiencia de las técnicas heurísticas en comparación con métodos tradicionales, y se resalta la importancia del preprocesamiento de datos para mejorar la precisión del pronóstico.

Wen, et al., (2018) expone que, en los últimos años, la red inteligente ha ganado atención global, con los medidores inteligentes recopilando datos a gran escala sobre el consumo de electricidad, generando big data. Esto ha abierto oportunidades para la previsión de carga eléctrica, la detección de anomalías y la gestión de la demanda. Sin embargo, el gran volumen de datos genera presión en la transmisión y altos costos de almacenamiento. Para abordar esto, se ha realizado un exhaustivo estudio sobre técnicas de compresión de big data de medidores inteligentes, abordando el desarrollo de redes inteligentes, desafíos y aplicaciones de big data de energía eléctrica, características y beneficios de los medidores inteligentes, y métodos de compresión de datos. La electricidad es crucial para el desarrollo económico y social, pero la creciente demanda y los desafíos ambientales requieren sistemas energéticos más inteligentes. Las tecnologías de la información y la comunicación están transformando los sistemas de energía eléctrica, y se espera que la red inteligente sea una tendencia general. Los datos generados por la red inteligente tienen un gran potencial, pero también presentan desafíos en términos de transmisión, almacenamiento y eficiencia del análisis. En resumen, el estudio exhaustivo destaca la importancia de la compresión de datos para aliviar la presión de transmisión, reducir la sobrecarga de almacenamiento y mejorar la eficiencia del análisis de datos en el contexto de big data de medidores inteligentes. Se abordan los métodos de compresión con pérdida y sin pérdida, con énfasis en la necesidad de equilibrar la eficiencia y la tasa de pérdidas en la selección de métodos de compresión, y se señala la falta de un sistema perfecto para evaluar el efecto de compresión ideal de los algoritmos para procesar big data de medidores inteligentes.

Garcia, et al. (2018), en el artículo aborda la evolución de los sistemas de distribución eléctrica debido a la influencia de los recursos energéticos distribuidos y flexibles. Propone un método para subdividir el sistema en bloques funcionales de red y un método de predicción de cantidades eléctricas distribuidas. Estos bloques permiten tomar decisiones proactivas basadas en el pronóstico de variables a corto plazo, como tensión, corriente y potencia. Se mencionan los desafíos de las Smart Grids, como la complejidad de operar sistemas con generación distribuida y flujo bidireccional de energía. Se destaca la importancia de monitorear y operar estos elementos en un entorno dinámico, y se propone la subdivisión del alimentador en bloques funcionales de red. Estos bloques se asocian con acciones de control específicas y se adaptan a las condiciones locales. Se menciona que los valores previstos están disponibles para controles autónomos y centrales. El documento presenta un enfoque innovador para la gestión proactiva de sistemas de distribución eléctrica en el contexto de las Smart Grids.

Integración de fuentes renovables de energía

Los autores Islam and Roy (2023), en su artículo analizan la importancia de integrar fuentes de energía renovable en el sistema eléctrico y destaca la necesidad de abordar la incertidumbre en la irradiancia solar y la velocidad del viento mediante técnicas inteligentes de control. Se revisan trabajos de investigación que presentan diferentes técnicas inteligentes integradas en fuentes de energía renovable y sistemas de almacenamiento de energía, clasificándolas según los recursos considerados. Se analizan métricas de precisión para evaluar la exactitud de cada método. Se destaca la posibilidad de mejorar el respaldo de almacenamiento para sistemas de distribución de energía conectados a fuentes renovables mediante la integración inteligente en sistemas de almacenamiento de energía. El artículo proporciona una visión significativa del campo de investigación y sugiere posibles áreas de investigación futura en el campo.

El artículo de Sowby (2023), enfatiza la necesidad de que las empresas de agua y aguas residuales se adapten a un futuro de energía limpia, y sugiere que la comunidad de investigación puede ayudar a estas empresas a lograr esta transición. Se menciona que las empresas de agua necesitarán aplicar técnicas de gestión de energía existentes y priorizar nuevas investigaciones en áreas como la fijación dinámica de precios de la energía, las microrredes de energía renovable in situ y la integración de la demanda de agua y energía. El autor destaca la importancia de la investigación y el apoyo para ayudar a las empresas de agua a prosperar en un futuro de energía limpia. Además, se enfatiza

la necesidad de colaboración entre las partes interesadas en el agua y la energía, y se sugiere que la financiación para la investigación en energías limpias puede provenir de estas mismas partes interesadas o de becas de investigación. El artículo concluye que la transición hacia un futuro de energía limpia para las empresas de agua y aguas residuales requerirá una planificación cuidadosa y la implementación de nuevas tecnologías, y que la comunidad de investigación puede desempeñar un papel importante en este proceso.

Akhtar, et al. (2023), en su artículo analiza el uso del aprendizaje profundo en los sistemas de energía eléctrica, abordando problemas y oportunidades. Se mencionan aplicaciones en la gestión de la red eléctrica, como pronóstico de carga, detección de fallas y gestión de fuentes renovables. Aunque tiene potencial, se destacan limitaciones como la calidad de los datos y la complejidad computacional. Se resalta la necesidad de desarrollar algoritmos y plataformas efectivas, colaboración multidisciplinaria y estándares. Se concluye que el aprendizaje profundo tiene un gran potencial para transformar la industria eléctrica, mejorando la sostenibilidad, resiliencia y eficiencia de las redes eléctricas. Se destaca la importancia de seguir investigando y utilizando esta tecnología.

Maghami and Mutambara (2023), en el artículo revisa la importancia de los sistemas de energía híbridos (HES) que combinan múltiples fuentes de energía para maximizar la eficiencia energética, especialmente en áreas aisladas. Destaca la viabilidad de la integración de fuentes de energía renovable y el uso de técnicas de inteligencia artificial para mejorar los sistemas de control de HES. Además, resalta la importancia de la gestión eficiente de la energía y el almacenamiento en estos sistemas, especialmente en áreas aisladas. El estudio también identifica áreas clave para futuras investigaciones, como mejorar el dimensionamiento energético, la integración de la inteligencia artificial y la seguridad de los sistemas de energía híbridos.

Los autores Yulong, Chen et al. (2022), en el artículo revisan los avances recientes en la tecnología de predicción de energía eólica a ultracorto plazo, destacando la importancia del modelo combinado basado en la tecnología de predicción y descomposición de señales para mejorar la precisión de la predicción de la energía eólica. Se presentan las últimas técnicas de descomposición de datos y predicción para lograr una precisión más alta, así como los métodos de evaluación de rendimiento y comparación de modelos combinados actuales. El artículo concluye con una discusión sobre las futuras tendencias de investigación en la energía eólica a corto plazo.

El texto proporciona una visión integral de los avances en la predicción de energía eólica a ultracorto plazo, destacando la importancia de los modelos combinados y la tecnología de descomposición de datos para mejorar la precisión y eficiencia de la predicción, y su impacto en la operación y mantenimiento de la energía eólica. Se discuten en detalle los enfoques y técnicas utilizados en la investigación actual, así como la importancia de la precisión en la predicción a ultracorto plazo. Además, se resalta el papel crucial de estos avances en el desarrollo del despacho de la red, el ajuste de las estrategias de operación y mantenimiento, y el comercio del mercado energético. Se espera que este artículo contribuya a la mejora del rendimiento de la predicción de energía a ultracorto plazo y sirva como punto de partida para futuras investigaciones en el campo del pronóstico de energía eólica.

Plaum, et al. (2022), en su artículo revisa la literatura existente sobre la flexibilidad energética del lado de la demanda residencial agregada, considerando la creciente integración de fuentes de energía renovable en las redes eléctricas y la necesidad de equilibrar la oferta y la demanda variables de energía. Se identifican y categorizan las fuentes de flexibilidad energética residencial y se analizan los métodos de cuantificación y pronóstico de la flexibilidad energética. También se describen los mercados existentes y posibles nuevos mercados emergentes de flexibilidad, así como los desafíos y barreras que enfrentan los agregadores que intentan ingresar a los mercados de flexibilidad. El artículo concluye proporcionando una discusión de los hallazgos clave y destacando las brechas para el desarrollo futuro de la flexibilidad energética agregada. Además, se describe la flexibilidad del lado de la oferta y se dividen las centrales eléctricas en tres categorías según sus tiempos de respuesta: carga base, seguimiento de carga intermedia y máxima demanda.

El artículo de Tao, et al. (2022) ,analiza la crisis energética en Pakistán y los factores que influyen en la demanda de electricidad a corto, mediano y largo plazo. Utiliza técnicas de aprendizaje automático y modelos de regresión para pronosticar la demanda futura de electricidad, y explora diferentes escenarios de generación de electricidad utilizando indicadores económicos y la herramienta de modelado de energía alternativa a largo plazo (LEAP). Los resultados muestran que Pakistán necesitará una cantidad significativa de electricidad en los próximos años, y se concluye que el escenario de Generación de Energía Verde, Limpia y Sostenible (GCS) es el más adecuado para garantizar la sostenibilidad energética y económica en el país. El estudio destaca la importancia de la

sostenibilidad energética y económica en Pakistán, proporciona información valiosa sobre cómo abordar la crisis energética recurrente en el país, y presenta una metodología rigurosa que se puede aplicar en otros países para abordar desafíos similares en la generación y distribución de electricidad.

Russo, et al. (2022), expone en su artículo que, cambio climático ha aumentado la importancia de la energía sostenible, especialmente de las energías renovables (FER) en la neutralidad de carbono. El Acuerdo de París busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y se espera que las FER representen el 90% de la generación de electricidad para 2050. Sin embargo, la incertidumbre en los modelos climáticos y los efectos del cambio climático en las FER plantean desafíos. El artículo revisa las metodologías actuales para calcular la producción de energía a partir de FER y busca identificar las limitaciones de las estimaciones actuales para la producción futura de energía. Se destaca la importancia de comprender los impactos del cambio climático en la producción de energía renovable, así como la necesidad de abordar el impacto combinado del cambio climático en las energías renovables para evaluar estrategias óptimas de descarbonización. En resumen, el artículo subraya la importancia de revisar y abordar los impactos del cambio climático en las energías renovables para dirigir los esfuerzos hacia la dirección correcta en la gestión energética futura.

Thirunavukkarasu, et al. (2022), destaca la importancia de los avances en el almacenamiento de baterías y los convertidores electrónicos de potencia altamente eficientes para hacer posible la transición a una energía 100% renovable. Además, se reconoce que la naturaleza estocástica de la generación de energía renovable plantea desafíos que deben abordarse mediante técnicas de modelado precisas y eficientes. En general, el texto destaca la necesidad de una transición hacia un sistema de energía más sostenible y renovable para abordar los desafíos energéticos actuales y futuros.

El texto destaca la importancia del Sistema de Gestión de Energía (EMS) en la gestión eficiente de la energía en microrredes, especialmente con la creciente integración de energías renovables. Se menciona que la selección del algoritmo y esquema de gestión de energía es fundamental para garantizar la eficiencia y confiabilidad del sistema. Se destaca que las técnicas basadas en programación entera mixta y múltiples agentes son comunes, pero los enfoques metaheurísticos y de aprendizaje automático también son efectivos para resolver problemas complejos de EMS. Se concluye que se necesita un

enfoque más colaborativo y algoritmos más precisos para maximizar los beneficios económicos y computacionales del EMS en microrredes en el futuro.

Zhou (2022), en su estudio revisa el uso de inteligencia artificial en la transición hacia distritos neutrales en carbono, destacando su importancia en la producción de energía limpia, almacenamiento avanzado de energía, flexibilidad en la demanda energética y estrategias de gestión energética. Se analizan aplicaciones de aprendizaje automático en comunidades neutrales en carbono, incluyendo suministro, almacenamiento, demanda y gestión energética. Se concluye que el aprendizaje automático puede ser clave en la transición hacia sistemas de energía con bajas emisiones de carbono, especialmente en el suministro y almacenamiento de energía renovable.

El autor Aslam, et al. (2021), ofrece un análisis detallado sobre el uso de técnicas de aprendizaje profundo (DL) para predecir la generación de energía renovable y la demanda de energía en microrredes inteligentes. Se destaca la importancia de estas predicciones para la gestión eficiente de la energía, y se discuten los desafíos y oportunidades de investigación en este campo. Además, se señala la eficacia de los enfoques basados en DL en comparación con métodos tradicionales, así como la necesidad de abordar la complejidad computacional y la incertidumbre en futuras investigaciones.

En resumen, el estudio destaca la importancia del pronóstico precios de la energía renovable para mejorar la gestión energética. Se enfoca en el uso de técnicas de aprendizaje profundo, destacando su eficacia en comparación con métodos tradicionales. Además, identifica desafíos futuros, como la reducción de costos computacionales y la cuantificación de la incertidumbre, que requieren atención en la investigación futura.

El autor Bhuiyan, et al. (2021), analiza el estado actual y las perspectivas futuras de la energía renovable y sostenible en Bangladesh, un país en desarrollo con una creciente demanda de energía. Se destaca la dependencia del país en combustibles fósiles, pero se resalta el compromiso del gobierno para aumentar la generación de energía renovable, con el objetivo del 10% de electricidad generada a partir de fuentes renovables para 2021. Se revisan las diferentes fuentes de energía renovable, como la solar, hidroeléctrica, eólica y de biomasa, y se discuten las políticas y estrategias necesarias para su implementación exitosa.

El artículo enfatiza la importancia de invertir en energía renovable y sostenible para garantizar la seguridad energética y el desarrollo sostenible en Bangladesh. Se subraya la

necesidad de educación y prácticas sólidas para superar las barreras actuales, y se destacan las oportunidades que ofrecen las fuentes de energía renovable, como la solar, hidroeléctrica, eólica y de biomasa, para lograr la seguridad energética a gran escala en el país.

El autor Ahmad, et al. (2020), ofrece un análisis detallado de los desafíos que enfrenta el sector energético en la integración de recursos de energía renovable en las redes eléctricas. Se examinan enfoques actuales para la predicción de la energía renovable y la demanda de energía, subrayando la importancia de la precisión en la predicción para garantizar la estabilidad del sistema. Además, se discuten los modelos de aprendizaje automático y redes neuronales artificiales utilizados para predecir el consumo de energía, así como los problemas asociados con las clasificaciones de predicciones en la planificación y gestión de recursos energéticos.

El artículo revisa los beneficios de la energía renovable en el contexto de los crecientes requisitos de carga, el calentamiento global y la crisis energética. Se destaca la importancia de la gestión intensiva de energía y el uso de técnicas de monitoreo de alta precisión para mejorar la eficiencia del sistema energético. Además, se resalta la necesidad de mayor precisión en la predicción para respaldar la integración de energías renovables con las redes convencionales.

Talari, et al. (2018), en su artículo aborda la creciente incertidumbre en los sistemas eléctricos debido a la alta penetración de fuentes de energía renovable, particularmente aquellas dependientes del clima. Destaca la importancia de abordar la naturaleza estocástica de estas fuentes para obtener resultados precisos en análisis de sistemas eléctricos, como la planificación y operación. El documento revisa diferentes enfoques de última generación desde la perspectiva del operador para manejar el comportamiento estocástico de las fuentes renovables, clasificando tres estrategias para el análisis estocástico de estas fuentes: modelado matemático, gestión del lado de la demanda y esquemas del mercado eléctrico.

El estudio explora el uso creciente de fuentes de energía renovable en los sistemas energéticos, abordando la combinación de fuentes renovables con unidades de respaldo como una opción más confiable, ecológica y económica para satisfacer los requisitos de carga. Sin embargo, la naturaleza estocástica de estas fuentes, especialmente las dependientes del clima, plantea desafíos en términos de precisión en los resultados de los

análisis en sistemas eléctricos, como la planificación y operación. El artículo busca investigar diferentes aspectos de las fuentes de energía renovable emergentes en los sistemas eléctricos, abordando la incertidumbre de las fuentes renovables dependientes del clima a través de enfoques estocásticos, incluyendo métodos de posibilidad y probabilidad, y explorando el impacto de la naturaleza estocástica de las fuentes de energía renovable en el mercado eléctrico.

Beyene, et al. (2018), destaca la importancia de promover el desarrollo sostenible a través de energía segura y renovable, especialmente a partir de residuos sólidos municipales (RSU). Se identifican tecnologías de conversión de energía, como la incineración, el pirólisis, la gasificación, la digestión anaeróbica, la fermentación de etanol, los vertederos, y las celdas de combustible microbianas (MFC) y las celdas de electrólisis microbiana (MEC) como formas de WtE. Se resalta que la generación de RSU está relacionada con el crecimiento económico y el desarrollo industrial, y que la conversión de residuos en energía puede ayudar a reducir la cantidad de residuos en vertederos y generar energía limpia y renovable.

Los autores también mencionan que la producción de energía de hidrógeno a partir de RSU es un nuevo conocimiento en el campo de la tecnología de conversión WtE. Se destaca la importancia de considerar las diferentes tecnologías disponibles y sus impactos ambientales antes de elegir una opción. En resumen, la conversión de residuos en energía es una práctica importante y necesaria en la actualidad, y las tecnologías más nuevas y prometedoras, como las pilas de combustible microbianas y las pilas de electrólisis microbianas, tienen un gran potencial en la fabricación de biohidrógeno a partir de RSU en el futuro.

El autor Quitoras, et al., (2018) analiza la situación energética de Filipinas, destacando la necesidad de diversificar su combinación energética e incluir la energía oceánica. El estudio evalúa la viabilidad técnica y económica de implementar convertidores de energía de las olas en cinco regiones costeras del país. Se utilizan datos de Surf-Forecast y MetOceanView para estimar el potencial de recursos de cada sitio. Se identifica un flujo de energía de 10 a 20 kW/m en las áreas evaluadas, confirmando estimaciones anteriores. La falta de una base de datos para estimar el potencial de recursos y los altos costos de capital son desafíos importantes. Se destaca la importancia de considerar factores financieros, ambientales y regulatorios en el desarrollo de proyectos de energía

renovable. Se sugiere que la fiabilidad de los resultados podría mejorarse con datos más largos y refinados.

Singh (2018), evalúa la viabilidad de las tecnologías de energía renovable en India, considerando el déficit energético, la desigualdad y la seguridad energética. Se analizan tendencias de crecimiento de la capacidad instalada de energía renovable y se proyecta la demanda eléctrica a largo plazo. Se presentan escenarios combinados de generación renovable y demanda eléctrica, mostrando que la participación de electricidad renovable podría alcanzar entre el 21% y el 44% para 2065. Se destaca la necesidad de una planificación energética a largo plazo y la importancia de la innovación en el sector. Se mencionan esfuerzos gubernamentales como la Misión Solar Nacional y se discuten estudios que abordan la necesidad de un mayor crecimiento de la energía renovable en India. Se señalan desafíos persistentes para lograr los objetivos establecidos y se mencionan intervenciones políticas que podrían ayudar a superar las barreras para la proliferación de tecnologías renovables en India. En resumen, el texto proporciona una visión detallada de la situación actual y las perspectivas futuras de la energía renovable en India, así como los desafíos y oportunidades asociados con su implementación a través de una amplia gama de estudios y análisis.

Sobri, et al. (2018), en el artículo resalta la importancia de la energía solar fotovoltaica a nivel mundial y su crecimiento acelerado, así como la necesidad de predecir con precisión su producción para una planificación óptima. Se revisan y comparan diversos métodos de pronóstico, destacando el uso generalizado de enfoques de inteligencia artificial. Se menciona el impulso del gobierno de Malasia hacia la energía solar, con el objetivo de alcanzar una capacidad significativa para 2050. El documento aborda los desafíos de integrar energía solar a gran escala en los sistemas existentes y destaca la importancia del pronóstico para abordar la intermitencia. Además, se analizan y comparan métodos estadísticos, físicos y de conjuntos, resaltando el uso extendido de la red neuronal artificial y la máquina de vectores de soporte, así como la capacidad de los métodos de conjunto para mejorar la precisión de los modelos. Este estudio es valioso para investigadores y profesionales en el campo de la energía solar.

Zendehboudi et al. (2018) en su artículo revisa la importancia de la precisión en la predicción de energía solar y eólica, destacando la aplicación de la máquina de vectores de soporte (SVM) como un enfoque eficaz. Se resaltan las limitaciones de los métodos tradicionales y se propone el desarrollo de modelos híbridos para mejorar la precisión de

la predicción. Se recomienda probar los modelos en diferentes regiones geográficas, prestar atención a sistemas específicos de energía renovable y realizar más investigación en la detección de valores atípicos para mejorar la eficiencia de los modelos. En resumen, se requiere más investigación para desarrollar modelos híbridos potentes que mejoren la precisión en el pronóstico de recursos de energía renovable.

Pronósticos de energía en áreas aisladas

Liu, et al. (2018), revisa en su artículo la literatura sobre la planificación energética para áreas aisladas, destacando la falta de enfoque sistemático en estas zonas. Se identifican y clasifican técnicas de pronóstico de demanda de energía y energías renovables, se analizan modelos energéticos y se evalúa la aplicación de sistemas híbridos de energía renovable. Se destaca la importancia de considerar las características distintivas y las necesidades prácticas de las áreas aisladas en la planificación energética. Se concluye que se necesitan modelos más sofisticados y aplicables a áreas aisladas, considerando sus particularidades, complejidades e incertidumbres específicas. Además, se resalta el potencial de las energías renovables, especialmente la solar y eólica, para reducir la dependencia de los combustibles fósiles en áreas aisladas.

Demanda de energía en transporte

Sica and Deflorio (2023), en su artículo presentan un enfoque metodológico para estimar la demanda de carga de vehículos eléctricos en la conurbación de Turín. Se utilizan modelos adaptados de la literatura y aplicados al caso específico de Turín para pronosticar tasas de penetración de vehículos eléctricos a nivel zonal y regional. Los resultados muestran que la distribución de la demanda está fuertemente influenciada por la oferta de infraestructura de carga, que en 2021 era limitada en la zona de estudio. A pesar de algunas limitaciones, la metodología y los resultados podrían ser útiles para la gestión de vehículos eléctricos en las ciudades, considerando la ubicación de la infraestructura de carga y la difusión de la movilidad eléctrica.

El estudio destaca la importancia de atributos como la educación y la opinión en la penetración de vehículos eléctricos, lo que podría ser objeto de futuras investigaciones. Además, el artículo proporciona una visión general exhaustiva de la investigación en el campo de la movilidad eléctrica, destacando la variedad de enfoques y metodologías utilizados para abordar la adopción de vehículos eléctricos, la planificación de la infraestructura de carga y la estimación de la demanda de carga.

Demanda de energía en edificios

Tran, et al. (2023), analiza en su estudio la demanda de energía en los hogares, centrándose en los efectos de variables físicas y sociales en el consumo de energía. Utiliza técnicas de resumen de artículos y minería de textos para comprender la demanda de energía del hogar, con modelos predictivos exitosos identificando impulsores importantes y posibles técnicas de simulación. Se destaca la importancia del modelado híbrido para el pronóstico energético y la relevancia de parámetros relacionados con los ocupantes, como los comportamientos. Se enfatiza la necesidad de esfuerzos de investigación en áreas residenciales de Asia y el Pacífico, así como la importancia de estrategias y políticas efectivas de ahorro de energía. El estudio proporciona una visión completa del análisis de la demanda de energía del hogar y puede guiar el desarrollo de estrategias efectivas. Además, revisa la influencia de diversos factores en el consumo de energía en los hogares, destacando la importancia de estrategias y políticas efectivas de ahorro de energía, la diversidad de factores que influyen en el consumo de energía y la complejidad en la detección del impulsor más importante del consumo de energía. También propone un enfoque híbrido de rendimiento estadístico y gráfico, y visualizaciones de minería de textos para proporcionar una revisión sistemática completa. En resumen, el estudio destaca la importancia de comprender la demanda de energía en los hogares, identificando factores físicos y sociales que influyen en el consumo de energía, y la necesidad de estrategias efectivas de ahorro de energía.

El artículo de Wang, et al. (2022), revisa la importancia de las características de entrada en los modelos de predicción de la demanda térmica de edificios basados en datos. Se recopilan las características comúnmente consideradas y se analiza su influencia en la precisión de la predicción basándose en la revisión de la literatura. Además, se lleva a cabo un estudio de caso utilizando un modelo de aprendizaje profundo para identificar las características más valiosas para el pronóstico de la demanda térmica. Los resultados sugieren que la carga pasada, la temperatura exterior y el índice horario son las características más importantes para considerar en el desarrollo de modelos de pronóstico de demanda térmica basados en datos. El estudio destaca la importancia de seleccionar cuidadosamente las características de entrada para mejorar la precisión de la predicción de la demanda térmica.

Tien, et al. (2022), expresa en su artículo que, el sector del entorno construido está utilizando inteligencia artificial, incluyendo el aprendizaje automático y profundo, para

abordar desafíos como la reducción de la demanda energética y la mitigación de impactos ambientales. A pesar del éxito en aplicaciones como el pronóstico de energía y la gestión de la calidad del aire interior, se necesita más investigación y desarrollo en el uso de estas técnicas en el entorno construido. La revisión crítica de la literatura existente destaca la necesidad de enfoques holísticos y la identificación de áreas de enfoque para futuros trabajos en este campo, incluyendo la selección adecuada de datos de entrada y algoritmos de aprendizaje para mejorar la precisión de la predicción energética de edificios. Se observa que las técnicas más nuevas, como Wi-Fi, sensores inalámbricos y cámaras, se están integrando con la inteligencia artificial para estudios de ocupación en edificios, pero su impacto en la demanda energética y el confort térmico aún no se ha estudiado a fondo. Además, el aprendizaje automático y profundo se ha aplicado en estudios de confort térmico y calidad del aire interior, pero la selección del modelo adecuado y la falta de implementaciones en edificios reales son desafíos que requieren atención.

El artículo de Yongbao Chen, et al., (2022) aborda la importancia de la predicción energética de los edificios para equilibrar la oferta y la demanda de energía, especialmente con el aumento de recursos energéticos intermitentes. Se discuten los diferentes modelos de predicción de carga de series temporales, incluyendo modelos de energía física, basados en datos y híbridos. El artículo destaca la importancia de la precisión en la predicción del consumo de energía de los edificios para garantizar la seguridad de la red eléctrica y reducir los riesgos financieros, y su papel en la gestión y eficiencia energética, la planificación y optimización de sistemas energéticos y la penetración de energías renovables en la construcción. Además, se mencionan los desafíos relacionados con la gestión de la oferta y la demanda energética en tiempo real, la selección del algoritmo y la falta de estudios de revisión que abarquen diferentes períodos de predicción. En resumen, la combinación de modelos físicos, basados en datos y híbridos puede proporcionar la mejor predicción energética para los edificios, lo que es crucial para la toma de decisiones informadas en la gestión de la energía y la sostenibilidad de los edificios.

Tarragona, et al. (2021), en el artículo revisa la aplicación de estrategias de control predictivo de modelos en sistemas activos de almacenamiento de energía térmica (TES) en edificios e industrias, destacando la importancia de reducir el consumo de energía de combustibles fósiles y la integración de energías renovables. Se resalta la eficacia del

control predictivo de modelos (MPC) en la gestión de sistemas TES, pero se identifica la necesidad de más investigación en la integración de fuentes de energía renovable en sistemas de refrigeración. Se sugiere la implementación de estrategias MPC distribuidas y enfoques más estocásticos para mejorar la confiabilidad del sistema. Se destaca el potencial del Internet de las Cosas y los nuevos microcontroladores para validar las herramientas de control MPC en prototipos reales. Se identifican áreas clave para futuras investigaciones en sistemas TES activos gestionados por estrategias MPC en sistemas energéticos.

El artículo de Gassar & Cha, (2020), en resumen, revisa las técnicas de predicción energética en aplicaciones de edificios a gran escala, comparando y discutiendo los enfoques basados en caja negra, caja blanca y caja gris. Se destaca la importancia de abordar lagunas en la investigación, como incluir el comportamiento de los ocupantes en los modelos basados en caja blanca y representar explícitamente los usos finales en los modelos basados en caja negra. Se sugiere que los modelos híbridos pueden superar las limitaciones de los enfoques anteriores. Además, se proponen oportunidades de investigación futuras para fortalecer los enfoques existentes y mejorar la gestión y optimización de la energía en edificios a gran escala, lo cual es fundamental en el contexto del crecimiento del sector de la construcción y la demanda de servicios energéticos.

Liu, et al. (2020), en el artículo aborda la importancia de predecir con precisión la carga de calefacción en un sistema de calefacción urbana para el ahorro de energía. Se propone un algoritmo de reglas de asociación de Eclat para seleccionar los parámetros de entrada más relevantes y se introducen los modelos de predicción Eclat-Support Vector Regression (E-SVR) y Spearman-Support Vector Regression (S-SVR). Se utilizan datos de carga de calefacción de un distrito en Xi'an, China, y se concluye que el modelo E-SVR tiene un mejor rendimiento que S-SVR. Además, se analiza la influencia de diferentes parámetros en la carga de calefacción a corto plazo. El artículo destaca la importancia de comprender la demanda de calor de los usuarios de los edificios distritales y predecir la carga de calefacción futura para la planificación, regulación y control del sistema de calefacción, así como para el ahorro de energía en los edificios. Se concluye que el modelo propuesto es efectivo y se proponen áreas de investigación futura para abordar las limitaciones identificadas.

Ahmad, et al. (2018), explora enfoques para predecir la demanda de energía en edificios a gran escala, centrándose en enfoques basados en datos y en la predicción energética a gran escala. Se clasifican enfoques basados en datos en diferentes tipos, como redes neuronales artificiales, agrupaciones, estadísticos y basados en el aprendizaje automático, y máquinas de vectores de soporte. También se exploran enfoques de predicción de energía a gran escala, como cajas blancas, cajas negras y cajas grises. Se discuten una variedad de temas, como métricas de desempeño energético, uso final de diferentes tipos de edificios y escalas urbanas y rurales. El artículo proporciona una revisión exhaustiva de los modelos de pronóstico energética, destacando sus fortalezas, deficiencias y propósitos.

Además, se abordan los beneficios y desafíos de los enfoques basados en datos, resaltando la necesidad de una cantidad sustancial de estimaciones y cálculos para estimar la eficiencia energética en diferentes niveles. Se concluye que se necesita investigación adicional para comprender la viabilidad de estos enfoques en la predicción precisa del consumo de energía en edificios. En resumen, el artículo ofrece una visión integral de los enfoques de predicción energética a gran escala basados en datos, destacando la importancia de considerar diferentes preocupaciones y métricas de rendimiento energético en escalas urbanas y rurales.

El análisis energético de edificios de Wei, et al. (2018), es fundamental para la gestión y optimización del consumo energético. Los algoritmos basados en datos se han convertido en una herramienta poderosa en la industria de la construcción, utilizados para aplicaciones como la predicción de carga, elaboración de perfiles energéticos, mapeo regional del consumo de energía y evaluación comparativa de edificios. La revisión de estos enfoques muestra que han abordado una variedad de aplicaciones relacionadas con la energía en los edificios y destaca la importancia de su modificación para facilitar futuros cambios a microescala en el uso de energía. La contribución global de los edificios al consumo de energía subraya la importancia de mejorar su eficiencia energética, reducir el impacto ambiental y estimar el potencial económico para una mayor conservación de la energía y el uso de energía renovable. En resumen, los algoritmos basados en datos son cruciales para establecer estrategias a largo plazo para la sostenibilidad urbana, optimizando el uso de energía de edificios individuales y explorando oportunidades de reducción de energía a nivel macro.

Pronósticos del precio de la energía

Nowotarski & Weron, (2018), expone en su artículo sobre el pronóstico del precio de la electricidad (EPF), esta ha adquirido una importancia creciente en el contexto de las empresas energéticas, especialmente con la introducción de redes inteligentes y la integración de energías renovables. Este artículo proporciona una revisión detallada y directrices para el uso riguroso de métodos, medidas y pruebas en el pronóstico probabilístico del precio de la electricidad. Se exploran cuatro enfoques para construir pronósticos probabilísticos, junto con herramientas numéricas y pruebas estadísticas para evaluar la confiabilidad y nitidez de los pronósticos. Se presenta un estudio empírico utilizando datos del concurso GEFCom2014. La importancia de desarrollar enfoques más eficientes y estadísticamente sólidos en la predicción de energía se destaca como una conclusión clave, junto con el estímulo para explorar el mundo de los mercados mayoristas de electricidad. Este artículo no solo proporciona una revisión exhaustiva del EPF, sino que también aborda un tema poco desarrollado con un alcance mucho más amplio, animando a los pronosticadores de energía a mejorar sus enfoques y a explorar nuevas oportunidades en el campo de la predicción de energía.

Imani, et al. (2018), aborda en el documento el aumento en la demanda de energía y los precios globales de los combustibles, lo que ha llevado a la implementación de programas de respuesta a la demanda (DRP) en microrredes (MG). Se modelan diferentes tipos de DRP en función de la elasticidad precio de la demanda y el beneficio para el cliente, considerando el impacto en la operación de MG y diversos escenarios que pueden interferir con su funcionamiento. Se realizan simulaciones para evaluar los efectos de los DRP en los costos totales de operación, el beneficio para el cliente y la curva de carga, concluyendo que la implementación de DRP puede mejorar la eficiencia energética y reducir los costos operativos en un contexto de aumento de la demanda de energía y precios globales de los combustibles. El estudio proporciona una visión integral de los desafíos, enfoques y consideraciones clave relacionadas con la implementación de programas de respuesta a la demanda en microrredes, lo que puede servir como base para futuras investigaciones y desarrollos en este campo.

Artículos relacionados con la temática pero que no tocan el tema central de los pronósticos de la demanda de energía

Dentro de la revisión bibliográfica se obtuvieron artículos que no se encuentran estrechamente vinculados con el tema de la investigación. De cierta manera abordan aspectos relacionados con las palabras utilizadas para la búsqueda (‘‘energy’’, ‘‘demand’’, ‘‘forecasting’’). Tratan aspectos que pueden ser de interés para futuras investigaciones, pero se disocian mucho del tema en cuestión. La gran mayoría de los artículos trataban como tema central la transición o incorporación de energías renovables, donde se tiene con gran frecuencia autores hablando de casos específicos en localidades específicas como lo son Das et al. (2020) (Bangladesh); Esily, et al., (2022) (Egipto); Jonaitis et al. (2018) (Lituania); Singh (2018) (India); Tao et al. (2022) (Pakistán). Otros autores como, Comello et al. (2018); Krishnan, et al., (2023); Kumari and Toshniwal (2021); Untrau et al. (2022) abordaron aspectos de incorporación de energías renovables, donde destacaron la energía eólica y solar. También se encuentran Wazirali, et al., (2023); Zhang, et al., (2023) tratando temas de energía renovable.

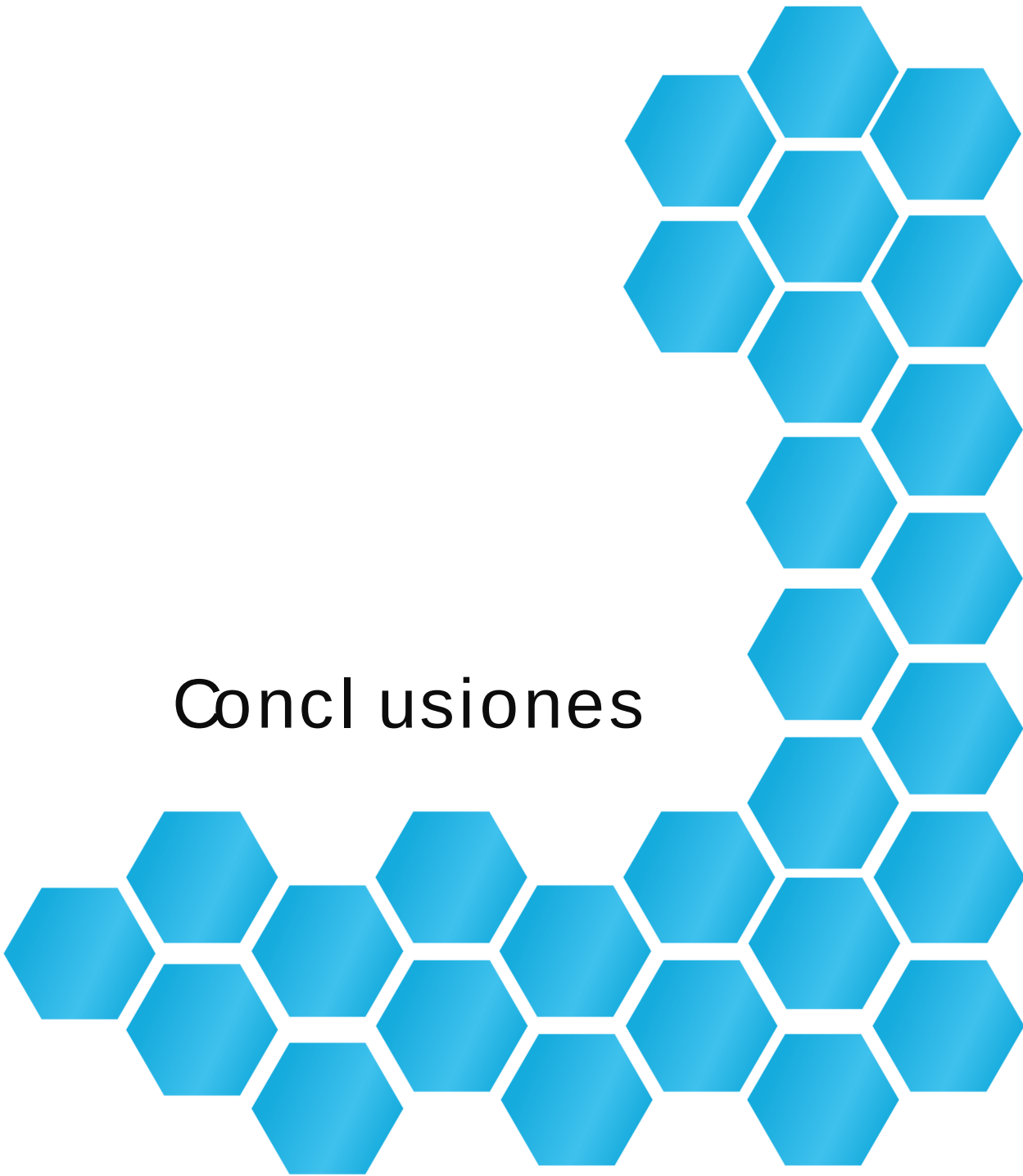
Autores como Chiaramonti, et al., (2021); Hierro-Iglesias, et al., (2022); Mathimani & Mallick (2018); Rodríguez-Monroy, et al., (2018) trataron temas de biocombustibles y biomasa. También menos frecuente acerca de vehículos eléctricos y fabricación sostenible hablaron Tabelin, et al., (2021) y Peng, et al., (2018) respectivamente. Autores como Ghaffour et al. (2019); Sowby (2023); Zubair, et al., (2023) hablaron de tratamiento de aguas residuales y desalinización.

Acerca de Inteligencia Artificial y automatización hablaron Ahmad, et al., (2022); Hassoun et al. (2023); Su (2020); Ying, et al., (2023). Se encontraron trabajos donde la idea central son los edificios inteligentes, ejemplo Aburas et al. (2019); Cheng et al. (2022); Wong et al., (2021); Xu et al. (2023). Abolhassani, et al., (2023) aporta un marco metodológico sistemático para estudiar los impactos del cambio climático en las demandas de calefacción y refrigeración de los edificios. Sobre comunidades eléctricas e inteligentes hablaron Ameer, et al., (2022); Himeur, et al., (2022); Kazmi, et al., (2021)

Algunos artículos tienen de idea central el cambio climático como son Adu-Poku et al. (2022); Ahmad and Zhang (2020); Islam, et al., (2020); Sun, et al., (2023); Wappler, et al., (2022).

Acerca de la economía y los precios de la electricidad están los trabajos de Mehrtash et al. (2023); Ziel and Steinert (2018).

Concl usiones



Conclusiones Generales

Se comprueba en la literatura consultada la importancia de los estudios de revisión de la literatura para el inicio de la investigación, en este sentido se resalta la revisión sistemática. De acuerdo a lo anterior se demuestra que esta tarea de investigación debe de hacerse con rigor. Para lograr este fin se consultan un conjunto de métodos y herramientas que facilitan lograr una revisión de la literatura correcta y robusta.

Se adecua el procedimiento propuesto por Lacerda and von Wangenheim (2018) para la selección y análisis de la literatura, el cual proporciona un método para asegurar encontrar una muestra de artículos relevantes acerca del objeto de investigación.

Se consulta una muestra de 97 fuentes bibliográficas actuales, que realizan artículos de revisión acerca del pronóstico de la demanda de energía, de la base de datos ScienceDirect. Se utilizó el gestor bibliográfico EndNote para almacenar las fuentes bibliográficas y el software VOSviewer para la realización de análisis bibliométricos de las palabras claves, todo lo cual proporciona información relevante para el análisis de las tendencias actuales en el objeto de investigación.

Se realiza un análisis detallado de la bibliografía consultada, resaltando la importancia de los modelos de pronóstico de demanda de energía tanto para la planificación energética a diferentes niveles, como para la inclusión de las problemáticas relacionadas a la introducción de fuentes renovables de energía. Se observa la utilización de métodos y modelos estadísticos para la realización de pronósticos y la inclusión cada vez más fuerte de la utilización de la inteligencia artificial y el análisis de big data debido a las posibilidades de la inclusión de las nuevas tecnologías y la internet de las cosas para acopiar grandes volúmenes de datos.

Se cumple con el objetivo general propuesto en la investigación y se demuestra que existen todavía brechas en la investigación sobre los modelos de pronóstico de la demanda energética.

r ecomendaciones



Recomendaciones

Se recomienda continuar con la investigación a partir de la incorporación de otras bases de datos de literatura científica a partir de las posibilidades que brindan los proyectos internacionales de conseguir su acceso.

Se recomienda la realización de una revisión sistemática de fuentes primarias como son los artículos de aportes, tanto en revistas como de congresos científicos, reportes de instituciones entre otras para aumentar el conocimiento sobre los pronósticos de demanda de energía para demostrar las necesidades de investigación acerca de esta temática, encontrar los modelos más relevantes y determinar su aplicación a las condiciones cubanas para apoyar la toma de decisiones en la transición de la matriz energética.

bibl iogr a f ía



Bibliografía

- Abdel-Aal, R., Al-Garni, A., & Al-Nassar, Y. (1997). Modelling and forecasting monthly electric energy consumption in eastern Saudi Arabia using abductive networks. *Energy*, 22(9), 911-921.
- Abdel-Aal, R., & Al-Garni, A. Z. (1997). Forecasting monthly electric energy consumption in eastern Saudi Arabia using univariate time-series analysis. *Energy*, 22(11), 1059-1069.
- Abolhassani, S. S., Mastani Joybari, M., Hosseini, M., Parsaee, M., & Eicker, U. (2023). A systematic methodological framework to study climate change impacts on heating and cooling demands of buildings. *Journal of Building Engineering*, 63, 105428. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105428>
- Aburas, M., Soebarto, V., Williamson, T., Liang, R., Ebendorff-Heidepriem, H., & Wu, Y. (2019). Thermochromic smart window technologies for building application: A review. *Applied Energy*, 255, 113522. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113522>
- Ad, O., Cook, D., Guyatt, G., & Group, E.-B. M. W. (1994). Users' guides to the medical literature. VI. How to use an overview. *Jama*, 272, 1367.
- Adu-Poku, D., Ackerson, N. O. B., Devine, R. N. O. A., & Addo, A. G. (2022). Climate mitigation efficiency of nitrification and urease inhibitors: impact on N2O emission—A review. *Scientific African*, 16, e01170. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01170>
- Ahmad, T., & Chen, H. (2020). A review on machine learning forecasting growth trends and their real-time applications in different energy systems. *Sustainable Cities and Society*, 54, 102010. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.102010>
- Ahmad, T., Chen, H., Guo, Y., & Wang, J. (2018). A comprehensive overview on the data driven and large scale based approaches for forecasting of building energy demand: A review. *Energy and Buildings*, 165, 301-320. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.01.017>
- Ahmad, T., Madonski, R., Zhang, D., Huang, C., & Mujeeb, A. (2022). Data-driven probabilistic machine learning in sustainable smart energy/smart energy systems: Key developments, challenges, and future research opportunities in the context of smart grid paradigm. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 160, 112128. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112128>
- Ahmad, T., & Zhang, D. (2020). A critical review of comparative global historical energy consumption and future demand: The story told so far. *Energy Reports*, 6, 1973-1991. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.07.020>
- Ahmad, T., & Zhang, D. (2021). Using the internet of things in smart energy systems and networks. *Sustainable Cities and Society*, 68, 102783. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102783>
- Ahmad, T., Zhang, H., & Yan, B. (2020). A review on renewable energy and electricity requirement forecasting models for smart grid and buildings. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102052. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102052>
- Akhtar, S., Adeel, M., Iqbal, M., Namoun, A., Tufail, A., & Kim, K.-H. (2023). Deep learning methods utilization in electric power systems. *Energy Reports*, 10, 2138-2151. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.09.028>
- Al-Saba, T., & El-Amin, I. (1999). Artificial neural networks as applied to long-term demand forecasting. *Artificial Intelligence in engineering*, 13(2), 189-197.
- Ameur, A., Berrada, A., & Emrani, A. (2022). Dynamic forecasting model of a hybrid photovoltaic/gravity energy storage system for residential applications. *Energy and Buildings*, 271, 112325. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112325>
- Arana, C. (2021). *Modelos de aprendizaje automático mediante árboles de decisión*.
- Ariza Ramírez, A. M. (2013). Métodos utilizados para el pronóstico de demanda de energía eléctrica en sistemas de distribución.
- Arnau-Sabatés, L. (2020). La revisión de la literatura científica: Pautas, procedimientos y criterios de calidad.

- Aslam, S., Herodotou, H., Mohsin, S. M., Javaid, N., Ashraf, N., & Aslam, S. (2021). A survey on deep learning methods for power load and renewable energy forecasting in smart microgrids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 144, 110992. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110992](https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110992)
- Barragán-Escandón, E., Zalamea-León, E., Terrados-Cepeda, J., & Vanegas-Peralta, P. (2019). Factores que influyen en la selección de energías renovables en la ciudad. *EURE (Santiago)*, 45(134), 259-277.
- Barrientos, A. F., Olaya, J., & González, V. (2007). Un modelo spline para el pronóstico de la demanda de energía eléctrica. *Revista Colombiana de Estadística*, 30(2), 187-202.
- Beenstock, M., Goldin, E., & Nabot, D. (1999). The demand for electricity in Israel. *Energy Economics*, 21(2), 168-183.
- Belda, C. F., & Grande, E. U. (2009). Los modelos de simulación: una herramienta multidisciplinar de investigación. *Encuentros multidisciplinares*, 11(32), 37-48.
- Benavente, J. M., Galetovic, A., Sanhueza, R., & Serra, P. (2005). Estimando la demanda residencial por electricidad en Chile: el consumo es sensible al precio. *Cuadernos de economía*, 42(125), 31-61.
- Berra, S. (2020). Fundamentos y métodos de las revisiones sistemáticas. *Areté*, 20(2), 73-82.
- Beyene, H. D., Werkneh, A. A., & Ambaye, T. G. (2018). Current updates on waste to energy (WtE) technologies: a review. *Renewable Energy Focus*, 24, 1-11. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ref.2017.11.001](https://doi.org/10.1016/j.ref.2017.11.001)
- Bhuiyan, M. R. A., Mamur, H., & Begum, J. (2021). A brief review on renewable and sustainable energy resources in Bangladesh. *Cleaner Engineering and Technology*, 4, 100208. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100208](https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100208)
- Blackman, K. C., Zoellner, J., Berrey, L. M., Alexander, R., Fanning, J., Hill, J. L., & Estabrooks, P. A. (2013). Assessing the internal and external validity of mobile health physical activity promotion interventions: a systematic literature review using the RE-AIM framework. *Journal of medical Internet research*, 15(10), e2745.
- Bolinger, M. T., Josefy, M. A., Stevenson, R., & Hitt, M. A. (2022). Experiments in strategy research: A critical review and future research opportunities. *Journal of Management*, 48(1), 77-113.
- Boretto, J. G. (2012). Gestores de referencias bibliográficas. *Revista de la Asociación argentina de ortopedia y traumatología*, 77(3), 170-170.
- Bouza, C. (2018). *MODELOS DE REGRESIÓN Y SUS APLICACIONES*.
- Burton, E., Butler, G., Hodgkinson, J., Marshall, S., Hogard, E., Ellis, R., & Warren, J. (2007). Quick but not dirty: rapid evidence assessments (REAs) as a decision support tool in social policy. *Community Safety: Innovation and Evaluation*, 50-62.
- Candy, B., King, M., Jones, L., & Oliver, S. (2011). Using qualitative synthesis to explore heterogeneity of complex interventions. *BMC Medical Research Methodology*, 11(1), 1-9.
- Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J. R., & Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 527-538. <https://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-articulo-la-encuesta-como-tecnica-investigacion--13047738>
- Chase, R. B., Jacobs, R., Aquilano, N., & DE OPERACIONES, A. (2009). Producción y cadena de suministros. *Mexico DF: The McGraw-Hill Companies*.
- Chen, Y., Guo, M., Chen, Z., Chen, Z., & Ji, Y. (2022). Physical energy and data-driven models in building energy prediction: A review. *Energy Reports*, 8, 2656-2671. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.01.162](https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.01.162)
- Chen, Y., Hu, X., & Zhang, L. (2022). A review of ultra-short-term forecasting of wind power based on data decomposition-forecasting technology combination model. *Energy Reports*, 8, 14200-14219. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.10.342](https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.10.342)
- Cheng, Y. L., Lim, M. H., & Hui, K. H. (2022). Impact of internet of things paradigm towards energy consumption prediction: A systematic literature review. *Sustainable Cities and Society*, 78, 103624. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103624](https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103624)

- Chiaramonti, D., Talluri, G., Scarlat, N., & Prussi, M. (2021). The challenge of forecasting the role of biofuel in EU transport decarbonisation at 2050: A meta-analysis review of published scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 139, 110715. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110715>
- Codina, L. (2015). No lo llame Análisis Bibliográfico, llámelo Revisión Sistematizada. Y cómo llevarla a cabo con garantías: Systematized Reviews+ SALSA Framework. *Lluís codina. Cultura académica, comunicación y documentación*.
- Codina, L. (2018). Revisiones bibliográficas sistematizadas: procedimientos generales y Framework para ciencias humanas y sociales.
- Comello, S., Reichelstein, S., & Sahoo, A. (2018). The road ahead for solar PV power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 744-756. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.098>
- Cronin, P., Ryan, F., & Coughlan, M. (2008). Undertaking a literature review: a step-by-step approach. *British journal of nursing*, 17(1), 38-43.
- D'Oro, A., Moreno, C., & Lozano, C. (2007). Modelo de promedios móviles para el pronóstico horario de potencia y energía eléctrica. *El Hombre y la Máquina*.
- Das, N. K., Chakrabartty, J., Dey, M., Gupta, A. K. S., & Matin, M. A. (2020). Present energy scenario and future energy mix of Bangladesh. *Energy Strategy Reviews*, 32, 100576. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100576>
- Daudt, H. M., van Mossel, C., & Scott, S. J. (2013). Enhancing the scoping study methodology: a large, inter-professional team's experience with Arksey and O'Malley's framework. *BMC Medical Research Methodology*, 13, 1-9.
- de Almeida Biolchini, J. C., Mian, P. G., Natali, A. C. C., Conte, T. U., & Travassos, G. H. (2007). Scientific research ontology to support systematic review in software engineering. *Advanced Engineering Informatics*, 21(2), 133-151.
- De León-Casillas, C., Bermonti-Pérez, M., & Moreno-Torres, M. (2020). Guía metodológica para una revisión de literatura sistemática. *Revista Salud y Conducta Humana*, 7(1), 24-38.
- Debnath, K. B., & Mourshed, M. (2018). Forecasting methods in energy planning models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 88, 297-325. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.002>
- Dixon-Woods, M., Bonas, S., Booth, A., Jones, D. R., Miller, T., Sutton, A. J., Shaw, R. L., Smith, J. A., & Young, B. (2006). How can systematic reviews incorporate qualitative research? A critical perspective. *Qualitative research*, 6(1), 27-44.
- Ediger, V. Ş., & Tatlıdil, H. (2002). Forecasting the primary energy demand in Turkey and analysis of cyclic patterns. *Energy conversion and management*, 43(4), 473-487.
- Egelioglu, F., Mohamad, A., & Guven, H. (2001). Economic variables and electricity consumption in Northern Cyprus. *Energy*, 26(4), 355-362.
- Esily, R. R., Chi, Y., Ibrahim, D. M., & Amer, M. A. (2022). The potential role of Egypt as a natural gas supplier: A review. *Energy Reports*, 8, 6826-6836. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.05.034>
- Fernandez-Chinguel, J. E., Zafra-Tanaka, J. H., Goicochea-Lugo, S., Peralta, C. I., & Taype-Rondan, A. (2019). Aspectos básicos sobre la lectura de revisiones sistemáticas y la interpretación de meta-análisis. *Acta Médica Peruana*, 36(2), 157-169.
- Fiorini, L., & Aiello, M. (2019). Energy management for user's thermal and power needs: A survey. *Energy Reports*, 5, 1048-1076. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.08.003>
- Franco Cardona, C. J., Velásquez Henao, J. D., & Olaya Morales, Y. (2008). Caracterización de la demanda mensual de electricidad en Colombia usando un modelo de componentes no observables. *Cuadernos de Administración*, 21(36), 221-235.
- Franco, J. V. A., Arancibia, M., Simancas-Racines, D., & Madrid, E. (2018). Síntesis de información biomédica: revisiones narrativas, revisiones sistemáticas y estructuras emergentes. *Medwave*, 18(07).

- García-Holgado, A., & García-Peñalvo, F. J. (2018). Mapping the systematic literature studies about software ecosystems. Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality,
- García-Peñalvo, F. (2021). Revisiones sistemáticas y meta-análisis en Ciencias Sociales y Humanidades.
- García-Peñalvo, F. J. (2017). Revisión sistemática de literatura en los Trabajos de Final de Máster y en las Tesis Doctorales.
- García-Peñalvo, F. J. (2022). Developing robust state-of-the-art reports: Systematic Literature Reviews.
- García, E. D., Pereira, P. R., Canha, L. N., & Popov, V. A. (2018). Grid functional blocks methodology to dynamic operation and decision making in Smart Grids. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 103, 267-276. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.06.002>
- Gassar, A. A. A., & Cha, S. H. (2020). Energy prediction techniques for large-scale buildings towards a sustainable built environment: A review. *Energy and Buildings*, 224, 110238. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110238>
- Gelvis-Salamanca, L. A., Osorio-Caro, C. A., Riaño-Casallas, M. I., & Rojas-Berrio, S. (2021). Lineamientos, estándares y normas editoriales de revisiones sistemáticas de la literatura en la administración. *Entramado*, 17(2), 74-89.
- Ghaffour, N., Soukane, S., Lee, J. G., Kim, Y., & Alpatova, A. (2019). Membrane distillation hybrids for water production and energy efficiency enhancement: A critical review. *Applied Energy*, 254, 113698. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113698>
- Glasgow, R. E., Vogt, T. M., & Boles, S. M. (1999). Evaluating the public health impact of health promotion interventions: the RE-AIM framework. *American journal of public health*, 89(9), 1322-1327.
- González, I. F., Urrútia, G., & Alonso-Coello, P. (2011). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Revista española de cardiología*, 64(8), 688-696.
- Gotschall, T. (2021). EndNote 20 desktop version. *Journal of the Medical Library Association: JMLA*, 109(3), 520.
- Gough, D., Thomas, J., & Oliver, S. (2012). Clarifying differences between review designs and methods. *Systematic reviews*, 1(1), 1-9.
- Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health information & libraries journal*, 26(2), 91-108.
- Green, B. N., Johnson, C. D., & Adams, A. (2006). Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: secrets of the trade. *Journal of chiropractic medicine*, 5(3), 101-117.
- Greenhalgh, T. (2019). *How to read a paper: the basics of evidence-based medicine and healthcare*. John Wiley & Sons.
- Greenhalgh, T., Wong, G., Westhorp, G., & Pawson, R. (2011). Protocol-realist and meta-narrative evidence synthesis: evolving standards (RAMESES). *BMC Medical Research Methodology*, 11, 1-10.
- Grijalva, P. K., Cornejo, G. E., Gómez, R. R., Real, K. P., & Fernández, A. (2019). Herramientas colaborativas para revisiones sistemáticas. *Revista Espacios*, 40.
- Grimaldo Guerrero, J. W., Mendoza Becerra, M. A., & Reyes Calle, W. P. (2017). Modelo para pronosticar la demanda de energía eléctrica utilizando los producto interno brutos sectoriales: Caso de Colombia.
- Guirao Goris, S. J. A. (2015). Utilidad y tipos de revisión de literatura. *Ene*, 9(2), 0-0.
- Gyongyosi, L., & Imre, S. (2019). A survey on quantum computing technology. *Computer Science Review*, 31, 51-71.
- Häfele, W. (2005). La demanda de energía. Conferencia científica pronunciada en la vigésima primera reunión ordinaria de la conferencia general del organismo de energía atómica, XIX,
- Harris, J. L., & Liu, L.-M. (1993). Dynamic structural analysis and forecasting of residential electricity consumption. *International Journal of Forecasting*, 9(4), 437-455.
- Harris, T. M., Devkota, J. P., Khanna, V., Eranki, P. L., & Landis, A. E. (2018). Logistic growth curve modeling of US energy production and consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96, 46-57. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.049>

- Hassoun, A., Jagtap, S., Trollman, H., Garcia-Garcia, G., Abdullah, N. A., Goksen, G., Bader, F., Ozogul, F., Barba, F. J., Cropotova, J., Muneke, P. E. S., & Lorenzo, J. M. (2023). Food processing 4.0: Current and future developments spurred by the fourth industrial revolution. *Food Control*, 145, 109507. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109507>
- Hierro-Iglesias, C., Chiphango, A., Thornley, P., & Fernández-Castan , A. (2022). Opportunities for the development of cassava waste biorefineries for the production of polyhydroxyalkanoates in Sub-Saharan Africa. *Biomass and Bioenergy*, 166, 106600. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106600>
- Himeur, Y., Elnour, M., Fadli, F., Meskin, N., Petri, I., Rezgui, Y., Bensaali, F., & Amira, A. (2022). Next-generation energy systems for sustainable smart cities: Roles of transfer learning. *Sustainable Cities and Society*, 85, 104059. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104059>
- Imani, M. H., Ghadi, M. J., Ghavidel, S., & Li, L. (2018). Demand Response Modeling in Microgrid Operation: a Review and Application for Incentive-Based and Time-Based Programs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 486-499. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.017>
- IRENA. (2020). Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050
- Islam, M. A., Che, H. S., Hasanuzzaman, M., & Rahim, N. A. (2020). Chapter 5 - Energy demand forecasting. In M. D. Hasanuzzaman & N. A. Rahim (Eds.), *Energy for Sustainable Development* (pp. 105-123). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814645-3.00005-5>
- Islam, S., & Roy, N. K. (2023). Renewables integration into power systems through intelligent techniques: Implementation procedures, key features, and performance evaluation. *Energy Reports*, 9, 6063-6087. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.05.063>
- James, M.-S., Marissa, C., Mark, S., & Anthea, B. (2021). Systematic Approaches to a Successful Literature Review. *Systematic Approaches to a Successful Literature Review*, 1-100.
- Jonaitis, A., Gudzius, S., Morkvenas, A., Azubalis, M., Konstantinaviciute, I., Baranauskas, A., & Ticka, V. (2018). Challenges of integrating wind power plants into the electric power system: Lithuanian case. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 468-475. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.032>
- Juan Manuel, I. (2007). MODELOS DE PRON STICOS. In (pp. 32).
- Kazmi, H., Munn -Collado,  ., Mehmood, F., Syed, T. A., & Driesen, J. (2021). Towards data-driven energy communities: A review of open-source datasets, models and tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 148, 111290. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111290>
- Khalid, R., & Javaid, N. (2020). A survey on hyperparameters optimization algorithms of forecasting models in smart grid. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102275. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102275>
- King, W. R., & He, J. (2005). Understanding the role and methods of meta-analysis in IS research. *Communications of the Association for Information Systems*, 16(1), 32.
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(2004), 1-26.
- Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. *Information and software technology*, 51(1), 7-15.
- [Record #60 is using a reference type undefined in this output style.]
- Kotler, P., & Keller, K. (2012). Direcci n de Marketing (Decimocuarta edici n ed.). Mexico DF: Pearson.
- Krishnan, N., Kumar, K. R., & Inda, C. S. (2023). How solar radiation forecasting impacts the utilization of solar energy: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 388, 135860. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135860>
- Kumari, P., & Toshniwal, D. (2021). Deep learning models for solar irradiance forecasting: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 318, 128566. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128566>
- Lacerda, T. C., & von Wangenheim, C. G. (2018). Systematic literature review of usability capability/maturity models. *Computer Standards & Interfaces*, 55, 95-105.

- León, F., Pérez, M., Serrano, C., & Mejía, O. (2023). Visualización de datos de publicaciones científicas en universidades del gran Santander. *XIX Versión Matemática Aplicada-XIV Versión Estadística–2023*.
- Li, H., Liu, Y., Luo, X., & Duan, H. (2022). A novel nonlinear multivariable Verhulst grey prediction model: A case study of oil consumption forecasting in China. *Energy Reports*, 8, 3424-3436. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.02.149>
- Liu, Y., Hu, X., Luo, X., Zhou, Y., Wang, D., & Farah, S. (2020). Identifying the most significant input parameters for predicting district heating load using an association rule algorithm. *Journal of Cleaner Production*, 275, 122984. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122984>
- Liu, Y., Yu, S., Zhu, Y., Wang, D., & Liu, J. (2018). Modeling, planning, application and management of energy systems for isolated areas: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 460-470. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.063>
- López Gómez, E. (2018). El método Delphi en la investigación actual en educación: una revisión teórica y metodológica. *Educación XX1: revista de la Facultad de Educación*.
- Maghami, M. R., & Mutambara, A. G. O. (2023). Challenges associated with Hybrid Energy Systems: An artificial intelligence solution. *Energy Reports*, 9, 924-940. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.11.195>
- Makridakis, S., Wheelwright, S., & Hyndman, R. (1984). Forecasting: Methods and Applications. In (Vol. 35). <https://doi.org/10.2307/2581936>
- Manandhar, P., Rafiq, H., & Rodriguez-Ubinas, E. (2023). Current status, challenges, and prospects of data-driven urban energy modeling: A review of machine learning methods. *Energy Reports*, 9, 2757-2776. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.01.094>
- Manikas, K., & Hansen, K. M. (2013). Software ecosystems—A systematic literature review. *Journal of Systems and Software*, 86(5), 1294-1306.
- Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., Claros, N., & MINCIR, G. (2013). Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugía española*, 91(3), 149-155.
- Marcos-Pablos, S., & García-Peñalvo, F. J. (2022). Emotional intelligence in robotics: a scoping review. *New Trends in Disruptive Technologies, Tech Ethics and Artificial Intelligence: The DITTET Collection 1*,
- Mathimani, T., & Mallick, N. (2018). A comprehensive review on harvesting of microalgae for biodiesel – Key challenges and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 1103-1120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.083>
- Meddahi, S., & Sayas, F. J. (1995). Introducción a los métodos de descomposición de dominio.
- Medina-Merodio, J. A., Pablos-Heredero, C. d., Jiménez-Rodríguez, M. L., Marcos-Ortega, L. d., Barchino-Plata, R., Rodríguez-García, D., & Gómez-Aguado, D. (2014). Análisis de la satisfacción de cliente mediante el uso de cuestionarios con preguntas abiertas. *Dyna*, 81(188), 92-99.
- Mehrtash, M., Hobbs, B. F., & Ela, E. (2023). Reserve and energy scarcity pricing in United States power markets: A comparative review of principles and practices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 183, 113465. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113465>
- Michael Goldin, E., & Nabot, D., Beenstock. (1999). The demand for electricity in Israel. *Energy Economics*, 21(2), 168-183.
- Mirasgedis, S., Sarafidis, Y., Georgopoulou, E., Lalas, D., Moschovits, M., Karagiannis, F., & Papakonstantinou, D. (2006). Models for mid-term electricity demand forecasting incorporating weather influences. *Energy*, 31(2-3), 208-227.
- Mohamed, Z., & Bodger, P. (2005). Forecasting electricity consumption in New Zealand using economic and demographic variables. *Energy*, 30(10), 1833-1843.
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & Group, P.-P. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic reviews*, 4, 1-9.
- Montemayor Gallegos, J. E. (2013). Métodos de pronósticos para negocios.

- Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., & Villanueva, J. (2018). Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. *Revista clínica de periodoncia, implantología y rehabilitación oral*, 11(3), 184-186.
- Muñoz, J. F. T., Galvis, C. A. V., & Cárdenas, M. V. (2014). Comparación de técnicas estadísticas de pronóstico para la demanda de energía eléctrica. *Revista Ingeniería Industrial*, 13(1), 2.
- Murillo, J., Trejos, A., & OLAYA, P. C. (2003). Estudio del pronóstico de la demanda de energía eléctrica, utilizando modelos de series de tiempo. *Scientia et technica*, 3(23).
- Nasr, G., Badr, E., & Joun, C. (2003). Backpropagation neural networks for modeling gasoline consumption. *Energy conversion and management*, 44(6), 893-905.
- Nasr, G. E., Badr, E. A., & Dibeh, G. (2000). Econometric modeling of electricity consumption in post-war Lebanon. *Energy Economics*, 22(6), 627-640.
- Nowotarski, J., & Weron, R. (2018). Recent advances in electricity price forecasting: A review of probabilistic forecasting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1548-1568. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.234>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., & Brennan, S. E. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista española de cardiología*, 74(9), 790-799.
- Paredes, A. P., de los Ángeles, J. A. C., Villalobos, A. M. G., & Fonseca, V. J. (2018). Importancia de los pronósticos en la toma de decisiones en las MIPYMES. *Revista GEON (Gestión, Organizaciones Y Negocios)*, 5(1), 97-114.
- Peng, T., Kellens, K., Tang, R., Chen, C., & Chen, G. (2018). Sustainability of additive manufacturing: An overview on its energy demand and environmental impact. *Additive Manufacturing*, 21, 694-704. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.04.022>
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., & Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE) 12,
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2008). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. John Wiley & Sons.
- Plaum, F., Ahmadiyahangar, R., Rosin, A., & Kilter, J. (2022). Aggregated demand-side energy flexibility: A comprehensive review on characterization, forecasting and market prospects. *Energy Reports*, 8, 9344-9362. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.07.038>
- Pluye, P., Gagnon, M.-P., Griffiths, F., & Johnson-Lafleur, J. (2009). A scoring system for appraising mixed methods research, and concomitantly appraising qualitative, quantitative and mixed methods primary studies in mixed studies reviews. *International journal of nursing studies*, 46(4), 529-546.
- Poudyal, R., Loskot, P., Nepal, R., Parajuli, R., & Khadka, S. K. (2019). Mitigating the current energy crisis in Nepal with renewable energy sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 116, 109388. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109388>
- Quitoras, M. R. D., Abundo, M. L. S., & Danao, L. A. M. (2018). A techno-economic assessment of wave energy resources in the Philippines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 88, 68-81. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.016>
- Rendón, J. F., Trespalacios, A., Cortés, L. M., & Villada-Medina, H. D. (2021). Modelización de la demanda de energía eléctrica: más allá de la normalidad. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 32, 83-98.
- Ríos, G. (2008). Series de Tiempo.
- Riva, F., Tognollo, A., Gardumi, F., & Colombo, E. (2018). Long-term energy planning and demand forecast in remote areas of developing countries: Classification of case studies and insights from a modelling perspective. *Energy Strategy Reviews*, 20, 71-89. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.02.006>
- Rodríguez-Monroy, C., Mármol-Acitores, G., & Nilsson-Cifuentes, G. (2018). Electricity generation in Chile using non-conventional renewable energy sources – A focus on biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 937-945. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.059>

- Rodríguez, X. E. S., Chilán, J. H. M., & Ponce, D. K. P. (2021). La investigación de mercado impacto que genera en la toma de decisiones. *Dominio de las Ciencias*, 7(1), 79-94.
- [Record #93 is using a reference type undefined in this output style.]
- RUEDA, V., Velásquez Henao, J. D., & Franco Cardona, C. J. (2011). Avances recientes en la predicción de la demanda de electricidad usando modelos no lineales. *Dyna*, 78(167), 36-43.
- Russo, M. A., Carvalho, D., Martins, N., & Monteiro, A. (2022). Forecasting the inevitable: A review on the impacts of climate change on renewable energy resources. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102283. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102283>
- Saab, S., Badr, E., & Nasr, G. (2001). Univariate modeling and forecasting of energy consumption: the case of electricity in Lebanon. *Energy*, 26(1), 1-14.
- Salinas, M. (2020). Sobre las revisiones sistemáticas y narrativas de la literatura en Medicina. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 36(1), 26-32.
- Sica, L., & Deflorio, F. (2023). Estimation of charging demand for electric vehicles by discrete choice models and numerical simulations: Application to a case study in Turin. *Green Energy and Intelligent Transportation*, 2(2), 100069. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geits.2023.100069>
- Singh, R. (2018). Energy sufficiency aspirations of India and the role of renewable resources: Scenarios for future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2783-2795. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.083>
- Smith, V., Devane, D., Begley, C. M., & Clarke, M. (2011). Methodology in conducting a systematic review of systematic reviews of healthcare interventions. *BMC Medical Research Methodology*, 11(1), 1-6.
- Sobri, S., Koohi-Kamali, S., & Rahim, N. A. (2018). Solar photovoltaic generation forecasting methods: A review. *Energy Conversion and Management*, 156, 459-497. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.11.019>
- Sowby, R. B. (2023). Making waves: Research to support water and wastewater utilities in the transition to a clean-energy future. *Water Research*, 233, 119739. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119739>
- Su, Y. (2020). Smart energy for smart built environment: A review for combined objectives of affordable sustainable green. *Sustainable Cities and Society*, 53, 101954. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101954>
- Sun, G., Wei, X., Hao, L., Sanchis, M. G., Hou, Y., Yousefpour, R., Tang, R., & Zhang, Z. (2023). Forest hydrology modeling tools for watershed management: A review. *Forest Ecology and Management*, 530, 120755. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120755>
- Tabelin, C. B., Dallas, J., Casanova, S., Pelech, T., Bournival, G., Saydam, S., & Canbulat, I. (2021). Towards a low-carbon society: A review of lithium resource availability, challenges and innovations in mining, extraction and recycling, and future perspectives. *Minerals Engineering*, 163, 106743. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106743>
- Talari, S., Shafie-khah, M., Osório, G. J., Aghaei, J., & Catalão, J. P. S. (2018). Stochastic modelling of renewable energy sources from operators' point-of-view: A survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1953-1965. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.006>
- Tao, J., Waqas, M., Ali, M., Umair, M., Gan, W., & Haider, H. (2022). Pakistan's electrical energy crises, a way forward towards 50% of sustain clean and green electricity generation. *Energy Strategy Reviews*, 40, 100813. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100813>
- Tarragona, J., Pisello, A. L., Fernández, C., de Gracia, A., & Cabeza, L. F. (2021). Systematic review on model predictive control strategies applied to active thermal energy storage systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111385. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111385>
- Thirunavukkarasu, G. S., Seyedmahmoudian, M., Jamei, E., Horan, B., Mekhilef, S., & Stojcevski, A. (2022). Role of optimization techniques in microgrid energy management systems—A review. *Energy Strategy Reviews*, 43, 100899. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100899>

- Tien, P. W., Wei, S., Darkwa, J., Wood, C., & Calautit, J. K. (2022). Machine Learning and Deep Learning Methods for Enhancing Building Energy Efficiency and Indoor Environmental Quality – A Review. *Energy and AI*, 10, 100198. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyai.2022.100198>
- Tran, L. N., Cai, G., & Gao, W. (2023). Determinants and approaches of household energy consumption: A review. *Energy Reports*, 10, 1833-1850. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.08.026>
- Trinoskey, J., Brahmi, F. A., & Gall, C. (2009). Zotero: A product review. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, 6(3), 224-229.
- Tserkezos, E. D. (1992). Forecasting residential electricity consumption in Greece using monthly and quarterly data. *Energy Economics*, 14(3), 226-232.
- Untrau, A., Sochard, S., Marias, F., Reneaume, J.-M., Le Roux, G. A. C., & Serra, S. (2022). Analysis and future perspectives for the application of Dynamic Real-Time Optimization to solar thermal plants: A review. *Solar Energy*, 241, 275-291. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.05.058>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84, 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Verdejo, C., Tapia-Benavente, L., Schuller-Martínez, B., Vergara-Merino, L., Vargas-Peirano, M., & Silva-Dreyer, A. M. (2021). Lo que tienes que saber sobre las revisiones panorámicas. *Medwave*, 21(02).
- Veteska, J., Kursch, M., Svobodova, Z., Tureckiova, M., & Paulovcakova, L. (2022). Longitudinal Co-teaching Projects: Scoping Review. *Orchestration of Learning Environments in the Digital World*, 35-53.
- Villarreal, F. (2016). Introducción a los Modelos de Pronósticos. *Univ. Nac. del Sur*, 1-121.
- Wang, C., Li, X., & Hailong Li, a. (2022). Role of input features in developing data-driven models for building thermal demand forecast. *Energy and Buildings*, 277, 112593. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112593>
- Wappler, M., Unguder, D., Lu, X., Ohlmeyer, H., Teschke, H., & Lueke, W. (2022). Building the green hydrogen market – Current state and outlook on green hydrogen demand and electrolyzer manufacturing. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(79), 33551-33570. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.07.253>
- Wazirali, R., Yaghoubi, E., Abujazar, M. S. S., Ahmad, R., & Vakili, A. H. (2023). State-of-the-art review on energy and load forecasting in microgrids using artificial neural networks, machine learning, and deep learning techniques. *Electric Power Systems Research*, 225, 109792. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.epsr.2023.109792>
- Webster, J., & Watson, R. T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS quarterly*, xiii-xxiii.
- Wei, Y., Zhang, X., Shi, Y., Xia, L., Pan, S., Wu, J., Han, M., & Zhao, X. (2018). A review of data-driven approaches for prediction and classification of building energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1027-1047. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.108>
- Wen, L., Zhou, K., Yang, S., & Li, L. (2018). Compression of smart meter big data: A survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 59-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.088>
- Wheelwright, S. M. S. C. (1997). Forecasting: Issues & Challenges for Marketing Management. *Journal of Marketing*, 41. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/002224297704100403>
- Whittemore, R., Chao, A., Jang, M., Minges, K. E., & Park, C. (2014). Methods for knowledge synthesis: an overview. *Heart Lung*, 43(5), 453-461. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2014.05.014>
- Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). The integrative review: updated methodology. *Journal of advanced nursing*, 52(5), 546-553.
- Wong, C. H. H., Cai, M., Ren, C., Huang, Y., Liao, C., & Yin, S. (2021). Modelling building energy use at urban scale: A review on their account for the urban environment. *Building and Environment*, 205, 108235. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108235>

- Xu, C., Sun, Y., Du, A., & Gao, D.-c. (2023). Quantile regression based probabilistic forecasting of renewable energy generation and building electrical load: A state of the art review. *Journal of Building Engineering*, 107772. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107772>
- Ying, C., Wang, W., Yu, J., Li, Q., Yu, D., & Liu, J. (2023). Deep learning for renewable energy forecasting: A taxonomy, and systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 384, 135414. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135414>
- Zendehboudi, A., Baseer, M. A., & Saidur, R. (2018). Application of support vector machine models for forecasting solar and wind energy resources: A review. *Journal of Cleaner Production*, 199, 272-285. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.164>
- Zhang, C., Yan, J., & You, F. (2023). Critical metal requirement for clean energy transition: A quantitative review on the case of transportation electrification. *Advances in Applied Energy*, 9, 100116. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.adapen.2022.100116>
- Zhou, Y. (2022). Advances of machine learning in multi-energy district communities– mechanisms, applications and perspectives. *Energy and AI*, 10, 100187. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyai.2022.100187>
- Ziel, F., & Steinert, R. (2018). Probabilistic mid- and long-term electricity price forecasting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 251-266. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.038>
- Zillmer, J. G. V., & Díaz-Medina, B. A. (2018). Revisión Narrativa: elementos que la constituyen y sus potencialidades. *Journal of Nursing and Health*, 8(1).
- Zubair, M. M., Saleem, H., & Zaidi, S. J. (2023). Recent progress in reverse osmosis modeling: An overview. *Desalination*, 564, 116705. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.desal.2023.116705>



Anexos

Anexo 1: Principales definiciones encontradas en la literatura sobre las revisiones sistemáticas

Fuente	Definición
Kitchenham (2004)	Una revisión sistemática se define como una manera de evaluar e interpretar toda la investigación disponible relevante respecto de un interrogante de investigación particular, en un área temática o fenómeno de interés.
Gisbert y Bonfill (2004), referenciado en García Peñalvo (2017)	Las revisiones sistemáticas son investigaciones científicas en sí mismas, con métodos prefigurados y un ensamblaje de los estudios originales, que sintetizan los resultados de estas revisiones sistemáticas de la literatura en los trabajos de final de máster y en las tesis doctorales.
Kitchenham y Charters (2007)	Revisión sistemática de la literatura (también conocida como revisión sistemática); es una forma de estudio secundario que utiliza una metodología bien definida para identificar, analizar e interpretar toda la evidencia disponible relacionada con una pregunta de investigación específica de manera imparcial y (hasta cierto punto) repetible.
Higgins y Green (2008); Eden et al. (2011); De Leon Casillas y Moreno Torres (2020), referenciado en de León Casillas, Bermonti Pérez y Moreno Torres (2020)	La SLR es la revisión de la literatura mediante un método transparente preestablecido. Por transparencia entiéndase como la potencial reproducibilidad de los métodos.
Sánchez Meca (2010) y Koretz y Lipman (2017)	Una revisión sistemática revisa la literatura científica sobre un tópico partiendo de una pregunta formulada con claridad y se utilizan métodos sistemáticos y explícitos para identificar, seleccionar y valorar críticamente investigaciones relevantes a dicha pregunta, así como recoger y analizar datos de los estudios incluidos en la revisión.
Arévalo Barea et al.	La SLR es una herramienta que colabora con la interpretación de los significados que los individuos o grupos le asignan a un

(2010), referenciado en Grijalva et al. (2019)	problema, cómo y por qué funcionan las opciones, y los puntos de vista y las experiencias de las partes interesadas relacionados con las opciones en particular.
Ferreira González, Urrútia y Alonso Coello (2011)	Las SLR son investigaciones científicas en las que la unidad de análisis son los estudios originales primarios, a partir de los cuales se pretende contestar a una pregunta de investigación claramente formulada mediante un proceso sistemático y explícito.
Manterola et al. (2013) y Berra (2020)	Una revisión sistemática, es un artículo de síntesis de la evidencia disponible, en el que se realiza una revisión de aspectos cuantitativos y cualitativos de estudios originales. El propósito es contestar a una pregunta de investigación mediante un proceso sistemático y explícito para identificar, seleccionar y evaluar críticamente la investigación relevante.
Tebes et al. (2020)	La SLR es una estrategia de investigación destinada a obtener evidencia desde artículos científicos almacenados en repositorios digitales, la cual debe ser sistemática, reproducible y auditable para formular preguntas de investigación sobre un área temática o fenómeno de interés y para buscar, seleccionar, analizar y comunicar toda la investigación relevante, básica o aplicada, necesaria para responder a dichas preguntas.
García Peñalvo (2021)	Una SLR es un tipo de revisión de la literatura que recopila y analiza críticamente múltiples estudios o trabajos de investigación a través de un proceso sistemático.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Herramientas de apoyo al proceso de investigación.

Herramienta	Tipo	Descripción
Mendeley	Gestor bibliográfico	Elaboración de citas bibliográficas, control de estudios agregados de manera manual, las búsquedas son de manera manual.
RefWorks	Gestor bibliográfico	Aplicación online de paga, con un periodo gratis de prueba de 30 días, gestor en línea de artículos y referencias.
JabRef	Gestor bibliográfico	Administración de artículos y referencias.
EndNote	Gestor bibliográfico	Aplicación online pagada, herramienta para administración y publicación de bibliografías
Zotero	Gestor bibliográfico	Software libre para gestionar citas bibliográficas. Permite almacenar, organizar, etiquetar y aplicar estilos a las referencias bibliográficas. Detecta automáticamente citas bibliográficas en páginas web.
MAVIS	Herramienta para Meta-análisis	Meta-análisis según los modelos de efectos fijos y aleatorios. Trabaja con la d de Cohen, con el coeficiente de correlación y con modelos dicotómicos. Cuenta con distintas formas de estimar la heterogeneidad. Realiza análisis de moderadores.
Comprehensive Meta-analysis	Herramienta para Meta-análisis	Permite demostrar problemas conceptuales, como el impacto de las ponderaciones del estudio en el efecto combinado, las implicaciones de la heterogeneidad y los modelos de efectos fijos frente a efectos aleatorios.
Metafor	Herramienta para Meta-análisis	Herramienta gratuita, especializado en meta-análisis para el entorno estadístico.
RevMan	Herramienta para revisión sistemática.	Sigue el proceso de la realización de una revisión sistemática. Se utiliza dentro de sus propias bases o repositorios científicos. Permite preparar y mantener revisiones sistemáticas en la comunidad Cochrane. Diseñado especialmente para la medicina, y resulta poco flexible para otros usos.
PRISMA	Herramienta para revisión sistemática.	Se puede utilizar para revisiones sistemáticas originales, revisiones sistemáticas actualizadas o continuamente actualizadas. Los ítems de PRISMA son relevantes para las revisiones sistemáticas de métodos mixtos (que incluyen estudios cuantitativos y cualitativos), pero también se deben consultar las guías de presentación y síntesis de datos cualitativos.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Estudio sobre los tipos de revisiones de la literatura.

Objetivo principal	Tipos de revisiones de la literatura	Cronin (2008)	Grant (2009)	Whittemore et al. (2014)	Paré et al. (2015)	Booth et al. (2016)
Revisión descriptiva	Revisión de literatura / revisión narrativa	X	X		X	X
	Revisión de mapeo de literatura		X			X
	Revisión panorámica		X			X
	Revisión rápida		X			X
	Revisión de alcance			X	X	X
	Revisión del estado de la cuestión		X			X
	Revisión descriptiva				X	
Agregación o integración de datos.	Revisión integrativa			X		X
	Meta-análisis	X	X	X	X	X
	Meta-síntesis	X				
	Revisión de estudios mixtos / Revisión de métodos mixtos		X	X		X
	Revisión sistemática cualitativa / Síntesis de evidencias cualitativas	X	X	X	X	X
	Revisión paraguas		X	X	X	X
	Revisión RE-AIM			X		
Construcción de una explicación.	Revisión realista				X	X
	Revisión teórica				X	
Evaluación crítica de la literatura existente.	Revisión crítica		X		X	X

Fuente: Guirao Goris (2015) y García Peñalvo (2022).

Anexo 4: Resumen de la revisión de la literatura sobre modelos de pronósticos de demandas de energía.

No.	Autor, Año	Energía	Medio	Metodologías	Herramientas	Cantidad de Artículos	Período de tiempo	Ecológico	Económico	Social	Transporte	Región
1	(Ahmad et al., 2020)	Energía Eléctrica, Energía Renovable		Calcula principalmente los patrones de crecimiento en el uso de energías renovables y los requisitos de demanda de energía		313	(1999-2019)	X	X			Global
2	(Ahmad & Zhang, 2021)	Energía Eléctrica Fuentes Renovables de Energía	Sistemas y redes de energía inteligentes		Internet de las Cosas (IoT)		(2004-2021)	X	X			Global
3	(Akhtar et al., 2023)	Energía Eléctrica Fuentes Renovables de Energía	Sistemas de energía eléctrica		Modelos de aprendizaje profundo	79	(2019-2023)	X	X			Global
4	(Yulong Chen et al., 2022)	Energía eólica Energía eléctrica	Precisión de pronóstico a ultracorto plazo	Análisis de parámetros			(2007-2022)	X				Global
5	(Yongbao Chen et al., 2022)	Energía renovable Eficiencia energética	Modelado energético de edificios	Simulación energética de edificios Previsión de series de tiempo	Series de tiempo	139	(1996-2021)	X	X			Global
6	(Khalid & Javaid, 2020)	Energía renovable Generación de energía	Redes inteligentes (SG)	Revisión de la literatura sobre los modelos de pronóstico y los métodos de optimización utilizados para ajustar sus hiperparámetros.	Máquina de vectores de soporte (SVM) Redes neuronales artificiales (ANN) Redes bayesianas (BN)	78	(2007-2020)	X	X			Global
7	(Wei et al., 2018)	Energía renovable Energía eléctrica	Edificios	Revisión de los enfoques basados en datos predominantes utilizados en el análisis energético de edificios bajo diferentes arquetipos y granularidades, incluidos los métodos de predicción	Redes neuronales artificiales Máquinas de vectores de soporte Regresión estadística Árbol de decisión Algoritmo genético	115	(2000-2016)	X	X	X		Global
8	(Wen et al., 2018)	Energía eléctrica Energía renovable	Big Data Red inteligente	Se presenta un estudio exhaustivo sobre las técnicas de compresión de big data de medidores inteligentes	Análisis de regresión Suavizado exponencial Iteración ponderada Algoritmos mejorados que incluyen la predicción adaptativa Series temporales estocásticas. Redes neuronales Método de pronóstico híbrido con transformada wavelet Modelo evolutivo neuronal para pronosticar la carga eléctrica.	126	(2002-2017)	X	X			Global
9	(Sowby, 2023)	Energías renovables Energía eléctrica	Empresas de agua potable y aguas residuales	Explora cómo la comunidad de investigadores puede apoyar a las empresas de agua durante la transición a medida que características como las energías renovables, las cargas flexibles y los mercados dinámicos se vuelven estándar.	Pronóstico integrado de la demanda de agua y energía		(2005-2022)	X	X	X		Global
10	(Talari et al., 2018)	Energía renovable Energía Eléctrica		Modelado matemático. Se investiga la gestión del lado de la demanda. Se discute el efecto de diferentes esquemas del mercado eléctrico y métodos de optimización relevante.	Modelización estocástica	128	(2000-2017)	X	X			Global
11	(Tao et al., 2022)	Energía Renovable Energía Eléctrica	Sistema eléctrico de Pakistán	Análisis de los supuestos utilizando múltiples factores (clima y tiempo, factores estacionales y económicos), a corto, mediano y largo plazo, respectivamente. Exploración de indicadores económicos para desarrollar un plan integral de generación de electricidad.	Series de tiempo estocásticas (STS) Red neuronal artificial (ANN) Técnicas de pronóstico de regresión	70	(2004-2017)	X	X	X		Pakistán
12	(Maghami & Mutambara, 2023)	Energía híbrida Energía renovable	Sistemas Híbridos de Energía (HES)	Presenta los desafíos más comunes que enfrentan los sistemas de energía híbridos autónomos y cómo la técnica de inteligencia artificial (IA) los ha mejorado.	Inteligencia artificial (IA)		(2019-2022)	X	X			Global
13	(Ghenai et al., 2022)	Energía eléctrica Energías renovables		Presentar una evaluación de la literatura que clasifica los principios, patrones de uso y beneficios de la DT en el sector energético.	Gemelo digital (DT) Aprendizaje automático (ML) Inteligencia artificial (AI)		(2010-2020)	X	X			Global
14	(Zhu et al., 2022)	Energías renovables Energía Eléctrica	Sistemas energéticos integrados (IES)		Aprendizaje automático Aprendizaje profundo							Global
15	(Prakash & Pandzic, 2023)	Energía eléctrica Energía eólica Energía Solar		Proporciona un estudio estructurado e integral de los desafíos, oportunidades y potenciales de los recursos activos del vecindario, por ejemplo, recursos energéticos distribuidos (DER) y cargas flexibles inteligentes, para participar activamente en los servicios FFC	Modelo de control coordinado de inercia sintética (SIC)				X		X	Global
16	(Thirunavukkarasu et al., 2022)	Energía renovable Energía Eléctrica	Sistema de gestión de energía (EMS) de microrred (MG)	Identificación y análisis crítico de las diferentes técnicas de optimización utilizadas en los problemas de gestión energética	EMS basado en inteligencia artificial (IA) EMS basado en múltiples agentes EMS basado en lógica difusa EMS basado en la teoría de juegos EMS basado en aprendizaje por refuerzo EMS basado en redes neuronales	169	(2010-2020)	X	X			Global
17	(Nowotarski & Weron, 2018)	Energía eléctrica Energía renovable	Precio de la electricidad	Revisión tutorial del pronóstico del precio de la electricidad (EPF) y se presentan pautas muy necesarias para el uso riguroso de métodos, medidas y pruebas, en línea con el paradigma de "maximizar la nitidez sujeta a la confiabilidad"	Máquina de vectores de soporte (SVM) Modelo de cambio de régimen (MRS) Promedio de regresión cuantil (QRA) Modelos aditivos generales (GAM)	940	(1982-2018)	X		X		Global

18	(Plaum et al., 2022)	Energía renovable Energía Eléctrica	Flexibilidad energética del lado de la demanda agregada	Descripción general de los métodos de caracterización de la flexibilidad energética.	Programación lineal entera mixta (MILP) Método algorítmico Restringido por el azar (CC) Media móvil integrado autorregresiva (ARIMA) Análisis de datos basado Redes neuronales (NN) Máquina de vectores de soporte (SVM) Descripción de datos de vectores de soporte (SVDD) Regresión logística Regresión lineal por partes		(2003-2022)	X	X			Global
19	(Aslam et al., 2021)	Energía Renovable (Solar y Eólica)	Demanda de Energía	Identificación, clasificación y revisión de los enfoques de aprendizaje profundo.	Modelos de aprendizaje profundo		(2015-2020)	X	X			Global
20	(Beyene et al., 2018)	Energía Renovable	Conversión de residuos en energía (WTE)	Desarrollar diferentes alternativas de conversión de residuos en energía		111	(2011-2016)	X	X	X		Países en Desarrollo
21	(Bhuiyan et al., 2021)	Energía solar Energía hidro Energía eólica Gas de biomasa	Generación eléctrica	Breve reseña de la situación actual de Bangladesh			(2005-2021)	X	X	X		Bangladesh
22	(Poudyal et al., 2019)	Energía renovable		Proporciona una perspectiva actualizada sobre la actual crisis energética en Nepal.		146	(2000-2018)	X	X	X		Nepal
23	(Quitoras et al., 2018)	Energía renovable Energía oceánica	Convertidores de energía de las olas (WEC)	Analiza la viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de la energía procedente de ondas.		42	(2004-2018)	X		X		Filipinas
24	(Russo et al., 2022)	Energía Eólica Solar Hidroeléctrica	Escenarios climáticos de descarbonización	Revisa las metodologías actuales para calcular la producción de energía a partir de Fuentes renovables de energías (FER) y busca identificar las limitaciones de las estimaciones actuales para la producción futura de energía	Modelos climáticos globales y regionales (GCM y RCM)	98	(2005-2021)	X		X		Global
25	(Singh, 2018)	Energía solar, eólica, pequeñas centrales hidroeléctricas y de biomasa	Suficiencia energética	Evalúa la validez de la promesa que ofrecen las tecnologías de energía renovable en las aspiraciones de suficiencia energética de la India.	Modelo matemático para pronóstico.	104	(2000-2017)	X	X	X		India
26	(Sobri et al., 2018)	Energía Solar Fotovoltaica		Analizar y comparar varios métodos de pronóstico de la energía solar fotovoltaica en términos de características y rendimiento	Métodos estadísticos de series temporales. Red neuronal artificial Máquinas de vectores soporte Métodos físicos Métodos de conjunto	120	(2010-2017)	X		X		Malasia
27	(Tarragona et al., 2021)	Energía renovable Energía térmica		Revisión de la aplicación de estrategias de control predictivo de modelos a sistemas activos de almacenamiento de energía térmica	Control predictivo del modelo Internet de las Cosas (IoT)	109	(2009-2020)	X				Global
28	(Zendehboudi et al., 2018)	Energía solar y eólica		Revisión sistemática de la literatura Extracción y selección de las publicaciones en las áreas deseadas Análisis de las publicaciones.	Máquina de vectores de soporte (SVM)	75	(2009-2017)	X				Global
29	(Zhou, 2022)	Energía renovable	Almacenamiento de energía		Aprendizaje automático Inteligencia artificial	200	(2003-2022)	X	X			Global
30	(Tian et al., 2023)	Energías renovables		Revisión de estudios recientes sobre la composición de las energías renovables y la reducción de la electrificación en 26 escenarios futuros de Canadá.				X		X		Canadá
31	(Mutezo & Mulopo, 2021)	Energía renovable		Revisión de la literatura existente relevante para la transición energética de África			(2009-2019)	X		X		África
32	(Mohseni et al., 2022)	Energía renovable			Modelos de optimización energética	252		X				Global
33	(Hussain et al., 2021)	Energías renovables	Vehículos eléctricos (EV)	Revisa diferentes estrategias de gestión para minimizar los impactos de la integración de los vehículos eléctricos en el sistema de red				X			X	Global
34	(Sadeghian et al., 2022)	Energía renovable	Vehículos eléctricos (EV)	Describe los beneficios y desafíos del procedimiento de carga inteligente de vehículos eléctricos (EVSC) desde diferentes puntos de vista. Se analiza el papel del agregador de vehículos eléctricos en EVSC, los métodos y objetivos de carga y la infraestructura necesaria para implementar EVSC. El estudio también aborda los servicios auxiliares proporcionados por EVSC y los enfoques de previsión de carga de los vehículos eléctricos				X			X	Global
35	(Batista et al., 2023)	Energía Renovable		Revisión sistemática y bibliométrica para identificar las fortalezas y debilidades de las metodologías de optimización Sistema Híbrido de Energía Renovable (HRES) existentes	Métodos de Optimización de Enjambre de Partículas (PSO)			X	X			Global
36	(Chakraborty et al., 2023)	Energías Renovables	Dispositivos de almacenamiento de energía en operaciones de microrredes (MG)					X	X			Global
37	(Ahmad & Chen, 2020)	Energías renovables		Revisión exhaustiva de los algoritmos de aprendizaje automático. Investigar y analizar los métodos utilizados para prever la energía, el uso en tiempo real en múltiples aplicaciones y para identificar la revisión de la investigación con técnicas útiles que son accesibles en la literatura actual	Aprendizaje automático Modelos supervisados Modelos de redes neuronales artificiales Máquinas de vectores de soporte		(2001-2019)	X				Global
38	(Islam & Roy, 2023)	Energía renovable		Análisis de revisión		89	(2008-2022)	X				Global

39	(Fiorini & Aiello, 2019)	Energía Eléctrica Energía calorífica	Enfoques de programación de operaciones,	Análisis del estado del arte en sistemas de gestión de energía.		69	(2010-2018)	X	X			Global
40	(Garcia et al., 2018)	Energía Eléctrica	Control del sistema eléctrico Redes inteligentes	Propuesta de método para subdividir el sistema de distribución		31	(2014-2018)		X			Global
41	(Gassar & Cha, 2020)	Energía Eléctrica	Edificios a gran escala	Revisión exhaustiva de las técnicas de predicción		294	(2000-2020)		X			Global
42	(Ahmad et al., 2018)	Energía/electricidad de todo el edificio Energía de refrigeración Energía de calefacción	Predicción de energía de edificios	Análisis de Modelos de previsión energética		197	(2000-2023)		X	X		Global
43	(Ranjan & Shankar, 2022)	Energía Eléctrica		Examina una revisión en profundidad de los aspectos técnicos centrales recientes para control de frecuencia de carga (LFC) basados en sistemas de energía clásicos y modernos que involucran el modelo no lineal, los parámetros de diseño del controlador, la aplicación de computación suave, los atributos de pronóstico de carga.				X	X			Global
44	(Debnath & Mourshed, 2018)	Energía Eléctrica	Previsión energética	Revisión sistemática de los últimos avances en recursos electrónicos publicados	Modelos de planificación energética	483	(1985-2017)		X		X	Global
45	(Imani et al., 2018)	Energía Eléctrica	Operación de microrredes conectadas a la red	Análisis del impacto de la implementación de DRP		44	(2004-2017)	X	X	X		Global
46	(Maneesha & Swarup, 2021)	Energía Eléctrica		Analiza la literatura sobre el algoritmo del Método de multiplicadores de dirección alterna (ADMM), sus versiones y sus aplicaciones en la operación y control de redes inteligentes					X			Global
47	(Tien et al., 2022)	Energía Eléctrica	Gestión energética de edificios	Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC)	Inteligencia artificial Aprendizaje profundo Aprendizaje automático	171	(2000-2022)	X	X	X		Global
48	(Tran et al., 2023)	Energía Eléctrica	Consumo energético doméstico	Revisión de perspectivas comparativas de los impulsores del uso de energía y una comprensión holística de varios enfoques, que pueden ayudar a cerrar las brechas existentes y brindar a los investigadores en el mismo campo una dirección sencilla.	Red neuronal artificial (ANN) Regresión lineal múltiple (MLR) Modelado lógico en conjunto (ELM)	54	(1990-2021)		X	X		Global
49	(Wang et al., 2022)	Energía Eléctrica	Demanda térmica de edificios	Revisión de las características comúnmente consideradas en la construcción de modelos de predicción de la demanda térmica y se centra particularmente en sus influencias.	Red neuronal artificial (ANN) Media móvil integrada autorregresiva (ARIMA) Red bayesiana (BN) Máquina de vectores de soporte (SVM) Regresión lineal múltiple (MLR) Splines de regresión adaptativa multivariada (MARS) Red neuronal de regresión general (GRNN)	113	(2002-2021)		X	X		Global
50	(Sica & Deflorio, 2023)	Energía Eléctrica	Estaciones de carga Vehículos eléctricos	Simulación estocástica Descripción del comportamiento de carga de los usuarios desde una perspectiva geográfica Estimación del número de vehículos eléctricos en Turín y las características de sus usuarios	Aplicación de modelos de elección discreta basados en datos socioeconómicos y del sistema de transporte	42	(2013-2021)	X		X	X	Turín, Italia
51	(Manandhar et al., 2023)	Energía eléctrica		Revisa la literatura reciente sobre pronósticos de carga eléctrica basados en datos	Series temporales Métodos basados en regresión. Métodos autorregresivos (AR) Promedio móvil (MA) Promedio móvil autorregresivo (ARMA) Promedio móvil autorregresivo integrado (ARIMA) y ARIMA estacional Modelos basados en inteligencia artificial o aprendizaje automático (ML)		(2019-2021)	X	X			Global
52	(Liu et al., 2020)	Energía eléctrica Energía calorífica	Sistemas de calefacción urbana	Resume los métodos para predecir cargas de calefacción y seleccionar parámetros de entrada, propone el algoritmo de reglas de asociación de Eclat para obtener la mejor combinación de parámetros de entrada e introduce el método de selección de parámetros de Spearman para comparación.	Método de selección de parámetros de entrada Modelos de predicción de Eclat-Support Vector Regression (E-SVR) y Spearman-Support Vector Regression (S-SVR) Análisis de regresión Método de series de tiempo Red neuronal artificial (ANN) Máquina de vectores de soporte (SVM) Bosque aleatorio (RF)	93	(1991-2019)		X	X		Global
53	(Liu et al., 2018)	Energía fotovoltaica (PV), eólica, diésel y baterías	Sistemas energéticos	Revisión exhaustiva de la literatura para identificar, clasificar, evaluar y analizar el desempeño de diferentes metodologías, modelos y sistemas energéticos para áreas aisladas.	Redes neuronales artificiales (RNA) Series temporales Métodos econométricos Media móvil integrada autorregresiva (ARIMA), Lógica difusa (FL) Algoritmo genético (GA) Regresión de vectores de soporte Optimización de enjambre de partículas (PSO) Optimización de colonias de hormigas (ACO)	185	(2002-2018)	X	X	X		Áreas aisladas / Rurales
54	(Riva et al., 2018)	Energía eléctrica, térmica y petróleo		Análisis crítico de estudios revisados por pares sobre planificación energética rural a largo plazo.	Modelos basados en agentes	130	(2000-2018)		X	X		Países en desarrollo
55	(Li et al., 2022)	Energía petrolera		Se realiza una comparación con nueve modelos	Modelo gris multivariado de Verhulst Modelo de red neuronal ARIMA Modelo lineal gris Modelo no lineal gris		(2005-2020)		X			China

56	(Harris et al., 2018)	Energía eléctrica, solar, nuclear, Hidroeléctrica, geotérmica, eólica y de biomasa. Gas Natural Seco Gas Natural Líquido	Modelado de la curva de crecimiento logístico	Pronósticos de condiciones fijas de la producción y el consumo de energía de EE. UU.	Curva de crecimiento logístico	84	(1949-2015)	X	X			Estados Unidos
57	(Zhao et al., 2022)		Nanogenerador triboeléctrico de corriente continua (DC-TENG)	Revisión exhaustiva de los fundamentos de DC-TENG	Internet de las cosas (IoT)							Global
58	(Maraveas et al., 2022)			El artículo de revisión indaga en nuevos conocimientos sobre el papel de la IoT en la agricultura 4.0, los desafíos y las perspectivas futuras para las naciones en desarrollo.	Internet de las cosas (IoT)				X	X		Global
59	(Zubair et al., 2023)		Ósmosis inversa (RO)	Evaluación integral de los desarrollos actuales en el modelado de RO.	Modelos matemáticos de RO			X		X		Global
60	(Bellagarda et al., 2022)		Edificios inteligentes	Pronóstico de la temperatura del aire interior de edificios inteligentes	Método de redes neuronales innovadoras para predicciones de series temporales.			X		X		Global

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Resumen de la revisión de la literatura sobre modelos de pronósticos de demandas de energía no tan relacionados al tema de investigación.

	Autor (Año)	Energía	Medio	Metodología	Herramienta	Cantidad de Artículos	Periodo de revisión	Ecología	Economía	Social	Transporte	Región
1	(Adu-Poku et al., 2022)			Evaluar el potencial de mitigación del cambio climático de la creciente diversidad de estabilizadores de nitrógeno.		66	(2001-2021)					Global
2	(Ghaffour et al., 2019)	Eficiencia energética	Desalación y tratamiento de agua	Se destacan los principales avances tecnológicos del proceso MD.		268	(2000-2019)					Global
				Se discuten los pros y los contras de cada proceso híbrido y se enfatizan las perspectivas.								
				Se discuten las tendencias y perspectivas actuales de los sistemas híbridos MD.								
3	(Untrau et al., 2022)	Energía Solar	Plantas solares térmicas	La revisión muestra que la optimización dinámica fuera de línea se realiza en plantas solares térmicas en artículos de investigación, pero destaca la falta de estudios de optimización en tiempo real.	Optimización dinámica en tiempo real			X	X			Global
4	(Zubair et al., 2023)		Ósmosis inversa (RO)	Evaluación integral de los desarrollos actuales en el modelado de RO.	Modelos matemáticos de RO			X		X		Global
5	(Aburas et al., 2019)	Demanda de Calor	Materiales termocrónicos	Simulación		127	(2009-2019)	X	X			Global
6	(Kazmi et al., 2021)	Energía renovable (Solar y Eólica) Energía Eléctrica		Descripción detallada de conjuntos de datos, modelos y herramientas de código abierto.	Load Profile Generator (LPG)	101	(2000-2021)	X	X			Global
					The Artificial Load Profile Generator (ALPG)							
					The House Load Electricity							
					Office Load MATLAB							
					Demandlib							
7	(Mathimani & Mallick, 2018)	Biodiesel	Microalgas para biodiesel	Recopilación del espectro de técnicas de recolección aplicadas a las microalgas, procesos convencionales, modernos, de alto costo, económicos y energéticamente eficientes que consumen energía		192	(2001-2018)	X	X			Global
8	(Peng et al., 2018)	Consumo de energía	Fabricación Aditiva (FA)	Proporciona una visión general de la Sostenibilidad de la Fabricación Aditiva (SAM)		119	(2005-2017)		X			Global
9	(Rodríguez-Monroy et al., 2018)	Fuentes de energía renovables no convencionales		Proporciona un panorama del estado de generación de energía en Chile, junto con un análisis del mercado eléctrico del país y su regulación, centrándose en las energías renovables no convencionales (ERNC), finalizando con la descripción del estado actual de desarrollo de la biomasa para la generación electricidad en sus tres estados físicos, sus características, aplicaciones, procesos de conversión, ventajas y desventajas.		42	(2002-2017)	X	X	X		Chile
		Biomasa										
10	(Wong et al., 2021)	Energía Eléctrica	Edificios a escala urbana	Revisión exhaustiva que documenta y compara los principales métodos para simular el uso de energía en edificios a escala urbana		76	(2010-2021)		X		X	Global
11	(Ziel & Steinert, 2018)	Energía Eléctrica	Precio de la electricidad a medio y largo plazo	Simulación de los precios de la electricidad con resolución horaria durante varios meses hasta tres años.		77	(2003-2017)		X			Global

Fuente: Elaboración propia.