

**ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA
DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE
LA DEMANDA**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:
ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA
DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE
LA DEMANDA**

**AUTOR:
LUIS DAVID CATAGNIA CHICAIZA**

**TUTOR:
EDWIN MARCELO GARCÍA TORRES**

Quito D.M., octubre 2020

Luis David Catagnia Chicaiza

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2020

Ingeniería Eléctrica

Breve reseña histórica e información de contacto.



Luis David Catagnia Chicaiza (Y'1993). Realizó sus estudios de nivel secundario en la Unidad Educativa Técnica Vida Nueva de la ciudad de Quito. Egresado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en la estimación de costos de energía eléctrica para la recarga de vehículos eléctricos basado en la óptima respuesta de la demanda. lcatagnia@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Edwin Marcelo García Torres (Y'1978). Se graduó en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana y de Master en Gestión de Energía. Actualmente se encuentra trabajando para su doctorado en Ingeniería con la Universidad Pontificia Bolivariana. Área de interés: respuesta a la demanda, sistemas de gestión de la energía, micro-redes inteligentes. Actualmente es miembro del Girei (Grupo de Investigación en Redes Eléctricas Inteligentes - Smart Grid Research Group). egarcia@est.ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2020 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO - ECUADOR

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, Edwin Marcelo García Torres declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación “*ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA*” realizado por Luis David Catagnia Chicaiza, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.



.....
Edwin Marcelo García Torres

C.C.: 1803087400

Quito D.M., octubre de 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Luis David Catagnia Chicaiza, con documento de identificación N° 1724328917, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado/titulación intitulado: *“ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA”*, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....
Luis David Catagnia Chicaiza

C.C.: 1724328917

Quito D.M., octubre de 2020

1. ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	2
2	MARCO TEÓRICO	3
2.1	Vehículos Eléctricos (EV).....	3
2.1.1	Vehículos Eléctricos de Batería (BEV).....	4
2.1.2	Vehículos Eléctricos Híbridos (HEV).....	4
2.1.3	Vehículos Eléctricos Híbridos Enchufables (PHEV).....	4
2.1.4	Vehículos Eléctricos de Autonomía Extendida (EREV).....	4
2.1.5	Vehículos Eléctricos de Batería de Combustible de Hidrogeno (FCEV)	5
2.2	Tipos de Carga de Vehículos Eléctricos.....	5
2.2.1	Carga super lenta.....	5
2.2.2	Carga lenta.....	5
2.2.3	Carga semi-rápida.....	5
2.2.4	Carga rápida	6
2.2.5	Carga ultra-rápida.....	6
2.3	Electrolineras.....	6
2.4	Generación Distribuida.....	7
2.5	Sistemas Fotovoltaicos	7
2.5.1	Sistemas fotovoltaicos aislados.....	7
2.5.2	Sistemas fotovoltaicos conectados a la red	8
2.6	Banco de Baterías.....	8
2.7	Grupos Electrógenos o CHP	9
2.8	Sistema de Gestión	9
2.9	Respuesta de la Demanda.....	9
3	PROBLEMA	10
3.1	Pseudocódigo	10
3.2	Caso de Estudio.....	10
4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	12
4.1	Caso 1- Carga semi-rápida (Residencial).....	12
4.2	Caso 2- Carga semi-rápida (electrolinera).....	13
4.3	Caso 3- Carga rápida (electrolinera)	14
4.4	Caso 4- Carga ultra-rápida (electrolinera).....	15
5	DISCUSIÓN.....	17
6	Conclusiones	17

6.1	Trabajos futuros.....	18
7	REFERENCIAS	18
7.1	Matriz de Estado del Arte.....	23
7.2	Resumen de Indicadores.....	36

2. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura básica de los vehículos eléctricos.....	3
Figura 2. Esquema general de generación fotovoltaica conectada a una electrolinera.	8
Figura 3. Curva de demanda residencial.....	10
Figura 4. Diagrama unifilar residencial.....	11
Figura 5. Demandas para la electrolinera.....	11
Figura 6. Diagrama unifilar electrolinera.....	11
Figura 7. Curva del recurso solar expresado en potencia.....	11
Figura 8. Abastecimiento a la demanda de 6 kW verano.....	12
Figura 9. Abastecimiento a la demanda de 6 kW invierno.	12
Figura 10. Costos por hora caso1 residencial.....	12
Figura 11. Abastecimiento a la demanda de 7 kW verano.....	13
Figura 12. Abastecimiento a la demanda de 7 kW invierno.	13
Figura 13. Costos por hora caso 2 electrolinera.....	14
Figura 14. Abastecimiento a la demanda de 120 kW verano.....	14
Figura 15. Abastecimiento a la demanda de 120 kW invierno.	15
Figura 16. Costos por hora caso 3 electrolinera.....	15
Figura 17. Abastecimiento a la demanda de 240 kW verano.....	16
Figura 18. Abastecimiento a la demanda de 240 kW invierno.	16
Figura 19. Costos por hora caso 4 electrolinera.....	16
Figura 20. Costos en [USD/kWh] por tipo de recarga.....	17
Figura 21. Resumen e indicador de la temática - Estado del arte.....	36
Figura 22. Indicador de formulación del problema - Estado del arte.....	36
Figura 23. Indicador de solución - Estado del arte.....	37

3. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación del tipo de carga y rango de potencia.	6
Tabla 2. Optimización de Costos.	10
Tabla 3. Costos por hora caso 1 residencial.	12
Tabla 4. Costos por recarga semi-rápida residencial	13
Tabla 5. Costos por hora caso 2 electrolinera	14
Tabla 6. Costos por recarga semi-rápida electrolinera.....	14
Tabla 7. Costos por hora caso 3 electrolinera.	15
Tabla 8. Costos por recarga rápida electrolinera.....	15
Tabla 9. Costos por hora caso 4 electrolinera.	16
Tabla 10. Costos por recarga ultra-rápida electrolinera.....	17
Tabla 11. Valores del costo en [USD/kWh] al medio día, para cada tipo de carga.	17
Tabla 12. Valores α , β , γ para invierno y verano.	17
Tabla 13. Matriz de estado del arte.	23

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

Resumen

La creciente búsqueda de disminuir la contaminación ambiental promueve la integración progresiva de sistemas de generación distribuida, la cual ofrece disponer energía eléctrica para abastecer la carga de baterías de los vehículos eléctricos; por esta razón es muy importante disponer de un sistema eléctrico robusto que garantice cubrir el requerimiento de demanda, en el cual se incluyen generación con energías renovables con las que se pueden obtener beneficios económicos y ambientales. En el presente documento se realiza un análisis de costos de energía eléctrica para la carga residencial y estaciones de carga o electrolinerías de los vehículos eléctricos. Para ello se realiza una simulación en Matlab que calcula el despacho de las fuentes de abastecimiento de demanda disponibles y los cálculos en función de este despacho para obtener el precio final a pagar por el usuario. Se realiza un análisis del sistema con generación distribuida con generación fotovoltaica la cuál determina el costo final de la recarga. Adicionalmente se muestran los beneficios de la inclusión de la generación distribuida para la recarga de baterías de vehículos eléctricos.

Palabras Claves: Banco de baterías, Cogeneración, Costos, Estaciones de carga, Generación Distribuida, Micro-red, Vehículo eléctrico.

Abstract

The growing search to reduce environmental pollution promotes the progressive integration of distributed generation systems, which offers to have electrical energy to supply the battery charge of electric vehicles; For this reason, it is very important to have a robust electrical system that guarantees to meet the demand requirement, which includes generation with renewable energies with which economic and environmental benefits can be obtained. In this document, an analysis of electrical energy costs for residential charging and charging stations or electroline stations of electric vehicles is carried out. For this, a simulation is carried out in Matlab that calculates the dispatch of the available demand supply sources and the calculations based on this dispatch to obtain the final price to be paid by the user. An analysis of the system with distributed generation with photovoltaic generation is carried out, which determines the final cost of recharging. Additionally, the benefits of including distributed generation for recharging electric vehicle batteries are shown.

Keywords: Battery Banks, Cogeneration, Costs, Charging Stations, Distributed Generation, Micro Grid, Electric vehicle.

1 INTRODUCCIÓN

La demanda de energía eléctrica crece constantemente de manera dinámica y este crecimiento de demanda genera alteraciones en el sistema de distribución, por lo tanto, el desafío no solo es buscar satisfacer la carga presente sino la carga creciente futura. Para la inclusión de vehículos eléctricos al sistema eléctrico es necesario garantizar una adecuada respuesta a la demanda de potencia que necesita la carga de baterías de los vehículos, por lo tanto, la alternativa de generación distribuida es la opción más viable hoy en día, evitando alterar la red de distribución de energía eléctrica y las caídas de voltaje, potencia y sobrecarga de la red que puede generar los vehículos eléctricos [1].

Las fuentes de generación distribuida más viables son provenientes de energías renovables. De las cuales el sistema fotovoltaico es el más utilizado para electrolinerías de cargas de baterías de vehículos eléctricos y vehículos híbridos. Una vez incursionado fuentes de energía renovables a las electrolinerías para satisfacer la demanda de carga es importante determinar el despacho ideal en función de costos de la red y costos de los sistemas de generación renovables para encontrar el costo en [USD/kWh] de los tipos de recargas facilitándole al usuario elegir el tiempo adecuado en el cual desea realizar la recarga de baterías para el vehículo eléctrico [2]. Al cubrir la potencia de demanda con sistemas fotovoltaicos reduce significativamente los valores por hora del costo de recarga. Tomando en cuenta que para una demanda mucho más alta de potencia el costo es mayor, ya que no se utiliza el mismo tipo de recarga para todos los vehículos eléctricos [3].

Se estima que existen alrededor de 3 millones de electrolinerías de carga lenta y

rápida en el mundo donde Japón tiene el 20% de estas electrolinerías, convirtiéndose en el primer país con más electrolinerías que gasolineras. En el ámbito local, el costo de potencia aproximado por kW instalado es de \$4.00 USD por ahora es un costo alto, mientras que no haya una mayor acogida de vehículos eléctricos. Sin embargo aun teniendo un costo elevado del kW, el ahorro es de 54.5 % aproximadamente si se compara el costo de recarga de los vehículos con el costo de llenado de combustible [3][4].

Un estudio de costos del kWh por país determinó que Chile es el país con menor costo para recargar el vehículo eléctrico, ya que cuenta con abundante energía hidroeléctrica, energía geotérmica y energía solar; donde el costo es de \$0.071 USD por kWh, donde la recarga completa asciende a \$7.35 USD y se estima que se puede recorrer unos 160 km por \$2.83 USD. Luego de Chile los países con menor costo de recarga de vehículos eléctricos son Australia y Canadá con un precio de \$0.12 USD por kWh, donde la recarga completa asciende a \$11.56 USD y se estima que alcanza un recorrido de 160 km por un costo de \$4.46 USD aproximadamente [5]. En Estados Unidos los precios varían de dependiendo de los estados, con precios que van desde los \$0.09 USD por kWh en Louisiana hasta los \$0.34 USD por kWh en Hawái. En cambio, entre los países más caros se encuentran Dinamarca, Alemania y Bélgica, donde Dinamarca es el país más costoso para recargar el vehículo eléctrico, con un costo de \$35.72 USD por la carga completa. Si se comparara los precios de Dinamarca el país más caro y Chile el país más barato hay una diferencia de \$28.36 USD por el costo de la carga completa, representa el 428% del costo entre Dinamarca y Chile. En Ecuador como antes mencionamos el

costo de recarga por kWh tiene un costo aproximado de \$4.00 USD, en comparación a los demás países se tiene un precio competitivo [6][7].

Es por eso que se realiza un análisis comparativo de costos en verano e invierno y detallarlos ayuda a determinar el intervalo de tiempo de carga ideal, dando como mejor opción de recarga en la noche. El aporte de generación fotovoltaica en el día reduce significativamente los costos de recargas con relación al costo que tiene la red de distribución. Los vehículos eléctricos representan cargas especiales para la red, es por eso que se necesita adecuar los puntos estratégicos de ubicación de las electrolíneas para evitar caídas de tensión y congestión de la red o incluso la posibilidad de apagones [8]. También es necesario implementar fuentes alternativas de generación en este caso la fotovoltaica con el fin de asegurar satisfacer esas cargas especiales de demanda que generan los vehículos eléctricos [4].

El presente documento está estructurado de la siguiente manera:
Sección I: Introducción y antecedentes de ingreso de vehículos eléctricos en redes de distribución. Sección II: Marco teórico sobre vehículos eléctricos, tipos de cargas de vehículos eléctricos, electrolíneas, generación distribuida, sistemas fotovoltaicos, banco de baterías, grupos electrógenos, sistemas de gestión y respuesta a la demanda. Sección III: Descripción del problema, Seudocódigo y casos de estudio. Sección IV: Análisis de resultados para diferentes tipos de cargas de batería en vehículos eléctricos. Sección V: Algoritmo de solución para los casos de estudio. Sección VI: Discusión de resultados. Sección VII: Conclusiones y trabajos futuros. Sección VIII: Referencias, matriz de estado del arte y resumen de indicadores.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Vehículos Eléctricos (EV)

Los vehículos eléctricos utilizan uno o más motores eléctricos para su funcionamiento, dichos motores emplean la energía de sistemas de almacenamiento de energía (SAE) y la transforman en energía cinética para obtener la capacidad de movimiento del vehículo. Entre los principales SAE se pueden mencionar: bancos de baterías, supercapacitores, celdas de combustibles (esta última directamente relacionada a vehículos eléctricos de hidrógeno), sistemas fotovoltaicos o a su vez alimentados directamente desde la red a la cual deben estar conectados permanentemente [1][3][4].

En la Figura 1, se ilustra la estructura básica de los vehículos eléctricos [9].

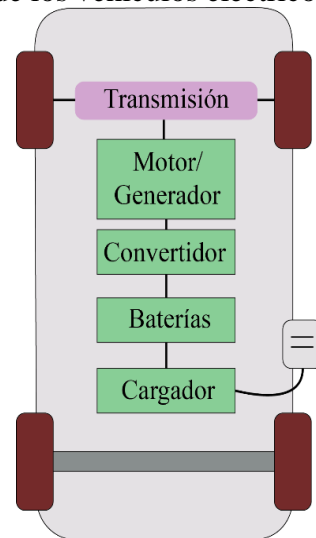


Figura 1. Estructura básica de los vehículos eléctricos [9].

Los motores de los vehículos eléctricos pueden ser: rotativos, no rotativos, motores lineales, motores inerciales, de corriente continua o de corriente alterna. Los vehículos eléctricos poseen una capacidad de recorrido entre los 100 km y más de 300 km dependiendo de la capacidad de la batería y el uso particular

de cada usuario. Algunos modelos de vehículos eléctricos traen incorporados la opción de carga rápida y lenta, carga en corriente continua (CC) o carga de corriente alterna (CA) [6][7]. Además de los vehículos netamente eléctricos se pueden encontrar vehículos eléctricos híbridos, estos últimos hoy en día son los más utilizados como la alternativa para disminuir la contaminación ambiental a corto plazo[10].

Los tipos de vehículos eléctricos más destacados son los siguientes:

2.1.1 Vehículos Eléctricos de Batería (BEV)

Su funcionamiento se basa únicamente en la intervención de uno o varios motores eléctricos alimentados por una batería. La característica principal es que posee una batería de alta capacidad de almacenamiento y duración la cual se puede recargar a través de la red de energía eléctrica. La electrónica de potencia que poseen en los vehículos eléctricos puede generar corriente e introducir energía en la batería [11]. La distancia que recorren los BEV están entre los 100 km y 400 km dependiendo de las características de la batería. El tiempo de recarga de la batería también depende de las características de la misma y del tipo de fuente de energía utilizada para la carga [6][12].

2.1.2 Vehículos Eléctricos Híbridos (HEV)

También llamados híbridos no enchufables, estos vehículos se caracterizan por integrar un motor de combustión interna con motores eléctricos. La batería que alimenta al motor eléctrico es pequeña y por ende tiene baja capacidad de almacenamiento, esto limita la distancia de recorrido y velocidad en modo eléctrico. Su batería se

recarga debido a la utilización del motor de combustión o a la energía de frenado y desaceleración [13]. Al ser no enchufables la batería no puede ser cargada a través de la red de energía eléctrica. Esto hace que se utilice el motor de combustión interna para recorrer distancias largas y para distancias cortas o recorridos urbanos se utiliza el motor eléctrico. Actualmente este tipo de vehículos eléctricos son los más comercializados [12][14].

2.1.3 Vehículos Eléctricos Híbridos Enchufables (PHEV)

Tienen características similares a los HEV, poseen un motor de combustión interna y un motor eléctrico, el motor de combustión interna reemplaza al motor eléctrico cuando el nivel de batería es bajo y al mismo tiempo es utilizado para recargar la batería del vehículo [15]. Este vehículo posee una batería de capacidad media permitiendo al vehículo en el modo eléctrico alcanzar decenas de kilómetros de recorrido y las tasas aceleración y velocidad pueden ser similares a los vehículos que funcionan con gasolina. La recarga de la batería utiliza la red de energía eléctrica a más de la que proporciona el motor de combustión interna [12][14].

2.1.4 Vehículos Eléctricos de Autonomía Extendida (EREV)

Este vehículo posee un motor de combustión interna y uno o varios motores eléctricos. La principal característica que lo diferencia con los anteriores vehículos nombrados es que el motor de combustión interna solamente es utilizado como generador eléctrico para recargar la batería que alimenta a los motores eléctricos. En ningún momento mueve las ruedas del vehículo. La batería en este vehículo también puede ser

cargada a través de la red de energía eléctrica [16].

2.1.5 Vehículos Eléctricos de Batería de Combustible de Hidrogeno (FCEV)

Estos vehículos no utilizan la energía proveniente de una batería, sino de la energía eléctrica que produce una celda de combustible de hidrogeno, que genera una reacción química con el oxígeno para producir dicha energía que alimenta al motor eléctrico[17] . Están equipados de unos tanques de hidrogeno que mezclan dicho gas con el oxígeno para generar la energía que alimenta al motor. El llenado del combustible es aproximadamente de 3 minutos y las emisiones que vota al medio ambiente no son más que vapor de agua [16].

Las ventajas más relevantes que brindan los vehículos eléctricos son [14] [16][18]:

- Disminuye la contaminación auditiva, ya que prácticamente no hace ruido al funcionar y las vibraciones son casi imperceptibles.
- Un motor eléctrico puede desarrollar un par máximo desde cero rpm, haciendo que se pueda arrancar con la velocidad máxima. Esto demuestra que los motores eléctricos son más eficientes que los motores de combustión. Por ende, la eficiencia del motor eléctrico se encuentra alrededor del 90%. Al ser el motor eléctrico más simple y tener menos partes móviles que un motor a combustión, no se necesita realizar cambios de marchas mecánicas con el embrague, por lo que genera un ahorro económico en el mantenimiento por las averías de desgaste mecánico por fricción entre piezas.
- Durante el uso del vehículo existirá un ahorro económico ya que el consumo

de energía eléctrica es menor en comparación al combustible.

2.2 Tipos de Carga de Vehículos Eléctricos

Los tipos de carga de vehículos eléctricos se clasifican según su velocidad y tiempo empleado para la recarga de las baterías. La recarga de las baterías depende solamente de la potencia que entrega la electrolinera o estación de carga [19]. Actualmente existe varios tipos de recargas, desde los más lentos que se pueden recargar en casa , hasta los más rápidos que son capaces de completar la carga en 5 o 10 minutos [16][20]. A continuación, se detalla los 5 tipos de cargas.

2.2.1 Carga super lenta

Este tipo de carga es de uso doméstico, al no disponer de una instalación eléctrica de protección adecuada la corriente máxima se limita a 10 A o menos. El tiempo requerido para la recarga de un batería al 100% de un vehículo promedio de demanda máxima de potencia aproximada entre 2.2 y 2.4 kW, puede durar entre 10 y 12 horas [16][21].

2.2.2 Carga lenta

Este tipo de carga es la más estandarizada ya que utiliza un nivel de voltaje convencional de 240 V en corriente alterna y una corriente máxima de 16 A, a una potencia máxima aproximada de 3.8 kW con este nivel de potencia el tiempo empleado para la carga de la batería al 100% varía entre 6 y 8 horas. Siendo la zona horaria nocturna la opción más recomendada para cargar la batería del vehículo [22][23].

2.2.3 Carga semi-rápida

Utiliza un nivel de voltaje convencional de 240 V en corriente alterna y una

corriente máxima de 32 A, a una potencia máxima aproximada de 7.7 kW, con este nivel de potencia el tiempo aproximado para la carga de la batería al 100% varía entre 3 y 4 horas. El horario más recomendado para cargar la batería es en las horas de la noche [23].

2.2.4 Carga rápida

Este tipo de carga está concebida a largo plazo, ya que utiliza niveles de corriente eléctrica mucho más altas que las anteriores. Consiste en cargar la batería con corriente continua y es por eso que se visualiza a largo plazo [24]. La potencia de salida aproximada esta entre 43 kW y 150 kW, con este nivel de potencia el tiempo aproximado para la carga de la batería al 100% varía entre 15 a 30 minutos [3][23].

2.2.5 Carga ultra-rápida

Esta tecnología es la más moderna por lo tanto aún está en periodo de desarrollo y de prueba. Esta tecnología es adecuada para buses y vehículos de carga pesada porque se requiere instalar acumuladores de tipo supercondensadores [25]. Para vehículos promedio no puede instalar por el tamaño de la batería. el rango de potencia máxima va desde los 150 kW a 600 kW y el tiempo estimado de carga al 100% de la batería varía entre 5 a 10 minutos [16].

En la Tabla 1, se muestra la relación del tipo de carga, rango de potencia y aplicación [12].

Tabla 1. Relación del tipo de carga y rango de potencia.

Tipo de Carga	Potencia [kW]	Aplicación
Super Lenta	≤ 2.4	Vehículos livianos
Lenta	≤ 3.8	Vehículos livianos
Semi-rápida	≤ 7.7	Vehículos livianos
Rápida	40 - 120	Vehículos livianos, Buses y Carga Pesada
Ultra-rápida	150 - 600	Buses y Carga Pesada

2.3 Electrolineras

Con la mayor acogida en el mercado que obtuvieron los vehículos eléctricos, hubo la necesidad de implementar lugares donde puedan abastecerse de energía necesaria para cargar las baterías de los vehículos [26]. Estos lugares vienen a ser las electrolineras o estación de carga que tienen una función similar a las gasolineras convencionales donde los usuarios pueden recargar las baterías de sus vehículos eléctricos o vehículos híbridos en el menor tiempo posible [27].

Una electrolinera es un lugar que suministra corriente alterna o corriente continua para la carga rápida de baterías, a los diferentes tipos de vehículos eléctricos que existen en el mercado [28]. Esta energía por lo general es procedente de la red eléctrica, pero para abaratar costos y optimizar recursos también las electrolineras utilizan energía solar fotovoltaica para la recarga de baterías [29][30][31]. Existen dos tipos de electrolineras; una de ellas es de uso exclusivo para las recargas de baterías de los vehículos eléctricos llamadas electrolineras permanentes y la segunda es las electrolineras de sustitución o recambio de baterías, la dificultad que tiene este segundo tipo de electrolinera es que hay muchas diversidades de baterías existentes en el mercado para cada modelo de vehículo y no se tiene un modelo estándar de baterías que facilite este proceso de intercambio [32]. La dificultad que tienen la electrolineras conectadas a la red es que al suministrar potencias altas para la carga de baterías requiere un servicio eléctrico más potente y robusto, ya que si no es así puede provocar caídas de tensión en la red o incluso producir apagones durante las horas pico donde varios vehículos se encuentren cargando al mismo tiempo [33][34].

2.4 Generación Distribuida

El ingreso de los vehículos eléctricos a consumir energía de la red eléctrica hace que exista un desbalance, caída de tensión, congestión en las líneas e incremento en las pérdidas de distribución, sobrecarga en el transformador que alimenta a la electrolinera, distorsión armónica por las altas potencias requerida en los ciclos de carga de las baterías y modificación en la curva de demanda. Todos estos factores conllevan a optar por la generación distribuida como la solución frente a estas dificultades [35][36]. Ya que la generación distribuida o generación descentralizada, permite la interconexión en cualquier punto de la red, generación de pequeñas fuentes de energía del rango de los 10 MW o menos. Se caracteriza por estar instalada en los puntos más cercanos al consumidor o incluso dentro del mismo edificio [37][38]. La generación distribuida por lo general se interconecta a nivel de subestación, distribución o a la carga final del usuario, la fuente principal de esta generación distribuida puede ser energía solar, eólica, celdas de combustibles, minicentrales hidroeléctricas y generadores de combustión interna [39]. Al incorporar generación distribuida en la red eléctrica se reduce las pérdidas en el transporte de energía con ello aumenta la capacidad de transmisión en la red eléctrica, mejora la capacidad de distribución y generación, mejora los niveles de tensión y por ende mejora la confiabilidad de la red, permite la incorporación de fuentes de generación de energías renovables y con ello reduce la emisión de gases contaminantes a la atmosfera [40][41][42].

2.5 Sistemas Fotovoltaicos

La alta demanda de potencia que requiere la carga de las baterías de los vehículos

eléctricos y el evitar caídas de voltaje y pérdidas de potencia de red de energía eléctrica [43]. Hace que se busque fuentes alternativas de generación para suplir esta demanda de potencia. Los sistemas fotovoltaicos son la opción más viable para la generación de energía eléctrica, directamente para la carga de baterías de vehículos eléctricos se tienen dos grupos; los sistemas fotovoltaicos aislados y los sistemas fotovoltaicos conectados a la red [44][45].

2.5.1 Sistemas fotovoltaicos aislados

Este sistema se caracteriza por satisfacer el consumo de cargas eléctricas no conectadas a la red, el banco de baterías que utiliza este sistema para almacenar la energía eléctrica garantiza satisfacer la demanda en horarios nocturnos o frente a la ausencia de la radiación solar [46]. Los sistemas aislados son usados comúnmente en áreas inaccesibles o donde la red de distribución eléctrica no llegue. Este sistema cabe perfectamente como generación de energía para las electrolineras que recargan las baterías de los vehículos eléctricos y lo más beneficioso es que se puede aprovechar la energía eléctrica para realizar la carga de baterías en corriente continua sin tener la necesidad de usar un inversor, el cual incrementa el costo del sistema [47]. La ventaja de tener disponible corriente continua directamente de la electrolinera es que se requiere menor tiempo para la carga de las baterías. Esto reduce considerablemente el costo de consumo de energía para los vehículos eléctricos dándoles una opción viable con mira a una futura expansión en la comercialización de vehículos eléctricos [48][49].

En la Figura 2, se presenta un esquema general de generación solar aislada conectada a una electrolinera [50].

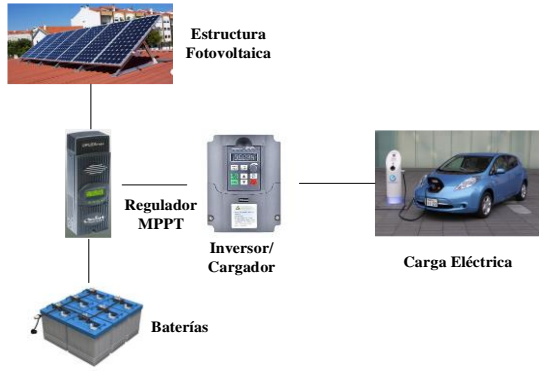


Figura 2. Esquema general de generación fotovoltaica conectada a una electrolinera [50].

2.5.2 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Este sistema sirve como apoyo a la red de distribución de energía eléctrica para balancear la carga de potencia y la caída de voltaje que requieren las electrolineras para la carga de vehículos eléctricos. Las ecuaciones (1), (2), (3), (4), (5), determinan el cálculo de un sistema fotovoltaico conectado a la red [51].

$$P_{cs} = \frac{P_{inv}}{n_{inv}} \quad (1)$$

$$N_{maxps} \leq \frac{V_{mpmax}}{V_{mpTmin}} \quad (2)$$

$$N_{minps} \leq \frac{V_{mpmin}}{V_{mpTmax}} \quad (3)$$

$$N_{pp} \leq \frac{I_{maxinv}}{I_{sc}} \quad (4)$$

$$N_{Tp} = \frac{P_{cs}}{P_p} \quad (5)$$

Donde:

P_{cs}	Potencia del campo solar.
P_{inv}	Potencia nominal del inversor.
n_{inv}	Eficiencia del inversor.
N_{maxps}	Número máximo de paneles solares en serie.
V_{mpmax}	Voltaje pico máximo.
V_{mpTmin}	Voltaje de temperatura mínimo.
N_{minps}	Cantidad mínimo de paneles solares en serie.
V_{mpmin}	Voltaje pico mínimo.
V_{mpTmax}	Voltaje de temperatura máximo.

N_{pp} Cantidad de paneles solares en paralelo.

I_{maxinv} Corriente máxima del inversor.

I_{sc} Corriente de corto circuito.

N_{Tp} Cantidad total del arreglo de paneles solares.

P_p Potencia nominal del panel solar.

2.6 Banco de Baterías

En sistemas fotovoltaicos aislados de la red el uso de bancos de baterías o acumuladores para almacenar energía, es fundamental para disponer de energía eléctrica que abastezca la carga de vehículos eléctricos cuando los paneles no estén en funcionamiento [52][53].

El arreglo o configuración de las baterías depende generalmente del consumo energético de la carga y de la energía producida por los paneles fotovoltaicos. Si conectamos en paralelo las baterías, aumenta la corriente y el voltaje se mantiene y si conectamos en serie las baterías, aumenta el voltaje y la corriente se mantiene [54][55]. La cantidad de baterías a utilizar en un sistema de generación fotovoltaico depende de la cantidad de almacenamiento que se quiera almacenar. Esta cantidad de baterías se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

La ecuación (6) y (7) determinan la cantidad de baterías a utilizarse en el arreglo o banco de baterías [56][57]. Mientras que la ecuación (8) y (9) determina la capacidad de las baterías de descarga profunda [57].

$$Cap_{corregida} = \frac{Vol_{nom.bateria}}{Pd} \quad (6)$$

$$Num_{baterias} = \frac{Vol_{sistema}}{Cap_{corregida}} \quad (7)$$

$$Cap_{bat} = \frac{P_{req} \cdot t_{des}}{V_{inv}} \quad (8)$$

$$t_{des} = \frac{C_n}{I_n} \quad (9)$$

Donde:

$Cap_{corregida}$	Capacidad corregida de la batería.
$Vol_{nom.bateria}$	Voltaje nominal de la batería.
Pd	Profundidad de descarga de la batería.
$Num_{baterias}$	Cantidad de baterías a usarse en el banco de baterías.
$Vol_{sistema}$	Voltaje nominal del sistema de generación fotovoltaico.
Cap_{bat}	Capacidad de baterías de descarga profunda.
P_{req}	Potencia de carga requerida.
t_{des}	Tiempo de descarga de la batería.
V_{inv}	Voltaje del inversor.
C_n	Potencia nominal de la batería.
I_n	Corriente nominal de la batería.

2.7 Grupos Electrógenos o CHP

Otra forma de garantizar el suministro eléctrico para la carga de baterías de los vehículos eléctricos ante una falla o contingencia de la red o del sistema fotovoltaico es mediante grupos electrógenos. Los cuales funcionan como plantas generadoras autónomas de respaldo ante fallos de suministros de energía eléctrica o cortes eventuales programados, pueden ser utilizados como equipos principales o auxiliares dependiendo de su aplicación [58]. El principio de funcionamiento de grupos electrógenos es básicamente la operación de un motor de combustión interna (generalmente funcionan a diésel o gasolina) acoplado a un generador síncrono de corriente alterna. Además de contar con equipos auxiliares que permiten tener control sobre el voltaje y

frecuencia que se desea manejar [59][60][61].

Los grupos electrógenos sirven como fuente eléctrica de generación de respaldo para la carga de baterías de los vehículos eléctricos cuando las fuentes primarias de generación no puedan garantizar el suministro. Al tener alternativas de tamaño pueden ser estacionarios o portátiles, eso quiere decir que tienen valores de potencia de generación de acuerdo con su tamaño y tecnología. Lo cual favorece al requerimiento variado de demanda de potencia para los diferentes tipos de carga que necesitan las baterías de los vehículos para ser cargadas [62][63][64].

2.8 Sistema de Gestión

El sistema de gestión se centra en detallar los valores exactos de costos para la recarga de vehículos eléctricos en las 24 horas del día, optimizando las fuentes de abastecimiento a dicha demanda con las de menor costo de despacho [65]. Los valores se determinan mediante un algoritmo de optimización en Matlab, teniendo en cuenta las limitaciones de la red, la capacidad de almacenamiento del banco de baterías del sistema fotovoltaicos y la potencia de requerida para la carga de los vehículos eléctricos [66][67].

2.9 Respuesta de la Demanda

La respuesta a la demanda de energía en este estudio se basa en el precio que cuesta recargar las baterías de los vehículos, para los diferentes tipos de carga y rangos de horarios durante el día. Los valores de energía [\$/kWh] determinados en este documento, se basan en la optimización de costos que determina o encuentra la función objetivo. Una vez optimizado el despacho para cubrir la demanda de potencia de recarga

de los vehículos, se optimiza el menor precio para la recarga por hora. Tener la posibilidad de satisfacer la demanda en las electrolineras con la red, sistemas fotovoltaicos y un sistema de respaldo CHP hace que se evite desabastecimiento de energía durante los picos implicando directamente ahorro en problemas de cortes de energía [68][69].

3 PROBLEMA

Este escrito determina el costo de recarga de los vehículos eléctricos en invierno y verano. El análisis se va a realizar utilizando, tipos de carga, ubicación y horarios para zona de residencia y electrolineras. Los métodos de carga de análisis son: semi-rápida (residencial), semi-rápida, rápida, y ultra-rápida para electrolineras. Utilizando Matlab se determinan los aportes que da la red, el sistema fotovoltaico y el banco de baterías en respuesta a la demanda, optimizando el costo mínimo de la recarga para cada hora del día. Los resultados se muestran mediante gráficas y tablas para realizar una comparativa de costos para un tiempo determinado.

3.1 Pseudocódigo

Tabla 2. Optimización de Costos.

Optimización de Costos de Carga
Paso I: Ingreso de Datos del sistema. FV_max, B_max,
Paso II: Ingreso del porcentaje de participación en respuesta a la demanda Rd
Paso III: Lectura de datos de radiación y demanda máxima R=[radiación/hora]. Dem_max
Paso IV: Lectura de costos fijos y costos variables para cada tipo de generación Cf(tipo_gen), Cv(tipo_gen)
Paso V: Cálculo de demanda del sistema $P_{sis} = \sum P_{dem}$
Paso VI: Cálculo de la potencia fotovoltaica

```

For h = 1: 24
    P_fv(h)= R(h)* F_max *rend;
End
Paso VII:
Cálculo de potencias fijas para cada hora
For h = 1: 24
    If h >= 18 && h <= 22
        P_Rd(h)= P_sis * Rd
        P_B(h)= B_max
    Else
        P_Rd(h)= 0
        P_B(h)= 0
    End if
End
Paso VIII:
Optimización de la función objetivo
F(tec)= Cf(tec)+Cv(tec),
For h=1: 24
    Fo(h)= Pg_fv(h)*(F(fv)) + P_B(h)*(F(B))
           + P_Red(h)*(F(Red))
           + P_Rd(h)*(F(Rd))
End
Paso IX:
Cálculo de restricciones de potencia
P_max, P_min
Pg_fv(h)+P_B(h)+P_Red(h)+P_Rd(h)=Psis
Paso X:
Cálculo de despacho óptimo
Paso XII:
Visualización de optimización de costos mediante tablas y gráficas

```

3.2 Caso de Estudio

En la figura 3, a fin de evaluar los costos de la recarga residencial se ha tomado como base la demanda de una curva típica residencial, a la cual se ha agregado 6 kW de la demanda por la recarga del vehículo eléctrico.

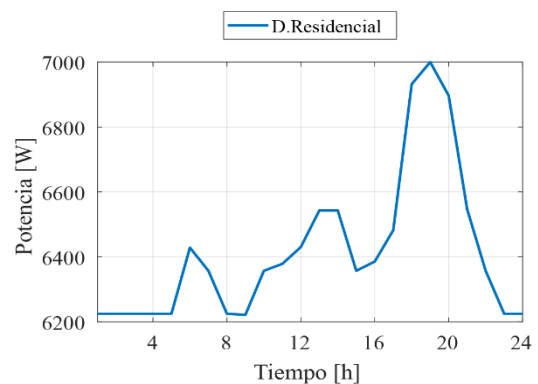


Figura 3. Curva de demanda residencial

El diagrama unifilar de la figura 4, de recarga para la batería de los vehículos eléctricos consta de una planta fotovoltaica de 5 kW en conjunto con un banco de baterías de 5 kW, que entrarán en funcionamiento para la generación

distribuida, y sirve para abastecer el tipo de carga semi-rápida.

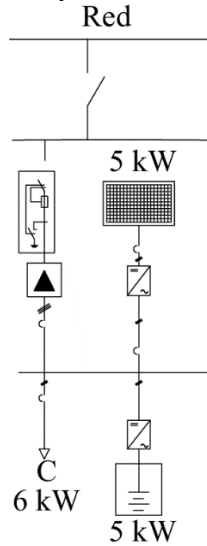


Figura 4. Diagrama unifilar residencial

A fin de poder evaluar los costos por la recarga de los vehículos eléctricos dentro de la electrolinera se establece 3 demandas con los siguientes valores: 7, 120, 240 kW, se toma la demanda como una función lineal como se muestra en la figura 5, donde analiza el costo de la energía por cada hora y determina el costo a pagar por el tiempo de recarga de los vehículos eléctricos.

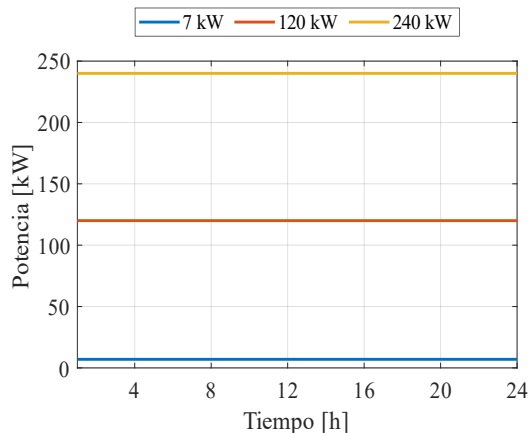


Figura 5. Demandas para la electrolinera

El análisis de la electrolinera se realiza para los distintos tipos de recarga: semi-rápida, rápida, y ultra-rápida, las tres tecnologías de carga constan de un CHP por cada módulo de carga, este servirá

solo en caso de emergencia cuando las demás fuentes de generación no logren abastecer la demanda. En la Figura 6, se detalla el diagrama unifilar de la electrolinera del módulo de carga semi-rápida, que consta con una planta fotovoltaica de 5 kW, banco de baterías de 5 kW y CHP de 5 kW, el módulo de carga rápida está consta de una planta fotovoltaica de 100 kW, banco de baterías de 80 kW y CHP de 50 kW, el módulo de carga ultra-rápida consta de una planta fotovoltaica de 220 kW, banco de baterías de 200 kW y CHP de 100 kW.

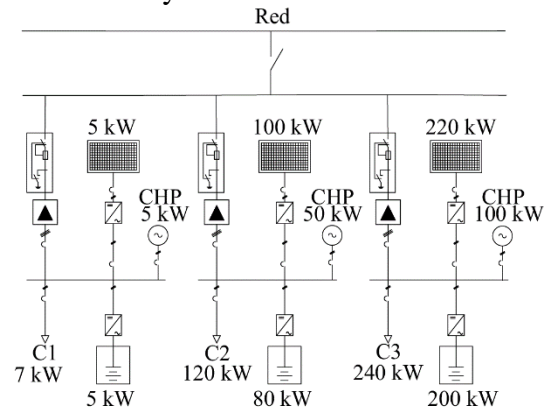


Figura 6. Diagrama unifilar electrolinera

Para el abastecimiento de la demanda sea residencial o electrolinera, en la Figura 7, se utilizó los datos de la radiación de la ciudad de Quito que se la expresa en potencia para la generación de las plantas fotovoltaicas ya sea para invierno o verano.

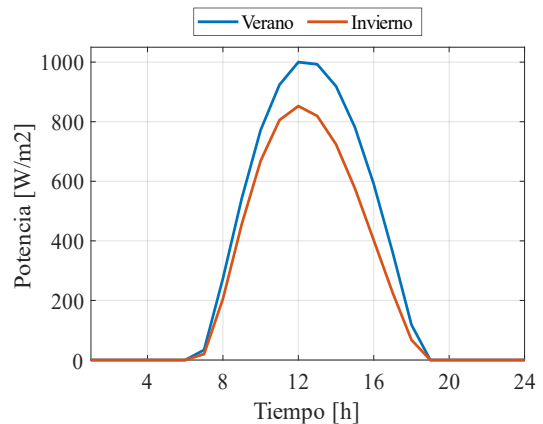


Figura 7. Curva del recurso solar expresado en potencia

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos por cada tipo de carga se muestran a continuación:

4.1 Caso 1- Carga semi-rápida (Residencial)

Para el primer caso se considera la carga semi-rápida, donde el vehículo eléctrico consume 6 kW.

En la Figura 8, se indica el despacho energético con generación distribuida donde la planta solar fotovoltaica aporta 34.73 kW, en el horario comprendido de 18H00 a 22H00; luego entra en funcionamiento el banco de baterías con 25 kW y la respuesta a la demanda con 1.75 kW. Para abastecer dicha demanda se necesita 154.02 kW siempre y cuando actúe solo la red y finalmente, con la inclusión de la generación distribuida se logra una reducción de 61.48 kW.

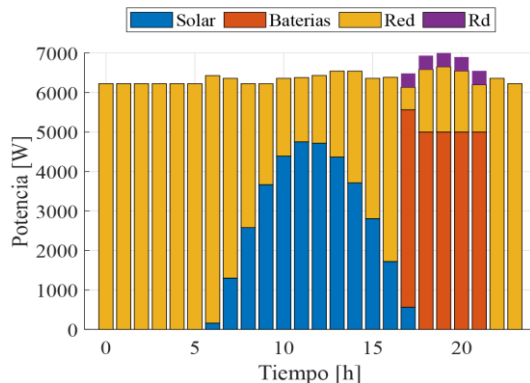


Figura 8. Abastecimiento a la demanda de 6 kW verano.

En la Figura 9, la planta fotovoltaica abastece con menos cantidad de energía para cubrir la demanda, existe una reducción de 7.07 kW en relación con la estación de verano, por la disminución de la cantidad de radiación para la generación de energía eléctrica. Con el despacho energético de invierno se tiene una reducción de 54.42 kW en comparación al abastecimiento total de la red.

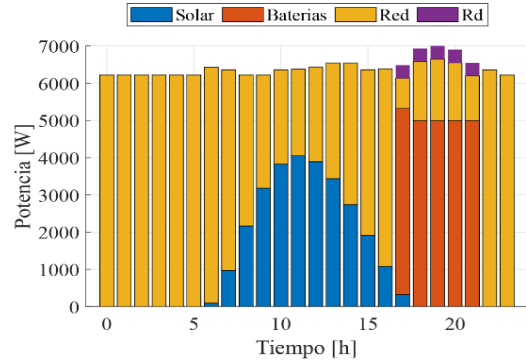


Figura 9. Abastecimiento a la demanda de 6 kW invierno.

La Figura 10, se muestra la gráfica de costos [USD/kWh] de verano, invierno y red eléctrica para cada hora.

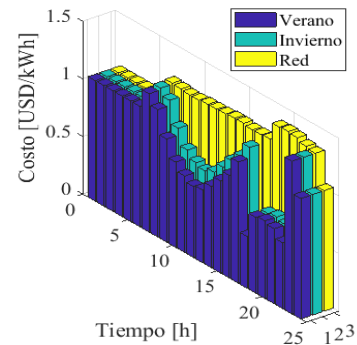


Figura 10. Costos por hora caso1 residencial.

En la Tabla 3, se muestra los costos en base a cada hora despachada por la generación distribuida.

Tabla 3. Costos por hora caso 1 residencial.

Horas	Red (USD/kWh)	Verano (USD/kWh)	Invierno (USD/kWh)
0	1.05	1.05	1.05
1	1.05	1.05	1.05
2	1.05	1.05	1.05
3	1.05	1.05	1.05
4	1.05	1.05	1.05
5	1.05	1.05	1.05
6	1.22	1.20	1.21
7	1.22	1.11	1.15
8	1.21	0.90	0.95
9	1.21	0.74	0.81
10	1.22	0.66	0.74
11	1.22	0.62	0.72
12	1.22	0.63	0.75
13	1.23	0.70	0.84
14	1.23	0.80	0.94
15	1.22	0.89	1.02
16	1.22	1.05	1.14
17	1.23	0.45	0.48
18	1.37	0.66	0.66
19	1.38	0.67	0.67
20	1.37	0.65	0.65
21	1.34	0.57	0.57
22	1.33	1.33	1.33
23	1.05	1.05	1.05

En la Tabla 4, se muestra los costos de recarga para vehículos eléctricos por rango de horarios. Se puede observar que en el primer rango el costo es el mismo ya que solo es suministrado por la red de distribución eléctrica, en el segundo rango el costo ya varía porque entra la generación fotovoltaica, donde el menor costo de la recarga nos da en verano, en el tercer rango el costo también es diferente comparado al de la red y para verano e invierno es el mismo, porque la demanda es abastecida por el banco de baterías del sistema fotovoltaico. Estos valores están calculados para un tiempo máximo de 4 horas de recarga del vehículo eléctrico.

Tabla 4. Costo por recarga semi-rápida residencial

Rango de Horas	Red (USD/recarga)	Verano (USD/recarga)	Invierno (USD/recarga)
23H00 - 05H00	4.18	4.18	4.18
06H00 - 17H00	4.88	3.25	3.59
18H00 - 22H00	5.43	3.10	3.10

4.2 Caso 2- Carga semi-rápida (electrolinera)

Para el caso 2 considera la carga semi-rápida dentro de la electrolinera, donde el vehículo eléctrico consume 7 kW.

En la Figura 11, el abastecimiento de la demanda incorpora un CHP con una capacidad de 5 kW, este actúa en caso de que las fuentes de generación eléctrica disponibles no sean capaces de abastecer la demanda. El sistema de optimización no es relevante para el despacho energético, ya que el precio por kWh es elevado. Para abastecer la demanda en su totalidad durante las 24 horas, la red eléctrica aporta con 107 kW, la planta fotovoltaica con 35kW, el banco de baterías con 25 kW, y la respuesta a la demanda de 2 kW. Si solo actúa la red como abastecimiento de la demanda, se necesita 168 kW al día, con la inclusión de la generación distribuida se logró una disminución de 61 kW.

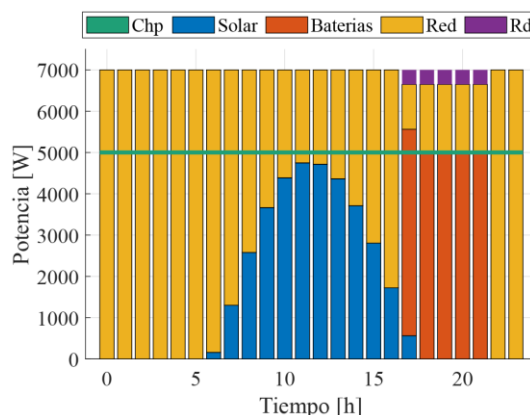


Figura 11. Abastecimiento a la demanda de 7 kW verano.

En la Figura 12, el despacho de energía de la red eléctrica en la estación de invierno aumenta en 9.59 kW en comparación a la estación de verano, esto se debe a la planta fotovoltaica aporta 27.66 kW y se logró una disminución de 54.41 kW.

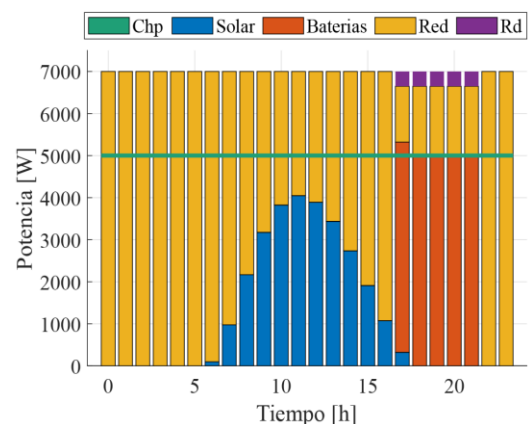


Figura 12. Abastecimiento a la demanda de 7 kW invierno.

En comparación al caso 1 residencial, se agrega una fuente de generación CHP como respaldo para abastecer la demanda en caso de que la red eléctrica y el sistema fotovoltaico no sean capaces de abastecer la demanda, este con el fin de tener un servicio de energía constante para la electrolinera.

La Figura 13, se muestra la gráfica de costos de [USD/kWh] de verano, invierno y red eléctrica para cada hora.

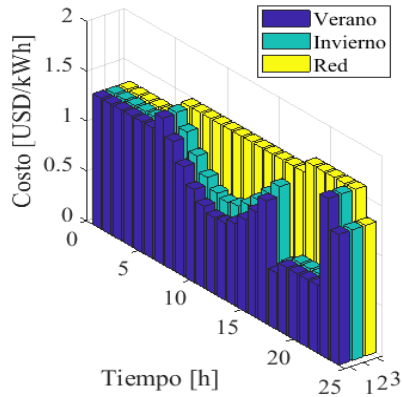


Figura 13. Costos por hora caso 2 electrostation

En la Tabla 5, muestra los costos por hora de cada kWh durante las 24 horas del día para proceder a dar un costo total de la recarga en base al tiempo que toma recargar vehículo eléctrico.

Tabla 5. Costos por hora caso 2 electrostation

Horas	Red (USD/kWh)	Verano (USD/kWh)	Invierno (USD/kWh)
0	1.31	1.31	1.31
1	1.31	1.31	1.31
2	1.31	1.31	1.31
3	1.31	1.31	1.31
4	1.31	1.31	1.31
5	1.31	1.31	1.31
6	1.49	1.47	1.48
7	1.49	1.29	1.34
8	1.49	1.10	1.16
9	1.49	0.93	1.01
10	1.49	0.82	0.91
11	1.49	0.76	0.87
12	1.49	0.77	0.90
13	1.49	0.82	0.97
14	1.49	0.92	1.07
15	1.49	1.06	1.20
16	1.49	1.23	1.33
17	1.49	0.57	0.60
18	1.61	0.68	0.68
19	1.61	0.68	0.68
20	1.61	0.68	0.68
21	1.61	0.68	0.68
22	1.61	1.61	1.61
23	1.31	1.31	1.31

En la Tabla 6, el precio de la red se mantiene constante al no tener ninguna fuente de generación alterna, donde se puede apreciar el menor costo por recarga es el horario de la noche y será el horario idóneo para recargar el vehículo eléctrico. Estos valores están calculados para un tiempo de 4 horas de recarga del vehículo eléctrico.

Tabla 6. Costos por recarga semi-rápida electrostation

Rango de Horas	Red (USD/recarga)	Verano (USD/recarga)	Invierno (USD/recarga)
23H00 - 05H00	5.24	5.24	5.24
06H00 - 17H00	5.97	3.91	4.27
18H00 - 22H00	6.44	3.46	3.46

Los precios para la recarga semi-rápida tanto residencial como en la electrostation comprendida entre las [23H00 – 05H00] será el valor correspondiente a la demanda abastecida, el precio de la electrostation incrementa en 16.44% sea en verano o invierno por que la demanda es elevada con respecto a la demanda residencial.

4.3 Caso 3- Carga rápida (electrostation)

Para el caso 3 considera la carga rápida, donde el vehículo eléctrico consume 120 kW.

En la Figura 14, el abastecimiento de la demanda por parte de las fuentes de generación alternas a la red eléctrica, contribuye con 39.06 % en la estación de invierno al total de la energía eléctrica requerida durante las 24 horas, dando como reducción a la red eléctrica 1125 kW, se tiene disponible el CHP con una capacidad de 50 kW, el cual aporta con 41.66% y lo complementa con la red eléctrica para cubrir la demanda en caso de llegar a fallar la planta fotovoltaica conjuntamente con las baterías.

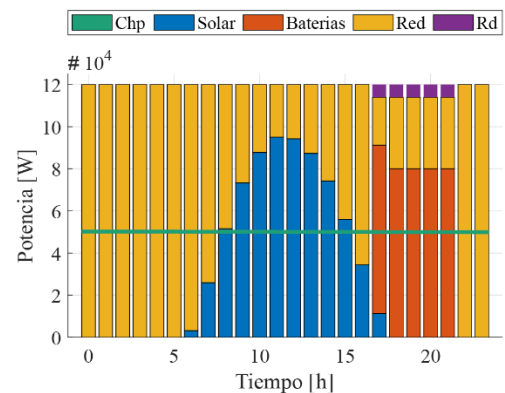


Figura 14. Abastecimiento a la demanda de 120 kW verano.

En la Figura 15, se muestra la reducción del suministro de energía eléctrica de la planta fotovoltaica en 142 kW en relación con el suministro de la estación de verano, esto influye en el abastecimiento de la energía eléctrica tomada por la red, ya que incrementa en 194 kW para abastecer la demanda durante el día.

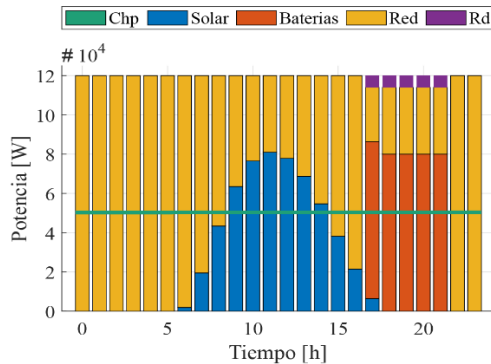


Figura 15. Abastecimiento a la demanda de 120 kW invierno.

Para el caso de carga semi-rápida se tiene el aporte del CHP del 71.43% para abastecer la demanda y para la carga rápida de 41.67%, esta variación del aporte de la generación con CHP, es a la capacidad de potencia que dispone el fabricante, y se a tomado la cantidad necesaria en caso de emergencia.

La Figura 16, se muestra la gráfica de costos en comparación con la red.

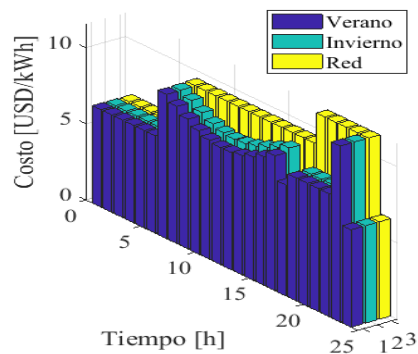


Figura 16. Costos por hora caso 3 electrolinera

En la Tabla 7, se muestra los costos por hora para analizar la recarga del vehículo eléctrico en base a su tiempo de recarga.

Tabla 7. Costos por hora caso 3 electrolinera.

Horas	Red (USD/kWh)	Verano (USD/kWh)	Invierno (USD/kWh)
0	6.40	6.40	6.40
1	6.40	6.40	6.40
2	6.40	6.40	6.40
3	6.40	6.40	6.40
4	6.40	6.40	6.40
5	6.40	6.40	6.40
6	9.52	9.46	9.48
7	9.52	9.02	9.14
8	9.52	8.52	8.68
9	9.52	8.10	8.29
10	9.52	7.82	8.04
11	9.52	7.68	7.95
12	9.52	7.70	8.01
13	9.52	7.83	8.19
14	9.52	8.08	8.46
15	9.52	8.43	8.78
16	9.52	8.85	9.10
17	9.52	7.28	7.37
18	11.56	8.07	8.07
19	11.56	8.07	8.07
20	11.56	8.07	8.07
21	11.56	8.07	8.07
22	11.56	11.56	11.56
23	6.40	6.40	6.40

En la Tabla 8, se muestra la comparativa de costos de recarga de los vehículos eléctricos por rango de horarios. Estos valores están calculados para un tiempo máximo de 30 minutos de recarga del vehículo eléctrico.

Tabla 8. Costos por recarga rápida electrolinera

Rango de Horas	Red (USD/recarga)	Verano (USD/recarga)	Invierno (USD/recarga)
23H00 - 05H00	3.20	3.20	3.20
06H00 - 17H00	4.76	4.12	4.23
18H00 - 22H00	5.78	4.39	4.39

El modo de carga rápida decremanta a comparación de la carga semi-rápida ya que el tiempo utilizado es de 30 minutos para la recarga del vehículo eléctrico, el costo en promedio se disminuye en 7.98% sea en invierno como en verano.

4.4 Caso- 4 Carga ultra-rápida (electrolinera)

Para el caso 4 considera la carga ultra-rápida, donde el vehículo eléctrico consume 240 kW.

En la Figura 17, incrementa la demanda para el caso ultra-rápido al doble del caso de carga rápida en conjunto con sus fuentes de la generación distribuida, para abastecer la demanda la planta fotovoltaica, y las baterías aportan con

44.92%, reduciendo de 5760 kW que ocupa de la red en abastecimiento total a la demanda a 2587.91 kW. En caso de emergencia se dispone del CHP con capacidad de 100 kW, el cual dará un aporte de 41.66% y el resto lo completará la red, este solo entrará en funcionamiento ya sea por caso de mantenimiento o falla en el sistema de la generación distribuida.

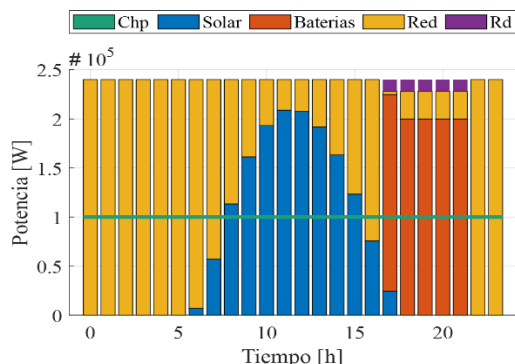


Figura 17. Abastecimiento a la demanda de 240 kW verano.

En la Figura 18, la planta fotovoltaica reduce su aporte energético e influye en el abastecimiento de la demanda en las baterías en la hora 18H00 haciendo que la red aporte 10.75 kW más que el despacho energético en verano. Para abastecer la demanda la participación de la generación distribuida es de 39.53% logrando disminuir el consumo de la red eléctrica de 5760 kW a 3482.81 kW.

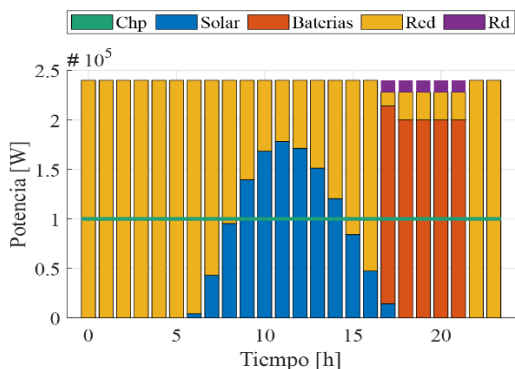


Figura 18. Abastecimiento a la demanda de 240 kW invierno.

En caso de no llegar a abastecer la demanda por la planta fotovoltaica y el banco de baterías, entrará en

funcionamiento el CHP tanto en verano como en invierno con un aporte lineal del 41.67% por hora, durante se restablezca el sistema.

La Figura 19, se muestra la gráfica de costos de la red frente a la generación distribuida en la cual en ciertos horarios se asemeja al costo de la red.

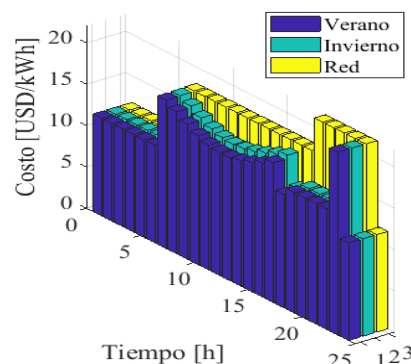


Figura 19. Costos por hora caso 4 electrolinera

En la Tabla 9, se muestra los costos por hora en función a los despachos energéticos para cubrir la demanda.

Tabla 9. Costos por hora caso 4 electrolinera.

Horas	Red (USD/kWh)	Verano (USD/kWh)	Invierno (USD/kWh)
0	11.79	11.79	11.79
1	11.79	11.79	11.79
2	11.79	11.79	11.79
3	11.79	11.79	11.79
4	11.79	11.79	11.79
5	11.79	11.79	11.79
6	18.03	17.92	17.97
7	18.03	17.16	17.38
8	18.03	16.31	16.59
9	18.03	15.59	15.92
10	18.03	15.11	15.48
11	18.03	14.87	15.33
12	18.03	14.89	15.44
13	18.03	15.12	15.74
14	18.03	15.56	16.21
15	18.03	16.16	16.76
16	18.03	16.88	17.31
17	18.03	13.73	13.89
18	22.11	14.58	14.58
19	22.11	14.58	14.58
20	22.11	14.58	14.58
21	22.11	14.58	14.58
22	22.11	22.11	22.11
23	11.79	11.79	11.79

En la Tabla 10, se muestra la comparativa de costos de recarga de los vehículos eléctricos por rango de horarios. El valor de la recarga del vehículo eléctrico de mayor demanda decrece al tener menor tiempo de recarga.

Estos valores están calculados para un tiempo de 6 minutos de recarga del vehículo eléctrico.

Tabla 10. Costos por recarga ultra-rápida electrolinera

Rango de Horas	Red (USD/recarga)	Verano (USD/recarga)	Invierno (USD/recarga)
23H00 - 05H00	1.18	1.18	1.18
06H00 - 17H00	1.80	1.58	1.62
18H00 - 22H00	2.21	1.61	1.61

El costo de la recarga en el modo ultra-rápido desciende en 62.75% en comparación a un modo rápido ya que utiliza menos tiempo de recarga para el vehículo eléctrico.

5 DISCUSIÓN

Este análisis comparativo de costos se realiza para la carga de vehículos eléctricos a las 12H00.

Como se observa la Carga Semi-rápida (Residencial) es la más óptima ya que tiene el menor costo, pero solo este análisis sería ideal para vehículos livianos que no requieren mayor potencia de carga. En cambio, si el vehículo demanda una mayor potencia de carga para la batería, el tipo de carga residencial no abastecería el requerimiento de demanda. Entonces se debe considerar los kW necesarios de recarga para seleccionar el horario adecuado que tenga el menor costo.

En la Tabla 11, se muestra los valores del costo en [USD/kWh] al medio día, para cada tipo de carga.

Tabla 11. Valores del costo en [USD/kWh] al medio día, para cada tipo de carga.

Tipo de Carga	Red (USD/kWh)	Verano (USD/kWh)	Invierno (USD/kWh)
Semi-rápida (Residencial)	1.22	0.63	0.75
Semi-rápida (Electrolinera)	1.49	0.77	0.90
Rápida	9.52	7.70	8.01
Ultra-rápida	18.03	14.89	15.44

En la figura 20, se muestra la comparación de precios por hora de los diferentes tipos de recarga en la cual un vehículo en carga semi-rápida cargará sus

baterías entre 25% y 30%, porque su tiempo de carga es de 4 horas; para la carga rápida ingresa 2 vehículos y para el ultra-rápido 10 vehículos ya que sus tiempos de recarga son menores, la curva de tendencia va incrementado en función de la demanda requerida por el vehículo eléctrico.

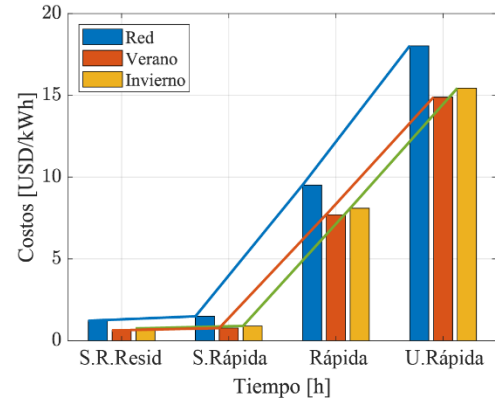


Figura 20. Costos en [USD/kWh] por tipo de recarga.

Las ecuaciones para encontrar los costos para invierno y verano, se determina de acuerdo con la curva de tendencia. Para el costo de verano es la ecuación (10) y para invierno la ecuación (11).

$$y = \alpha'x^2 + \beta'x + \gamma' \quad (10)$$

$$y = \alpha x^2 + \beta x + \gamma \quad (11)$$

Donde los valores α , β , γ vienen ilustrados en la tabla 12.

Tabla 12. Valores α , β , γ para invierno y verano.

Estación	α	β	γ
Verano	1.15	1.18	1.32
Invierno	1.17	1.16	1.36

6 Conclusiones

Con la recarga semi-rápida residencial con generación distribuida se tiene un ahorro del 27.33 % en verano y 25.05% en invierno, en comparación al costo del abastecimiento de la red.

Para los casos de estudio de la electrolinera con generación distribuida se dan los siguientes porcentajes de ahorro: para la carga semi-rápida se

obtiene un ahorro del 28.57% en verano y 26.53% en invierno, para la carga rápida se obtiene un ahorro del 14.85% en verano y 13.97% en invierno, para carga ultra-rápida se obtiene un ahorro de 16.18% en verano y 15.03% en invierno.

Se recomienda para cualquier tipo de carga ya sea residencial o electrolinera cargar el vehículo eléctrico durante el horario comprendido de 18H00 y 21H00, ya que el banco de baterías entra con mayor porcentaje de potencia a cubrir la demanda, realizando la recarga en este periodo de tiempo el porcentaje de ahorro en carga residencial es del 53.03%, carga semi-rápida(electrolinera) del 57.76%, carga rápida (electrolinera) del 30.10%, y en carga ultra-rápida (electrolinera) del 33.94%. Demostrando que la mejor alternativa de carga de vehículos eléctricos es en el rango de tiempo anteriormente mencionado.

6.1 Trabajos futuros

Los resultados obtenidos en este documento pueden ser tomados como punto de inicio de estudio para:

- Análisis de costos de la recarga de vehículos con restricciones de potencia en las líneas de distribución con el fin de encontrar el nodo adecuado para ubicar la electrolinera.
- Análisis de costos con el ingreso de sistemas de cogeneración de potencia adecuada como fuente de respaldo de abastecimiento de la demanda.
- Análisis de costos con generación eólica para abastecer la demanda de la electrolinera.

7 REFERENCIAS

- [1] V. Arias, Camilo;Patiño, Dayana;Toro, José;Valencia, “Impacto de los vehículos eléctricos en los concesionarios del Poblado en Medellín en el 2019,” pp. 129–142, 2020.
- [2] Z. Bernal and E. M. Garcia Torres, “Dimensionamiento de una micro-red tipo estación de recarga para vehículos eléctricos conectados al sistema eléctrico,” Universidad Politecnica Salesiana.
- [3] J. Hernández, Daniel;Rueda, “Diseño de un sistema de mejora de autonomía para un vehiculo electrico,” 2020.
- [4] M. J. Ochoa Ortega, “Estado del arte de la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá,” 2019.
- [5] W. M. Viñán Robalino and E. M. García Torres, “Review of Electricity Markets for Smart Nano-Grids,” *Ing. Y Compet.*, vol. 21, no. 2, pp. 1–9, 2019, doi: 10.25100/iyc.v21i2.7462.
- [6] C. E. Cajamarca Quichimbo, “Análisis de factibilidad económica para la implementación de vehículos eléctricos en correos del Ecuador para la ciudad de Cuenca,” 2020.
- [7] D. M. Carbacho Varas, “Análisis del desempeño de un vehiculo electrico sometido a diversas condiciones en la zona central y sur de Chile,” 2020.
- [8] E. M. GARCIA TORRES, “Estimated cost of electricity with time horizon for micro grids based on the policy response of demand for real price of energy,” *Enfoque UTE*, vol. 11, no. 1, pp. 41–55, 2020, doi: 10.29019/enfoque.v11n1.579.
- [9] H. S. Das, M. M. Rahman, S. Li, and C. W. Tan, “Electric vehicles standards , charging infrastructure , and impact on grid integration : A technological review,” no. November, 2019, doi: 10.1016/j.rser.2019.109618.

- [10] D. J. Trujillo Sandoval and M. E. Torres García, “Respuesta de demanda de energía por introducción de vehículos eléctricos: estado del arte Response of demand for energy by electric vehicles introduction: state of the art,” *Revisa I+D tecnológico*, vol. 16, no. 1, 2020.
- [11] E. M. Garcia Torres, “Gestión Energética en Micro-Redes basado en la Optima Respuesta de la Demanda por Precio Real de la Energía Energy Management in Micro Grids based on the Optima Demand Response by Real Price of Energy,” 2019.
- [12] L. A. Mera Maldonado, “Análisis técnico para la implementación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en la provincia de Galápagos,” 2020.
- [13] E. M. Garcia Torres, I. Amin, I. Millan, J. Gonzales, and G. Lopez, “Efficient scheme model for electric power tariffs with distributed generation , based on demand response,” 2019.
- [14] A. V. Uyaguari Guachisaca, “Análisis del requerimiento operativo y legal para los vehículos eléctricos en el Distrito Metropolitano de Quito, DMQ,” 2020.
- [15] E. M. Garcia Torres and I. Isaac, “Optimal demand response for the recharging of electric vehicles in micro-networks type of service station by allocation of energy resources,” *Proc. - 3rd Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci. INCISCOS 2018*, vol. 2018-Decem, pp. 150–157, 2018, doi: 10.1109/INCISCOS.2018.00029.
- [16] D. A. Comba Cifuentes, “Sistema de carga para vehículos eléctricos aplicados al área metropolitana de Bucaramanga,” 2019.
- [17] J. F. Meza Cartagena and E. M. Garcia Torres, “Asignación de recursos para la recarga de vehículos eléctricos en estaciones de servicios basado en la respuesta a la demanda,” *I+D Tecnológico*, vol. 14, no. 2, pp. 66–73, 2018, doi: 10.33412/idt.v14.2.2075.
- [18] E. E. Michaelides, “Thermodynamics and energy usage of electric vehicles,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 203, no. October 2019, p. 112246, 2020, doi: 10.1016/j.enconman.2019.112246.
- [19] G. Guerrón, E. M. Garcia Torres, and A. Montero, “Influencia de las ráfagas de viento en la calidad de la energía de los parques eólicos (Influence of wind gusts in power quality on wind farms),” *Enfoque UTE*, pp. 25–44, 2014.
- [20] A. Zhang, J. Eun, and C. Kwon, “Multi-day scenario analysis for battery electric vehicle feasibility assessment and charging infrastructure planning,” *Transp. Res. Part C*, vol. 111, no. December 2019, pp. 439–457, 2020, doi: 10.1016/j.trc.2019.12.021.
- [21] R. Vosooghi, J. Puchinger, J. Bischo, M. Jankovic, and A. Vouillon, “Shared autonomous electric vehicle service performance : Assessing the impact of charging infrastructure,” vol. 81, no. February, 2020, doi: 10.1016/j.trd.2020.102283.
- [22] K. Yugog, Luo;Guixuan, Feng;Shuang,Wan;Shuwei, Zhang;Victor, Li;Weiwei, “Charging Scheduling Strategy for Different Electric Vehicles with Optimization for Convenience of Drivers , Performance of Transport

- System and Distribution Network,” *Energy*, p. 116807, 2020, doi: 10.1016/j.energy.2019.116807.
- [23] D. Salazar, Jair; García, Edwin; Carrión, “Recarga de vehículos eléctricos mediante una optimización entera mixta con participación de respuesta de la demanda,” vol. 16, no. 2, pp. 0–6, 2020.
- [24] B. Benalcazar and E. M. Garcia Torres, “Óptima Respuesta a La Demanda Para Estaciones De Carga De Vehículos Eléctricos Con Alta Incertidumbre Considerando El Perfil De Voltaje En La Red De Distribución,” Universidad Politecnica Salesiana, 2017.
- [25] E. M. Garcia Torres, B. D. Benalcazar Lopez, and I. M. Idi Amin, “Analysis of the Voltage Profile by the Insertion of Electric Vehicles in the Distribution Network Considering Response to Demand,” *2017 Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci.*, pp. 7–13, 2017, doi: 10.1109/INCISCOS.2017.26.
- [26] E. M. Garcia Torres, A. Águila, I. Isaac, J. W. González, and G. López, “Analysis of Voltage Profile to determine Energy Demand using Monte Carlo algorithms and Markov Chains (MCMC),” *Power Eng. Conf. (UPEC), 2016 51st Int. Univ.*, no. Mcmc, pp. 1–6, 2016, doi: 10.1109/UPEC.2016.8114092.
- [27] R. Sandoval Esteves, “Estudio de prefactibilidad para la instalación de estaciones de recarga dirigida a vehículos eléctricos de carga pesada,” 2019.
- [28] E. M. Garcia Torres and I. Isaac, “Multi-objective optimization for the management of the response to the electrical demand in commercial users,” *INCISCOS 2017 - Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Sci.*, pp. 14–20, 2017, doi: 10.1109/INCISCOS.2017.25.
- [29] C. A. Erique Cruz, “Análisis y diseño de una electrolinera para la recarga de vehículos eléctricos livianos, haciendo uso de energía fotovoltaica,” 2016.
- [30] J. Orbea, Luis;Toapaxi, José;Guano, Cristhian;Castro, “Análisis de incentivos y proyecciones del vehículo 100 % eléctrico en el Ecuador,” vol. 2, no. 4, pp. 112–124, 2017.
- [31] D. León, Edgar;Quituisaca, “Estudio de la ubicación y dimensionamiento de electrolineras en la ciudad de Cuenca,” 2019.
- [32] M. Garcia, Torres, Edwin and I. Isaac, “Demand response systems for integrating energy storage batteries for residential users,” 2016.
- [33] C. A. Erazo Almeida, “Análisis y diseño de una electrolinera alimentada por energía solar para cargar autos eléctricos,” 2016.
- [34] S. Carbo, Joselyn;Mendoza, “Diseño de construcción y análisis de emplazamiento de electrolineras en Guayaquil y Samborondón,” 2017.
- [35] Á. J. Echeverry, Diego Fernando;Lozano, Carlos Arturo;Zuñiga, Jefferson;Bazurto, “Perspective of the distribution transformer in electric networks with penetration of distributed generation and electric vehicles,” pp. 35–48, 2016.
- [36] F. Peralta Sevilla, Arturo;Amaya Fernández, “Evolution of the electricity networks towards smart grid in the andean region

- countries,” vol. 8, pp. 48–61, 2013.
- [37] H. A. Torres Riascos, “Impacto en la estabilidad de un sistema de potencia al integrar generación distribuida,” 2008.
- [38] E. F. Durán, “La Generación Distribuida : Retos frente al Marco Legal del Mercado Eléctrico Ecuatoriano,” pp. 13–27, 2014.
- [39] E. M. Garcia, “Diagnóstico de la demanda de consumo de energía eléctrica en un smart home, enfocado en el sector residencial de Quito, durante el año 2015, Barrió la Kennedy. Caracterización y optimización del consumo de energía eléctrica,” UNiversidad Técnica de Cotopaxi, 2016.
- [40] J. Camacho, Jonathan;Diaz, “Desarrollo de una metodología para el análisis de sistemas de potencia incluyendo vehículos eléctricos y generación distribuida,” 2019.
- [41] J. Inga, Esteban; Rodríguez, “Estrategias de Negocio Para Medición Inteligente Acoplado Energías Renovables,” no. May 2014, 2013.
- [42] J. Sánchez, Miguel;García de la Llana, “Las redes inteligentes en el futuro del sistema eléctrico,” 2013.
- [43] P. Moreno and E. M. Garcia Torres, “Respuesta a la Demanda para Smart Home Utilizando Procesos Estocásticos,” *I+D Tecnológico*, vol. 12, 2016.
- [44] G. Nava Anguiano, “Prototipo de plataforma de generación de energía alterna para carga y recarga de vehículo eléctrico tipo E-Trike,” 2018.
- [45] D. González, César;Ponce, Carlos;Valenzuela, Rene;Atayde, “Selección de un sistema solar fotovoltaico para un vehículo eléctrico,” no. 50, 2009.
- [46] D. Carrión, E. M. Garcia Torres, J. W. González, I. Issac, G. J. López, and R. Hincapié, “Método Heurístico de Ubicación Óptima de Centros de Transformación y Enrutamiento de Redes Eléctricas de Distribución,” *Rev. Técnica “energía,”* vol. 13, pp. 90–96, 2017.
- [47] V. Vergara and E. M. Garcia Torres, “Optima gestión de la demanda para estaciones de recarga de vehiculos eléctricos en Micro-Redes Inteligentes,” Universidad Politecnica Salesiana, 2017.
- [48] J. P. Calvo Román, “Estudio de factibilidad, basado en el análisis de ciclo de vida, de un sistema de energía renovable para alimentar un punto de carga para recargar la batería de vehículos eléctricos en diferentes comercios de la zona de Monteverde,” 2019.
- [49] F. Martinez, Franco;Magaldi, Guillermo;Serra, “Estación de carga solar para pequeños vehículos eléctricos,” pp. 66–73, 2019.
- [50] A. G. J. Nogales, Rubén;Vargas, Carlos;Ríos, “Cloud Monitoring Platform for the Operation of a Photovoltaic Solar charging station for electric vehicles,” no. 15, pp. 80–89, 2018.
- [51] L. A. Renjifo Trejo, “Diseño de un sistema de eneria limpia y autosustentable mediante la implementacion de paneles fotovoltaicos y banco de baterías para la recarga energética en vehículos eléctricos,” 2019.
- [52] R. Mesa, Juan; Escobar, Andres; Hincapie, “Analysis and description of the photovoltaic effect in the zone,” 2009.
- [53] O. A. Revelo, “Diseño y

- construcción de un módulo inversor trifásico acoplado a un emulador de banco de baterías para la incorporación de energía a una red de entrenamiento de ciele,” 2019.
- [54] J. B. Delgado, J. Rocabert; Monge, S. Busquets; Farrerons, “Sistema Autónomo de Generación de Energía Renovable,” pp. 73–78.
- [55] M. A. Galdino, “Análise de custos históricos de sistemas fotovoltaicos no Brasil,” no. September 2012, 2014.
- [56] J. J. Patiño, Johan; Tello, “Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico híbrido y desarrollo de su regulador de carga aplicando instrumentación virtual,” 2012.
- [57] A. J. Ospino Castro, “Análisis del potencial energético solar en la región caribe para el diseño de un sistema fotovoltaico,” vol. 6, no. 6, 2010.
- [58] P. Moreno and E. M. Garcia Torres, “Gestión energética mediante procesos estocásticos para la respuesta a la demanda,” Universidad Politecnica Salesiana, 2017.
- [59] E. M. Illesa Cangalaya, “Diseño de un Sistema de Sincronismo Automático para una Central Térmica de 4 . 5MW con 3 Grupos Electrónicos en un Proyecto Minero del Sur del Perú,” 2019.
- [60] J. M. Monge Gómez, “Diseño e implementación de una interfaz Modbus para la integración de grupos electrónicos a la plataforma de gestión Scada,” 2006.
- [61] A. A. García Boñar, “Desarrollo del sistema de control de un tablero de transferencia automática de 2 grupos electrónicos en paralelo con la red,” 2019.
- [62] Y. Cabrera, “Análisis de las protecciones en los generadores de grupos electrónicos,” 2007.
- [63] L. Casas aguirre, “Elaboración del plan de mantenimiento eléctrico preventivo aplicado a los grupos electrónicos de la empresa Adeprosac San Isidro 2019,” 2019.
- [64] J. J. Valdivia de Armas, “Mejoras en sistema Scada para la operacion automática de carga en grupos electrogenos Hyundai,” 2017.
- [65] G. R. Jáuregui Méndez and E. M. García Torres, “Programación de recursos para una óptima respuesta a la demanda por la penetración de energía renovable en micro-redes,” Universidad Politecnica Salesiana, 2018.
- [66] C. C. Mendoza, “Algoritmo de gestión para la recarga de vehículos eléctricos,” pp. 90–98, 2015.
- [67] C. Peña Ordoñez, “Estudio de baterías para vehículos eléctricos,” 2011.
- [68] ARCONEL, “Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución,” vol. 19, 2020.
- [69] E. Cardona Rendón, “Método para optimizar los costos del servicio de energía eléctrica de grandes usuarios en Colombia, incorporando flexibilidad de la demanda.”

7.1 Matriz de Estado del Arte

Tabla 13. Matriz de estado del arte.

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA																								
ITEM	DATOS			TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN			SOLUCIÓN PROPUESTA							
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	Vehículos Eléctricos (EV)	Generación Distribuida	Recarga de los Vehículos Eléctricos	Sistema de Gestión y Respuesta a la Demanda	Sistemas Fotovoltaicos	Integración de los Vehículos Eléctricos a la Red	Respuesta a la Demanda de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos Eléctricos	Curva de Demanda Base	Horarios de Carga de los Vehículos Eléctricos	Costos de Energía para la Recarga de Vehículos Eléctricos	Restricción Horaria de Potencia	Capacidad de Abastecimiento de la Demanda del Sistema de Distribución	Potencia Requerida de Carga para los Vehículos Eléctricos	Análisis de Carga Super Semi-rápida (Demand-based)	Análisis de Semi-rápida (Electrolinera)	Análisis de Carga Rápida	Análisis de Carga Ultra-rápida	Optimización del Costo de Recarga de los Vehículos Eléctricos	Modelo de Optimización de Costos de Recarga de Vehículos Eléctricos en Función de la Demanda	Integración de Unidades de Generación de Energías Renovables para Abastecer la Demandada	Minimización de los Costos de Abastecimiento de la Demanda en el Sistema de Distribución en función de los Horarios de Recarga
1	2020	Impacto de los vehículos eléctricos en los concesionarios del Poblado en Medellín en el 2019	1	☒																				
2	2020	Diseño de un sistema de mejora de autonomía para un vehículo eléctrico	1	☒		☒																		
3	2019	Estado del arte de la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá	3	☒																				

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN			SOLUCIÓN PROPUESTA								
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	Vehículos Eléctricos (EV)	Generación Distribuida	Recarga de los Vehículos Eléctricos	Sistema de Gestión y Respuesta a la Demanda	Sistemas Fotovoltaicos	Integración de los Vehículos Eléctricos a la Red	Respuesta a la Demanda de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos Eléctricos	Curva de Demanda Base	Horarios de Carga de los Vehículos Eléctricos	Costos de Energía para la Recarga de Vehículos Eléctricos	Restricción Horaria de Potencia	Capacidad de Abastecimiento de la Demanda del Sistema de Distribución	Potencia Requerida de Carga para los Vehículos Eléctricos	Análisis de Carga Super Semi-rápida (Demand-based)	Análisis de Semi-rápida (Electrolinera)	Análisis de Carga Rápida	Análisis de Carga Ultra-rápida	Optimización del Costo de Recarga de los Vehículos Eléctricos	Modelo de Optimización de Costos de Recarga de Vehículos Eléctricos en Función de la Demanda	Integración de Unidades de Generación de Energías Renovables para Abastecer la Demandada	Minimización de los Costos de Abastecimiento de la Demanda en el Sistema de Distribución en función de los Horarios de Recarga
4	2020	Análisis de factibilidad económica para la implementación de vehículos eléctricos en correos del Ecuador para la ciudad de Cuenca	1	☒																				
5	2020	Análisis del desempeño de un vehículo eléctrico sometido a diversas condiciones en la zona central y sur de Chile	1	☒																				
6	2020	Análisis técnico para la implementación de estaciones de carga para vehículos eléctricos en la provincia de Galápagos	0	☒	☒																			
7	2020	Análisis del requerimiento operativo y legal para los vehículos eléctricos en el	1	☒							☒													

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

ITEM	DATOS		REFERENCIA	TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN			SOLUCIÓN PROPUESTA						
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO		Vehículos Eléctricos (EV)	Generación Distribuida	Recarga de los Vehículos Eléctricos	Sistema de Gestión y Respuesta a la Demanda	Sistemas Fotovoltaicos	Integración de los Vehículos Eléctricos a la Red	Respuesta a la Demanda de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos Eléctricos	Curva de Demanda Base	Horarios de Carga de los Vehículos Eléctricos	Costos de Energía para la Recarga de Vehículos Eléctricos	Restricción Horaria de Potencia	Capacidad de Abastecimiento de la Demanda del Sistema de Distribución	Potencia Requerida de Carga para los Vehículos Eléctricos	Análisis de Carga Super Semi-rápida (Demand-based)	Análisis de Semi-rápida (Electrolinera)	Análisis de Carga Rápida	Análisis de Carga Ultra-rápida	Optimización del Costo de Recarga de los Vehículos Eléctricos	Modelo de Optimización de Costos de Recarga de Vehículos Eléctricos en Función de la Demanda	Integración de Unidades de Generación de Energías Renovables para Abastecer la Demandada	Minimización de los Costos de Abastecimiento de la Demanda en el Sistema de Distribución en función de los Horarios de Recarga
		Distrito Metropolitano de Quito, DMQ																						
8	2019	Sistema de carga para vehículos eléctricos aplicados al área metropolitana de Bucaramanga	2	☒		☒																		
9	2019	Electric vehicles standards , charging infrastructure , and impact on grid integration : A technological review	16	☒																				
10	2020	Thermodynamics and energy usage of electric vehicles	4	☒					☒															
11	2020	Multi-day scenario analysis for battery electric vehicle feasibility assessment and charging infrastructure planning	2	☒		☒				☒														

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN				SOLUCIÓN PROPUESTA								
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	Vehículos Eléctricos (EV)	Generación Distribuida	Recarga de los Vehículos Eléctricos	Sistema de Gestión y Respuesta a la Demanda	Sistemas Fotovoltaicos	Integración de los Vehículos Eléctricos a la Red	Respuesta a la Demanda de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos Eléctricos	Curva de Demanda Base	Horarios de Carga de los Vehículos Eléctricos	Costos de Energía para la Recarga de Vehículos Eléctricos	Restricción Horaria de Potencia	Capacidad de Abastecimiento de la Demanda del Sistema de Distribución	Potencia Requerida de Carga para los Vehículos Eléctricos	Análisis de Carga Super Semi-rápida	Análisis de Semi-rápida (Electrolinera)	Análisis de Carga Rápida	Análisis de Carga Ultra-rápida	Optimización del Costo de Recarga de los Vehículos Eléctricos	Modelo de Optimización de Costos de Recarga de Vehículos Eléctricos en Función de la Demanda	Integración de Unidades de Generación de Energías Renovables para Abastecer la Demandada	Minimización de los Costos de Abastecimiento de la Demanda en el Sistema de Distribución en función de los Horarios de Recarga	
12	2020	Shared autonomous electric vehicle service performance : Assessing the impact of charging infrastructure	5	☒		☒																			
13	2020	Charging Scheduling Strategy for Different Electric Vehicles with Optimization for Convenience of Drivers , Performance of Transport System and Distribution	4	☒		☒					☒														
14	2020	Recarga de vehículos eléctricos mediante una optimización entera mixta con participación de respuesta de la demanda	0	☒		☒				☒	☒					☒									
15	2019	Estudio de prefactibilidad para la instalación de estaciones de recarga dirigida	0	☒	☒	☒	☒		☒		☒						☒								

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN				SOLUCIÓN PROPUESTA							
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	Vehículos Eléctricos (EV)	Generación Distribuida	Recarga de los Vehículos Eléctricos	Sistema de Gestión y Respuesta a la Demanda	Sistemas Fotovoltaicos	Integración de los Vehículos Eléctricos a la Red	Respuesta a la Demanda de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos Eléctricos	Curva de Demanda Base	Horarios de Carga de los Vehículos Eléctricos	Costos de Energía para la Recarga de Vehículos Eléctricos	Restricción Horaria de Potencia	Capacidad de Abastecimiento de la Demanda del Sistema de Distribución	Potencia Requerida de Carga para los Vehículos Eléctricos	Análisis de Carga Super Semi-rápida	Análisis de Semi-rápida (Electrolinera)	Análisis de Carga Rápida	Análisis de Carga Ultra-rápida	Optimización del Costo de Recarga de los Vehículos Eléctricos	Modelo de Optimización de Costos de Recarga de Vehículos Eléctricos en Función de la Demanda	Integración de Unidades de Generación de Energías Renovables para Abastecer la Demandada	Minimización de los Costos de Abastecimiento de la Demanda en el Sistema de Distribución en función de los Horarios de Recarga
		a vehículos eléctricos de carga pesada																						
16	2016	Análisis y diseño de una electrolinera para la recarga de vehículos eléctricos livianos, haciendo uso de energía fotovoltaica	1	☒	☒	☒	☒		☒								☒	☒	☒	☒				
17	2017	Análisis de incentivos y proyecciones del vehículo 100 % eléctrico en el Ecuador	4	☒	☒	☒	☒		☒		☒						☒							
18	2019	Estudio de la ubicación y dimensionamiento de electrolineras en la ciudad de Cuenca	1		☒	☒	☒		☒								☒	☒	☒	☒				
19	2016	Análisis y diseño de una electrolinera alimentada por energía solar para cargar autos eléctricos	1		☒	☒	☒		☒		☒						☒							

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

ITEM	DATOS		TEMÁTICA	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN				SOLUCIÓN PROPUESTA									
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO		REFERENCIA	Vehículos Eléctricos (EV)	Generación Distribuida	Recarga de los Vehículos Eléctricos	Sistema de Gestión y Respuesta a la Demanda	Sistemas Fotovoltaicos	Integración de los Vehículos Eléctricos a la Red	Respuesta a la Demanda de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos Eléctricos	Curva de Demanda Base	Horarios de Carga de los Vehículos Eléctricos	Costos de Energía para la Recarga de Vehículos Eléctricos	Restricción Horaria de Potencia	Capacidad de Abastecimiento de la Demanda del Sistema de Distribución	Potencia Requerida de Carga para los Vehículos Eléctricos	Análisis de Carga Super Semi-rápida	Análisis de Semi-rápida (Electrolinera)	Análisis de Carga Rápida	Análisis de Carga Ultra-rápida	Optimización del Costo de Recarga de los Vehículos Eléctricos	Modelo de Optimización de Costos de Recarga de Vehículos Eléctricos en Función de la Demanda	Integración de Unidades de Generación de Energías Renovables para Abastecer la Demandada
20	2017	Diseño de construcción y análisis de emplazamiento de electrolineras en Guayaquil y Samborondón	1		☒	☒	☒		☒			☒					☒	☒	☒	☒				
21	2016	Perpective of the distribution transformer in electric networks with penetration of distributed generation and electric vehicles	6		☒		☒	☒		☒								☒		☒				
22	2013	Evolution of the electricity networks towards smart grid in the andean region countries	36		☒		☒	☒		☒									☒	☒				
23	2008	Impacto en la estabilidad de un sistema de potencia al integrar generación distribuida	10		☒		☒	☒		☒														
24	2014	La Generación Distribuida : Retos frente al Marco Legal	1		☒		☒	☒		☒														

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN			SOLUCIÓN PROPUESTA								
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	Vehículos Eléctricos (EV)	Generación Distribuida	Recarga de los Vehículos Eléctricos	Sistema de Gestión y Respuesta a la Demanda	Sistemas Fotovoltaicos	Integración de los Vehículos Eléctricos a la Red	Respuesta a la Demanda de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos Eléctricos	Curva de Demanda Base	Horarios de Carga de los Vehículos Eléctricos	Costos de Energía para la Recarga de Vehículos Eléctricos	Restricción Horaria de Potencia	Capacidad de Abastecimiento de la Demanda del Sistema de Distribución	Potencia Requerida de Carga para los Vehículos Eléctricos	Análisis de Carga Super Semi-rápida	Análisis de Semi-rápida (Electrolinera)	Análisis de Carga Rápida	Análisis de Carga Ultra-rápida	Optimización del Costo de Recarga de los Vehículos Eléctricos	Modelo de Optimización de Costos de Recarga de Vehículos Eléctricos en Función de la Demanda	Integración de Unidades de Generación de Energías Renovables para Abastecer la Demandada	Minimización de los Costos de Abastecimiento de la Demanda en el Sistema de Distribución en función de los Horarios de Recarga
		del Mercado Eléctrico Ecuatoriano																						
25	2019	Desarrollo de una metodología para el análisis de sistemas de potencia incluyendo vehículos eléctricos y generación distribuida	0		☒				☒															
26	2013	Estrategias de Negocio Para Medición Inteligente Acoplando Energías Renovables	12		☒		☒	☒	☒															
27	2013	Las redes inteligentes en el futuro del sistema eléctrico	1		☒		☒		☒															
28	2018	Prototipo de plataforma de generación de energía alterna para carga y recarga de vehículo eléctrico tipo E-Trike	0					☒	☒															

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

ITEM	DATOS		REFERENCIA	TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN				SOLUCIÓN PROPUESTA					
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO		Vehículos Eléctricos (EV)	Generación Distribuida	Recarga de los Vehículos Eléctricos	Sistema de Gestión y Respuesta a la Demanda	Sistemas Fotovoltaicos	Integración de los Vehículos Eléctricos a la Red	Respuesta a la Demanda de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos Eléctricos	Curva de Demanda Base	Horarios de Carga de los Vehículos Eléctricos	Costos de Energía para la Recarga de Vehículos Eléctricos	Restricción Horaria de Potencia	Capacidad de Abastecimiento de la Demanda del Sistema de Distribución	Potencia Requerida de Carga para los Vehículos Eléctricos	Análisis de Carga Super Semi-rápida	Análisis de Semi-rápida (Electrolinera)	Análisis de Carga Rápida	Análisis de Carga Ultra-rápida	Optimización del Costo de Recarga de los Vehículos Eléctricos	Modelo de Optimización de Costos de Recarga de Vehículos Eléctricos en Función de la Demanda	Integración de Unidades de Generación de Energías Renovables para Abastecer la Demandada	Minimización de los Costos de Abastecimiento de la Demanda en el Sistema de Distribución en función de los Horarios de Recarga
29	2009	Selección de un sistema solar fotovoltaico para un vehículo eléctrico	3					☒																
30	2019	Estudio de factibilidad, basado en el análisis de ciclo de vida, de un sistema de energía renovable para alimentar un punto de carga para recargar la batería de vehículos eléctricos en diferentes comercios de la zona de Monteverde	0					☒																
31	2019	Estación de carga solar para pequeños vehículos eléctricos	0					☒																
32	2018	Cloud Monitoring Platform for the Operation of a Photovoltaic Solar charging station for electric vehicles	1					☒																

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

ITEM	DATOS		TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN				SOLUCIÓN PROPUESTA							
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	Vehículos Eléctricos (EV)	Generación Distribuida	Recarga de los Vehículos Eléctricos	Sistema de Gestión y Respuesta a la Demanda	Sistemas Fotovoltaicos	Integración de los Vehículos Eléctricos a la Red	Respuesta a la Demanda de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos Eléctricos	Curva de Demanda Base	Horarios de Carga de los Vehículos Eléctricos	Costos de Energía para la Recarga de Vehículos Eléctricos	Restricción Horaria de Potencia	Capacidad de Abastecimiento de la Demanda del Sistema de Distribución	Potencia Requerida de Carga para los Vehículos Eléctricos	Análisis de Carga Super Semi-rápida	Análisis de Semi-rápida (Electrolinera)	Análisis de Carga Rápida	Análisis de Carga Ultra-rápida	Optimización del Costo de Recarga de los Vehículos Eléctricos	Modelo de Optimización de Costos de Recarga de Vehículos Eléctricos en Función de la Demanda	Integración de Unidades de Generación de Energías Renovables para Abastecer la Demandada	Minimización de los Costos de Abastecimiento de la Demanda en el Sistema de Distribución en función de los Horarios de Recarga
33	2019	Diseño de un sistema de energía limpia y autosustentable mediante la implementación de paneles fotovoltaicos y banco de baterías para la recarga energética en vehículos eléctricos	1				☒																	
34	2009	Analysis and description of the photovoltaic effect in the zone	8				☒							☒	☒									
35	2019	Diseño y construcción de un módulo inversor trifásico acoplado a un emulador de banco de baterías para la incorporación de energía a una red de entrenamiento de cielo	0				☒							☒	☒									

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

ITEM	DATOS			TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN				SOLUCIÓN PROPUESTA						
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	Vehículos Eléctricos (EV)	Generación Distribuida	Recarga de los Vehículos Eléctricos	Sistema de Gestión y Respuesta a la Demanda	Sistemas Fotovoltaicos	Integración de los Vehículos Eléctricos a la Red	Respuesta a la Demanda de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos Eléctricos	Curva de Demanda Base	Horarios de Carga de los Vehículos Eléctricos	Costos de Energía para la Recarga de Vehículos Eléctricos	Restricción Horaria de Potencia	Capacidad de Abastecimiento de la Demanda del Sistema de Distribución	Potencia Requerida de Carga para los Vehículos Eléctricos	Análisis de Carga Super Semi-rápida (Demand-based)	Análisis de Semi-rápida (Electrolinera)	Análisis de Carga Rápida	Análisis de Carga Ultra-rápida	Optimización del Costo de Recarga de los Vehículos Eléctricos	Modelo de Optimización de Costos de Recarga de Vehículos Eléctricos en Función de la Demanda	Integración de Unidades de Generación de Energías Renovables para Abastecer la Demandada	Minimización de los Costos de Abastecimiento de la Demanda en el Sistema de Distribución en función de los Horarios de Recarga
36	2011	Sistema Autónomo de Generación de Energía Renovable	7					☒						☒	☒							☒		☒
37	2014	Análisis de custos históricos de sistemas fotovoltaicos no Brasil	11					☒						☒	☒	☒								
38	2012	Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico híbrido y desarrollo de su regulador de carga aplicando instrumentación virtual	9					☒						☒	☒	☒								
39	2010	Análisis del potencial energético solar en la región caribe para el diseño de un sistema fotovoltaico	23					☒						☒	☒	☒								
40	2019	Diseño de un Sistema de Sincronismo Automático para una Central Térmica de 4 . 5MW con 3 Grupos	0				☒								☒								☒	

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

ITEM	DATOS		TEMÁTICA	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO						RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN				SOLUCIÓN PROPUESTA								
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO		REFERENCIA	Vehículos Eléctricos (EV)	Generación Distribuida	Recarga de los Vehículos Eléctricos	Sistema de Gestión y Respuesta a la Demanda	Sistemas Fotovoltaicos	Integración de los Vehículos Eléctricos a la Red	Respuesta a la Demanda de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos Eléctricos	Curva de Demanda Base	Horarios de Carga de los Vehículos Eléctricos	Costos de Energía para la Recarga de Vehículos Eléctricos	Restricción Horaria de Potencia	Capacidad de Abastecimiento de la Demanda del Sistema de Distribución	Potencia Requerida de Carga para los Vehículos Eléctricos	Análisis de Carga Super Semi-rápida	Análisis de Semi-rápida (Electrolinera)	Análisis de Carga Rápida	Análisis de Carga Ultra-rápida	Optimización del Costo de Recarga de los Vehículos Eléctricos	Modelo de Optimización de Costos de Recarga de Vehículos Eléctricos en Función de la Demanda	Integración de Unidades de Generación de Energías Renovables para Abastecer la Demandada	Minimización de los Costos de Abastecimiento de la Demanda en el Sistema de Distribución en función de los Horarios de Recarga
		Electrógenos en un Proyecto Minero del Sur del Perú																							
41	2006	Diseño e implementación de una interfaz MODBUS para la integración de grupos electrógenos a la plataforma de gestión SCADA	3				☒																		☒
42	2019	Desarrollo del sistema de control de un tablero de transferencia automática de 2 grupos electrógenos en paralelo con la red	1				☒																		☒
43	2017	Mejoras en sistema Scada para la operación automática de carga en grupos electrogenos Hyundai	1				☒																		☒

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

ITEM	DATOS			TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN				SOLUCIÓN PROPUESTA						
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	Vehículos Eléctricos (EV)	Generación Distribuida	Recarga de los Vehículos Eléctricos	Sistema de Gestión y Respuesta a la Demanda	Sistemas Fotovoltaicos	Integración de los Vehículos Eléctricos a la Red	Respuesta a la Demanda de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos Eléctricos	Curva de Demanda Base	Horarios de Carga de los Vehículos Eléctricos	Costos de Energía para la Recarga de Vehículos Eléctricos	Restricción Horaria de Potencia	Capacidad de Abastecimiento de la Demanda del Sistema de Distribución	Potencia Requerida de Carga para los Vehículos Eléctricos	Análisis de Carga Super Semi-rápida	Análisis de Semi-rápida (Electrolinera)	Análisis de Carga Rápida	Análisis de Carga Ultra-rápida	Optimización del Costo de Recarga de los Vehículos Eléctricos	Modelo de Optimización de Costos de Recarga de Vehículos Eléctricos en Función de la Demanda	Integración de Unidades de Generación de Energías Renovables para Abastecer la Demandada	Minimización de los Costos de Abastecimiento de la Demanda en el Sistema de Distribución en función de los Horarios de Recarga
44	2019	Elaboración del plan de mantenimiento eléctrico preventivo aplicado a los grupos electrógenos de la empresa Adeprosa San Isidro 2019	0			☒								☒									☒	
45	2017	Mejoras en sistema Scada para la operacion automática de carga en grupos electrogenos Hyundai	1			☒								☒									☒	
46	2015	Algoritmo de gestión para la recarga de vehículos eléctricos	3							☒		☒									☒	☒		☒
47	2011	Estudio de baterías para vehículos eléctricos	20							☒		☒									☒	☒		☒
48	2020	Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución	0							☒		☒									☒	☒		☒

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS BASADO EN LA ÓPTIMA RESPUESTA DE LA DEMANDA

ITEM	DATOS		TEMÁTICA					FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			ALGORITMO DE SOLUCIÓN				SOLUCIÓN PROPUESTA						
	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	Vehículos Eléctricos (EV)	Generación Distribuida	Recarga de los Vehículos Eléctricos	Sistema de Gestión y Respuesta a la Demanda	Sistemas Fotovoltaicos	Integración de los Vehículos Eléctricos a la Red	Respuesta a la Demanda de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos Eléctricos	Curva de Demanda Base	Horarios de Carga de los Vehículos Eléctricos	Costos de Energía para la Recarga de Vehículos Eléctricos	Restricción Horaria de Potencia	Capacidad de Abastecimiento de la Demanda del Sistema de Distribución	Potencia Requerida de Carga para los Vehículos Eléctricos	Análisis de Carga Super Semi-rápida	Análisis de Semi-rápida (Electrolinera)	Análisis de Carga Rápida	Análisis de Carga Ultra-rápida	Optimización del Costo de Recarga de los Vehículos Eléctricos	Modelo de Optimización de Costos de Recarga de Vehículos Eléctricos en Función de la Demanda	Integración de Unidades de Generación de Energías Renovables para Abastecer la Demandada	Minimización de los Costos de Abastecimiento de la Demanda en el Sistema de Distribución en función de los Horarios de Recarga	
49	2013	Método para optimizar los costos del servicio de energía eléctrica de grandes usuarios en Colombia, incorporando flexibilidad de la demanda	6							✘		✘									✘		✘		✘
CANTIDAD:				17	13	13	19	17	6	9	6	8	4	3	12	6	6	5	5	4	4	5	6	5	

7.2 Resumen de Indicadores

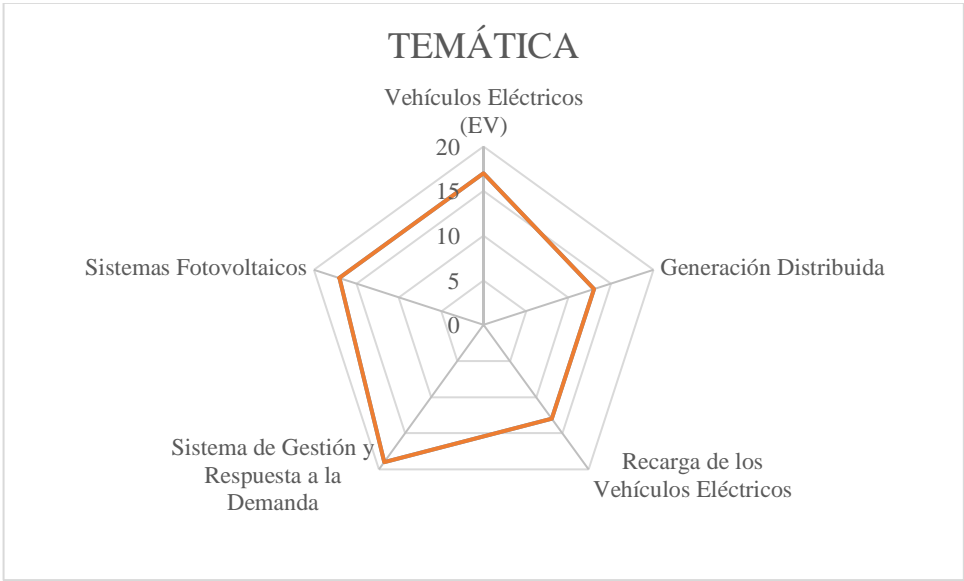


Figura 21. Resumen e indicador de la temática - Estado del arte

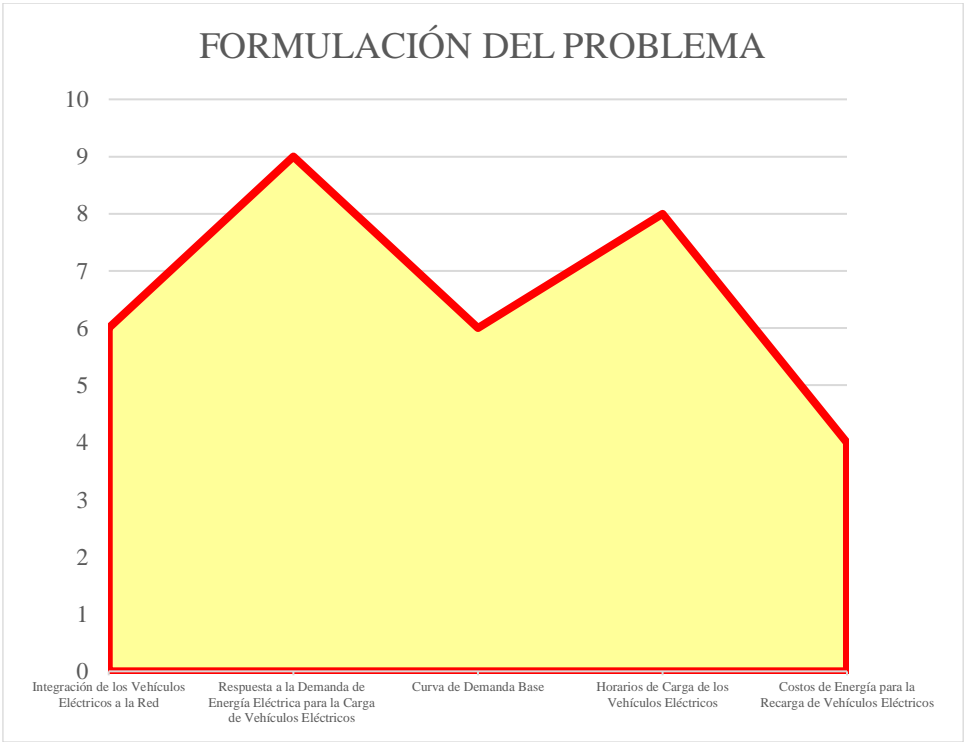


Figura 22. Indicador de formulación del problema - Estado del arte

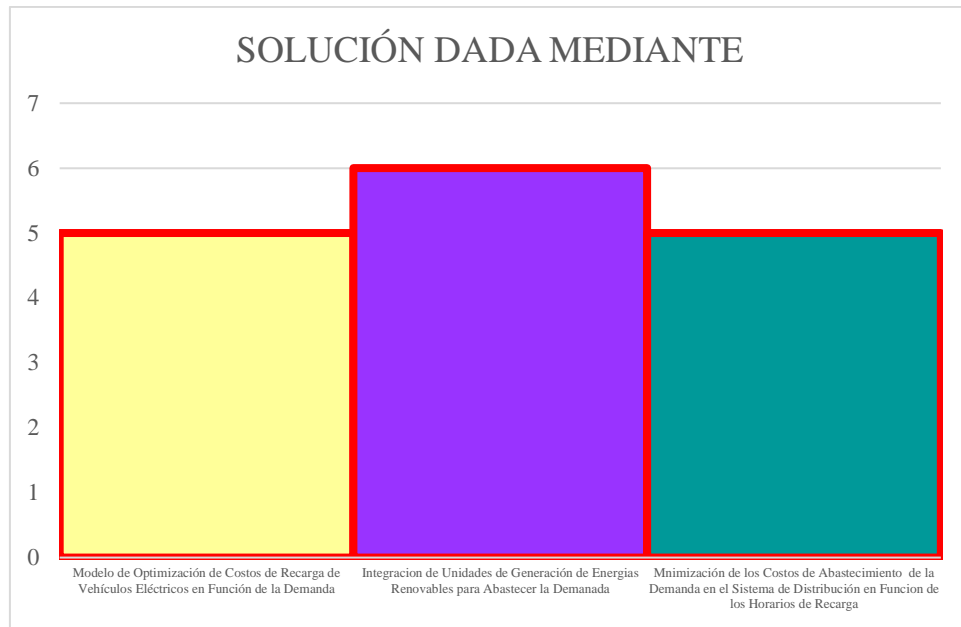


Figura 23. Indicador de solución - Estado del arte.