

**ANÁLISIS DEL PERFIL DE TENSIÓN POR LA INSERCIÓN DE
MOTOCICLETAS ELÉCTRICAS EN UN USUARIO RESIDENCIAL
MEDIANTE UN MODELO CUANTITATIVO**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

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

**TEMA:
ANÁLISIS DEL PERFIL DE TENSIÓN POR LA INSERCIÓN DE
MOTOCICLETAS ELÉCTRICAS EN UN USUARIO RESIDENCIAL
MEDIANTE UN MODELO CUANTITATIVO**

**AUTOR:
RENÉ PAÚL JIMÉNEZ MORI**

**DIRECTOR:
EDWIN MARCELO GARCÍA TORRES**

Quito, marzo 2022

René Paúl Jiménez Mori

**ANÁLISIS DEL PERFIL DE TENSION POR LA INSERCIÓN DE
MOTOCICLETAS ELÉCTRICAS EN UN USUARIO RESIDENCIAL
MEDIANTE UN MODELO CUANTITATIVO**

Universidad Politécnica Salesiana
Ingeniería Eléctrica

Breve reseña historia e información de contacto:



René Paúl Jiménez Mori (Y'1991). Realizó sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Superior Central Técnico, se graduó de bachiller en la especialidad Electrónica. Egresado de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se fundamenta en el Análisis del perfil de tensión por la inserción de motocicletas eléctricas en un usuario residencial mediante un modelo cuantitativo. rjimenezm@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Edwin Marcelo García Torres (Y'1978 -SM10). 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 automatización. Actualmente es miembro del Girei (Grupo de Investigación en Redes Eléctricas Inteligentes - Smart Grid Research Group). egarcia@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

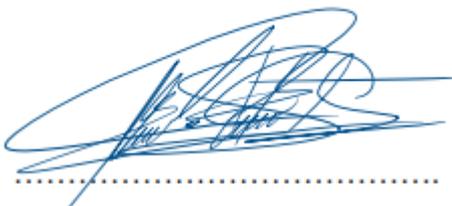
Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser 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
©2022 Universidad Politécnica Salesiana
QUITO-ECUADOR

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo, Edwin Marcelo García Torres declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación *ANÁLISIS DEL PERFIL DE TENSIÓN POR LA INSERCIÓN DE MOTOCICLETAS ELÉCTRICAS EN UN USUARIO RESIDENCIAL MEDIANTE UN MODELO CUANTITATIVO*, realizado por René Paúl Jiménez Mori, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito D.M., marzo de 2022

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above a horizontal dotted line.

Ing. García Torres Edwin Marcelo
C.C.: 1803087400

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, René Paúl Jiménez Mori, con documento de identificación N° 1724073109, 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: *ANÁLISIS DEL PERFIL DE TENSIÓN POR LA INSERCIÓN DE MOTOCICLETAS ELÉCTRICAS EN UN USUARIO RESIDENCIAL MEDIANTE UN MODELO CUANTITATIVO*, 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.

Quito D.M., marzo de 2022



.....
René Paúl Jiménez Mori

C.C.: 1724073109

ÍNDICE GENERAL

1	Introducción	2
2	Marco teórico	4
2.1	Caracterización de la batería	4
2.2	Perfil de tensión	7
3	Problema	7
3.1	Seudocódigo.....	7
4	Análisis y resultados	8
4.1	Caso de estudio	8
4.2	Demanda máxima	10
4.3	Demanda mínima.....	10
4.4	Demanda media	10
4.5	Demanda en la noche	11
5	Discusión	11
5.1	Régimen de carga.....	12
5.2	Norma 50001	12
6	Conclusiones.....	12
7	Trabajos futuros	12
8	Referencias.....	13
8.1	Matriz de Estado del Arte	16
8.2	Resumen de Indicadores	18
9	Anexos	20
9.1	Anexo 1	20
9.2	Anexo 2.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de carga batería de litio.	6
Figura 2. Curva de descarga batería de litio.	6
Figura 3. Curva de demanda	8
Figura 4. Consumo total de potencia - recarga motocicleta eléctrica.	9
Figura 5. Perfil de demanda con ingreso de carga de la motocicleta eléctrica.	9
Figura 6. Perfil de voltaje con la inserción de la motocicleta eléctrica en demanda máxima.	10
Figura 7. Perfil de voltaje con la inserción de la motocicleta eléctrica en demanda mínima.	10
Figura 8. Perfil de voltaje con la inserción de la motocicleta eléctrica en demanda media.	11
Figura 9. Perfil de voltaje con la inserción de la motocicleta eléctrica en demanda de la noche.	11
Figura 10. Afectación total al perfil de voltaje considerando diferentes horarios de consumo de energía – escenarios.	11
Figura 11. Resumen e indicador del problema propuesto.	18
Figura 12. Indicador de formulación del problema – Estado del Arte.	18
Figura 13. Indicador de solución – Estado del arte.	19
Figura 14. Análisis de calidad de energía eléctrica de motocicleta eléctrica.	20
Figura 15. Datos medidos con analizador Fluke 43B	20
Figura 16. Parámetros de calidad de energía eléctrica obtenida con el analizador Fluke 43B – Norma EN50160.	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables del Algoritmo.....	8
Tabla 2. Algoritmo para el ingreso de la motocicleta eléctrica a la red.....	8
Tabla 3. Valores de potencia de recarga de la motocicleta eléctrica.	9
Tabla 4. Valores de potencia del usuario residencial.	9
Tabla 5. Comparación de mediciones realizadas con la norma EN50160.....	12
Tabla 6. Matriz de estado del arte	16

ANÁLISIS DEL PERFIL DE TENSIÓN POR LA INSERCIÓN DE MOTOCICLETAS ELÉCTRICAS EN UN USUARIO RESIDENCIAL MEDIANTE UN MODELO CUANTITATIVO

Resumen

En la actualidad la utilización de motocicletas eléctricas es cada vez más común entre las personas debido a que la movilidad eléctrica está en constante crecimiento, a diferencia de los vehículos eléctricos, las motocicletas eléctricas se pueden cargar a cualquier hora del día debido a que su autonomía es inferior. El presente trabajo estudia el comportamiento del perfil de tensión del usuario residencial, debido a la inserción de carga de la motocicleta eléctrica en diferentes periodos de tiempo del día. Basándose en cuatro escenarios de recarga, considerando las horas de mayor y menor demanda del usuario para poder determinar la afectación a la red eléctrica. Finalmente, se determina el periodo de tiempo idóneo para la conexión de la motocicleta eléctrica a la red, indicando el régimen de carga adecuado para el usuario.

Palabras Clave: Demanda eléctrica, perfil de voltaje, recarga de motocicletas eléctricas, régimen de carga, motocicleta eléctrica.

Abstract

Nowadays the use of electric motorcycles is becoming more and more common among people due to the fact that electric mobility is constantly rising, in contrast to electric vehicles, electric motorcycles can be loaded at any time of the day because their lower autonomy. The present research work studies the behavior of the voltage profile of the residential user, as a result of the insertion the electric motorcycle charge in different periods of time of the day. Based on four recharge scenarios, considering the hours of highest and lowest user demand in order to determine the impact on the electrical network. Finally, the ideal period of time is determined for the connection of the electric motorcycle to the network, suggesting the appropriate load regime for the user.

Keywords: Electrical demand, voltage profile, recharging of electric motorcycles, charging regime, electric motorcycle.

1 Introducción

La necesidad de cambiar la tecnología de movilidad de combustión convencional a movilidad eléctrica viene dado por el cambio climático, alteración del clima y las temperaturas de la tierra.

Se considera que los vehículos convencionales son una fuente principal de generación de gases contaminantes a la atmosfera [1].

En la actualidad uno de los puntos fundamentales a tratar es la disminución de la contaminación causada por la combustión de combustibles fósiles, por esta razón, con el fin de mejorar las condiciones climáticas del planeta, se están implementando nuevas alternativas energéticas que reemplacen las funciones de bienes y servicios que actualmente necesitarían derivados de petróleo para su funcionamiento [2].

Una solución al problema para reducir la dependencia de combustibles fósiles en el mundo, reducir la contaminación ambiental y gases de efecto invernadero [3], es el sector del transporte que se ha desarrollado progresivamente, un primer e importante paso es el desarrollo de vehículos eléctricos de batería (BEV) [4] que utilizan únicamente energía eléctrica para su funcionamiento.

Este tipo de vehículos brinda distintas ventajas sobre los vehículos tradicionales, como cero emisiones contaminantes y un bajo nivel de ruido [3].

Un estudio para fomentar el uso de vehículos eléctricos (VE) y reducir la contaminación, en [5] propone un sistema de tarifas para gravar las emisiones de CO₂ y aumentar el uso de energías renovables en las islas Galápagos, implementando cargadores y medidores inteligentes para poder participar en programas de carga inteligente para vehículos eléctricos, considerando la disponibilidad de las

fuentes de energía renovables y mediante la optimización de costos permitiría la reducción del precio por carga de un vehículo eléctrico.

Colombia propone la necesidad de un nuevo esquema de tarifas diferenciales para el suministro eléctrico, donde el usuario tenga incentivos para utilizar la electricidad fuera de las horas pico.

La carga masiva de vehículos eléctricos presenta desafíos para la planificación y operación de redes eléctricas de distribución, sugiriendo incorporar sistemas de gestión de información y control en tiempo real, tanto para cargas nuevas como tradicionales [6].

Alrededor del mundo ya existe una gran acogida al cambio de movilidad eléctrica, las investigaciones indican un gran interés en tratar temas sobre la integración de vehículos eléctricos, el estudio del impacto en la demanda de energía eléctrica asociada al consumo, sus cifras de penetración, estimaciones futuras e inversión de infraestructura por países, políticas, entre otros [2].

Entre las áreas de investigación el algoritmo de carga es importante en una red residencial, se debe tomar en cuenta que la mayoría de los consumidores enchufarán su vehículo eléctrico para cargar cuando regresen a casa, lo que conducirá a una mayor demanda de energía durante las horas pico de la noche y los parámetros de calidad de la red eléctrica se verán afectados, lo cual podría ser una amenaza para la confiabilidad de la red [3].

Por otro lado, un sistema de gestión de vehículos eléctricos para que se carguen por la noche durante el periodo de bajo consumo de energía y se descarguen a la red durante los periodos de alto consumo de energía, ayudaría a estabilizar el voltaje y la frecuencia de la red [7].

Hay muchos temas de investigación que abortan esta problemática está el caso de Turquía que se basa en modelos probabilísticos desarrollados para el proceso de carga de los vehículos eléctricos, el cual busca sobrecargas en ramales, caídas de voltaje excesivas y pérdidas. Este método guía a las empresas de servicios públicos para determinar las inversiones necesarias en redes de baja tensión (BT) o implementar nuevos sistemas de tarifas para motivar a los clientes a cambiar sus cargas a un período de tiempo más adecuado, esto reduciría las pérdidas diarias de la red y también retrasaría inversiones [8].

Las redes de distribución son una parte fundamental para mejorar la infraestructura del escenario eléctrico, las desventajas asociadas con la inclusión de vehículos eléctricos en la actualidad son diversas: el perfil de tensión, desequilibrio de tensión, sobrecarga en el transformador de distribución y otros.

Los autores [9], [10] proponen una solución con inversiones mínimas en infraestructura mediante la ubicación óptima de la carga de vehículos eléctricos, control de cargas y una estrategia de respuesta a la demanda.

Las redes de distribución con altos niveles de penetración de vehículos eléctricos pueden experimentar problemas de sobrecarga del transformador e inestabilidad de voltaje. Un sistema de medida ubicado en los transformadores de distribución que se comunican directamente con los sistemas de control de lógica difusa (FLC) integrados en el equipo de suministro de los vehículos eléctricos, permitirá la carga de (EVs) en grandes cantidades, al tiempo que minimizaran el impacto en la red de distribución, en términos de cumplir con las limitaciones del transformador y mejorar la estabilidad del voltaje, utilizan como datos el tipo de vehículo,

estado de carga y demanda de energía de carga [11].

Una aplicación exitosa de la electrificación, son los vehículos de dos ruedas en combinación con la tecnología de batería de litio y el bajo peso del vehículo en comparación con los automóviles, brindan una solución a la movilidad en las ciudades, mientras que las baterías se pueden desconectar del vehículo para cargarse en cualquier toma de corriente estándar o intercambiar la batería usada por una recargada [12].

Actualmente, los estudios sobre la reducción del consumo de combustible, la identificación de energías alternativas más limpias y la planificación de políticas de transporte conlleva a buscar otros medios de transporte eco amigable con el ambiente, como es el caso de la motocicleta eléctrica.

La motocicleta eléctrica gracias a su tecnología tiene un motor más eficiente, son más funcionales y puede reemplazar a las motocicletas convencionales, posee un consumo de energía aproximadamente ocho veces menos que la motocicleta de gasolina y no produce emisiones, por tal motivo si nos referimos a costos es mucho más bajo [13].

En los últimos años ha tomado más fuerza la utilización de motocicletas principalmente en continentes de alta densidad poblacional como Asia y América Latina, debido al tráfico urbano, tamaño pequeño, facilidad de maniobra, bajo precio, facilidad de estacionamiento [14], por lo que sustituir esta clase de vehículos por motocicletas eléctricas aporta grandes beneficios no solo económicos si no también al medio ambiente ya que reduce la contaminación y el ruido, además de ofrecer el potencial de descarbonización [12].

Por otro lado, la conexión masiva de vehículos eléctricos a los sistemas de

energía afecta de forma negativa al sistema de distribución, lo que genera problemas importantes. Diferentes estudios demuestran el impacto que produce la carga y descarga de vehículos eléctricos en las redes de distribución de baja tensión [15], [16].

La mayoría de los vehículos eléctricos de uso personal se cargarán por la noche debido a su uso cotidiano. Sin embargo, las motocicletas eléctricas se pueden cargar en cualquier momento del día ya que poseen baterías más pequeñas por lo cual pueden afectar el perfil de la línea de distribución de manera diferente, se espera que la curva de demanda residencial y el comportamiento de la red de distribución cambien con la inclusión de las motocicletas eléctricas [17].

Debido a esto se ha tratado de abordar dicha problemática, un caso de estudio en África Oriental donde se investiga los impactos de la carga de la motocicleta eléctrica en los alimentadores residenciales de baja tensión, mediante un enfoque estocástico probabilístico que se implementa para abordar la diversidad en las cargas de los usuarios y carga de las motocicletas eléctricas mediante el método de simulación de Monte Carlo, el cual es utilizado para tener en cuenta la aleatoriedad en la ubicación de las motocicletas eléctricas a lo largo de la red, mientras que la transformada Herman-Beta (H-B) extendida se usa para tener en cuenta la variabilidad en las cargas de los consumidores residenciales.

Demostrando que el nivel de voltaje cae por debajo del límite permitido existiendo desequilibrio de voltaje y en consecuencia cables y transformadores se sobrecargan [18].

En [17] investigan el impacto de la carga de baterías de Scooter Eléctricos y Motocicletas Eléctricas en una red de distribución de baja tensión, mediante

técnicas de flujo de carga para observar el comportamiento de la red de distribución en diferentes escenarios en base a datos de la Ciudad de Colombo, considerando cinco perfiles diferentes de cargas residenciales típicas de la ciudad, una línea de distribución radial trifásica de 120 kVA, 230/400 V y asumiendo 30 casas conectadas a cada fase en distancias iguales, 87 motocicletas conectadas a la red en diferentes franjas horarias.

Demostrando que parte de la línea de distribución tendría que experimentar importantes condiciones de bajo voltaje y desequilibrio de voltaje.

Sin embargo, no se ha explorado un análisis que permita determinar la afectación al perfil de tensión debido a la carga de la motocicleta eléctrica enfocado a la parte del usuario residencial.

El documento se estructura en adelante de la siguiente manera. En la sección II se caracterizará la batería, se mencionará algunos conceptos para conocer su comportamiento, su curva de carga y descarga, además de conceptos de manera general al respecto, para finalmente entrar en el tema de perfil de tensión. Para la sección III se realizará una formulación del problema y su respectivo pseudocódigo del modelo propuesto en este documento, en la sección IV se examinan diferentes casos de estudio considerando la demanda del usuario residencial, analizando las curvas del perfil de carga en diferentes horarios, tomando en cuenta la carga de la motocicleta eléctrica, la sección V se consideran una breve discusión sobre los resultados obtenidos del modelo mencionado, para terminar, en la sección VI se presenta las conclusiones del estudio.

2 Marco teórico

2.1 Caracterización de la batería

Existen varios enfoques para caracterizar una batería y representar su comportamiento:

$$R_B = \frac{V_o}{I} \quad (3)$$

$$R_B = \frac{V_o}{I} - R_L \quad (4)$$

2.1.1 Estado de carga / State Of Charge (SOC).

Establece el estado de carga de la batería de en forma porcentual, su relación se da a través su capacidad actual $Q(t)$ y la capacidad nominal Q_n . La capacidad nominal provee el fabricante y representa la potencia máxima que almacena la batería [19]-[20].

Se define de la siguiente manera:

$$SOC(t) = \frac{Q(t)}{Q_n} \quad (1)$$

2.1.2 Profundidad de descarga / Depth Of Discharge (DOD).

Es la relación entre la capacidad suministrada por la batería en amperios hora (Ah) durante su periodo de descarga y la capacidad nominal, cuando el SOC disminuye, el DOD incrementa [19].

$$DOD = 1 - \frac{Q(t)}{Q_n} \quad (2)$$

2.1.3 Tensión de vacío (E_0).

Es la tensión de la batería en sus terminales cuando no tiene conectado ninguna carga. Su valor está descrito por las propiedades internas de la batería [19].

2.1.4 Resistencia interna:

Ayuda a modelar la resistividad de las partes físicas de la batería, así como factores químicos propios. No se puede medir directamente debido a que es una idea teórica, se puede calcular por medio de la información de corriente y voltaje medidos en la batería [19], mediante las dos ecuaciones mostradas:

Donde:

R_B : Resistencia interna de la batería

V_o : Tensión de vacío de la batería.

V : Tensión de la batería con carga.

I : Intensidad suministrada por la batería.

2.1.5 Capacidad (C).

Cantidad de electricidad que puede almacenar en una batería para luego ser utilizada, medida en amperios-hora (Ah) [19].

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$C = \int_{t1}^{t2} i * \delta t \quad (5)$$

Existen otras ecuaciones para el cálculo de la capacidad, las cuales dependen del estado en que se efectúen las mediciones, como es el caso de la capacidad real, capacidad nominal, la capacidad retenida.

2.1.6 Autodescarga.

Disminución de la carga almacenada de la batería cuando no existe conexión en sus terminales, se expresa en porcentaje respecto a la capacidad nominal [19].

2.1.7 Curvas de carga / descarga

Son gráficas empleadas para determinar el desempeño y las prestaciones de una batería [19]. Una de las formas de definir las es mediante las ecuaciones [21].

En el caso de la descarga ($i^* > 0$):

$$\begin{aligned}
E_{descarga} = & E_0 - K \\
& * \frac{Q_{max}}{Q_{max} - i_t} \\
& * i^* - K \\
& * \frac{Q_{max}}{Q_{max} - i_t} * i_t \\
& + A \\
& * \exp(-B * i_t)
\end{aligned} \quad (6)$$

Para el caso de la carga ($i^* < 0$):

$$\begin{aligned}
E_{carga} = & E_0 - K \\
& * \frac{Q_{max}}{i_t + 0.1Q_{max}} \\
& * i^* - K \\
& * \frac{Q_{max}}{Q_{max} - i_t} \\
& * i_t + A \\
& * \exp(-B * i_t)
\end{aligned} \quad (7)$$

Donde:

E_0 : Constante de tensión [V].

K : Constante de polarización [V/Ah^{-1}] o tensión de polarización [Ω].

Q_{max} : Capacidad máxima de la batería [Ah].

i_t : Capacidad extraída de la batería [Ah].

i^* : Corriente filtrada que circula por la batería [A].

A : Coeficiente de tensión exponencial [V].

B : Coeficiente de capacidad exponencial [Ah^{-1}].

A continuación, se muestra en la figura 1 la curva de carga de la batería de litio que hace mención al estado de carga de la motocicleta eléctrica y el tiempo que demora en cargarse la batería; el tiempo de recarga es aproximadamente de ocho horas para llegar al 100% de su carga nominal.

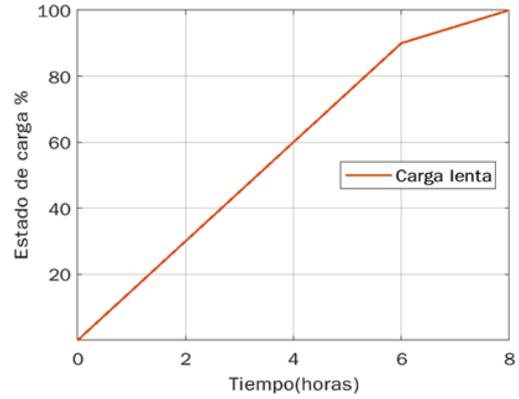


Figura 1. Curva de carga batería de litio.

Se muestra en la figura 2 la curva de descarga de la batería de litio de la motocicleta eléctrica y el tiempo que tarda en descargarse la batería; el tiempo de descarga es aproximadamente de nueve horas, cabe mencionar que el tiempo de descarga es variable debido a diferentes factores que afectan a la batería como es tiempo de uso, tipo de terreno, peso de carga, velocidad, etc. Los datos mostrados en la gráfica hacen referencia a un uso constante y peso por defecto de la motocicleta eléctrica.

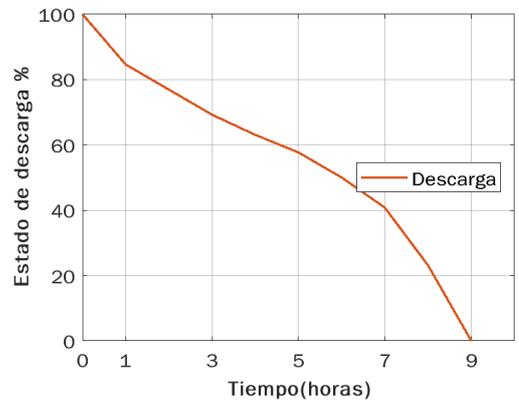


Figura 2. Curva de descarga batería de litio.

Existen varios enfoques para caracterizar una batería y representar su comportamiento. Como son los modelos desde el punto de vista eléctrico, electroquímico y matemático [22], [23], [24].

El modelo eléctrico debido a sus características es de fácil manejo y entendimiento.

Ecuación que representa una batería eléctrica [25].

$$U = E(SoC) - I * R(T, C_{rate}) \quad (8)$$

Donde:

R : Conjunto de resistencias óhmicas que dependerán de la tasa de descarga y temperatura de la batería.

Si bien existen diversos métodos ya aplicados para modelar una batería [26], [27], [28], [29] los cuales se basan en distintas técnicas y procedimientos que han ido evolucionando durante los años, los parámetros nombrados son los principales en ser utilizados.

2.2 Perfil de tensión

El estudio de los perfiles de tensión nos permite conocer cómo la red eléctrica tiene ciertas variaciones respecto a su comportamiento y de esta manera planificar su expansión o robustez. La incorporación de la motocicleta eléctrica (ME) y su incremento de carga a la red afecta directamente al perfil de tensión debido a que existe una variación en la demanda, como es de suponer dicha variación afecta a diferentes variables eléctricas como son frecuencia, corrientes, voltajes, etc., [30] por lo cual una tarea de mucha importancia es controlar esa variación y mantenerla dentro del rango aceptable para los usuarios finales.

Una solución a este problema es integrar fuentes de generación distribuida (DG) al sistema eléctrico, debido a que parte de la potencia real y reactiva suministrada por las fuentes (DG) hacia los nodos a los que se conectan provocan que disminuyan los flujos de corriente a través de las líneas y, por lo tanto, que la magnitud de las tensiones aumente [31].

3 Problema

En base al actual incremento progresivo del uso de motocicletas eléctricas (ME) como movilidad eco

amigable su mercado es cada vez más amplio en los hogares, debido a esto, se debe conocer su impacto que conlleva su conexión a la red eléctrica para la recarga de la batería y como afecta al usuario residencial.

Las motocicletas eléctricas debido a su autonomía, y baterías más pequeñas disponen de diferentes perfiles de carga y su recarga de batería puede ocurrir a cualquier hora del día, por lo tanto, se espera un cambio en el comportamiento de la red eléctrica respecto al voltaje y la curva de demanda del usuario cambie con la adición de la motocicleta eléctrica.

En el presente artículo se plantea el análisis del perfil de tensión de un usuario residencial y la afectación que este tendrá por la inserción de la motocicleta eléctrica para su recarga, mediante el estudio del comportamiento de la batería y horas de carga.

El estudio estará focalizado en la curva de demanda típica de un usuario residencial tomando en cuenta las horas pico y no pico de consumo, mediante los datos obtenidos de consumo de energía eléctrica producida por la recarga de la motocicleta eléctrica, así como su tiempo de duración para su completa carga los cuales serán utilizados para verificar la afectación que tiene el usuario.

3.1 Seudocódigo

Dado que el estudio posee un conjunto de datos que puede ser medidos como son voltajes, corrientes y potencias tanto de la carga de consumo como de la red eléctrica residencial.

Se puede establecer el perfil de voltaje y la curva de demanda de energía eléctrica en diferentes horas, de tal manera que nos permita observar la afectación a la red eléctrica por la carga de la motocicleta eléctrica.

En la tabla 1 se muestra las variables que se usaran para desarrollar el método planteado.

Tabla 1. Variables del Algoritmo.

Nombre	Características	Unidad
Po	Potencia eléctrica ME	W
Vo	Voltaje ME	V
Io	Corriente ME	A
Eo	Energía eléctrica usuario	Wh
t	Tiempo	s
Eme	Energía eléctrica ME	Wh
Ef	Energía eléctrica final	Wh
Vf	Voltaje final	V
If	Corriente final	A
M_ESC	Casos de estudios	
Dem_f1 Dem_f2 Dem_f3 Dem_f4	Datos de consumo de la red eléctrica	Wh

Tabla 2. Algoritmo para el ingreso de la motocicleta eléctrica a la red.

Paso 1	Entrada: Po, Vo, Io, Eo
Paso 2	Salida: Dem_f1, Dem_f2, Dem_f3, Dem_f4
Paso 3	Inicialización: Po=0, Vo=0, Io=0
Paso 4	Asignación: [Eme, Ef, Vf, If] ← [M_ESC1] [Eme, Ef, Vf, If] ← [M_ESC2] [Eme, Ef, Vf, If] ← [M_ESC3] [Eme, Ef, Vf, If] ← [M_ESC4] t (0:1:24) M_ESC= {M_ESC1, M_ESC2, M_ESC3, ESC4} for=1: length (M_ESC) Med=tabulate (t, M_ESC) end
Paso 5	Creación de escenarios Swit M_ESC Case 1 EM1(Med) Case 2 EM2(Med) Case 2 EM3(Med) Case 2 EM4(Med)
Paso 6	Cálculo demanda eléctrica nEM=size (EM); dem_EM= {}; Dem_f= dem_EM{Med}
Paso 6	Retorno Dem_f1, Dem_f2, Dem_f3, Dem_f4
Paso 7	Fin

4 Análisis y resultados

4.1 Caso de estudio

Para el presente estudio se plantea la siguiente curva de demanda de un usuario residencial promedio, presentada en la figura 3 con un consumo de energía eléctrica de 8.9 kWh diarios. Se realizan cuatro escenarios que permiten identificar la afectación al perfil de tensión por el incremento en la demanda debido a la carga de la motocicleta eléctrica.

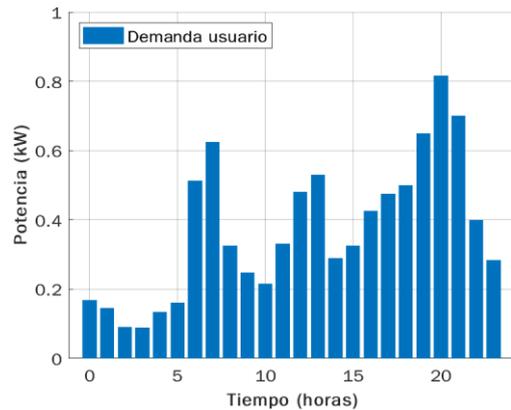


Figura 3. Curva de demanda

En la curva de demanda diaria se tiene que el primer pico representativo en las horas de la mañana comienza a partir de las 06:00 horas hasta las 07:00 horas con un consumo de 624W, permitiéndonos conocer que el usuario residencial empieza sus actividades diarias, con una disminución de consumo a partir de las 08:00 horas.

Se puede observar que el pico de demanda comienza a incrementarse nuevamente entre las horas comprendidas de 11:00 a 13:00 horas de la tarde con un consumo de 530W.

Finalmente, al analizar el consumo en la noche se puede evidenciar que el pico de demanda comienza desde las 18.00 horas llegando a su pico máximo de consumo de 815W a las 20:00 horas, con una disminución a partir de las 22:00 horas en adelante, esto se debe a que el usuario comienza su descanso.

En la figura 4 se muestra la gráfica del consumo de energía de la motocicleta eléctrica y su tiempo de

duración de 8 horas para su completa carga de batería.

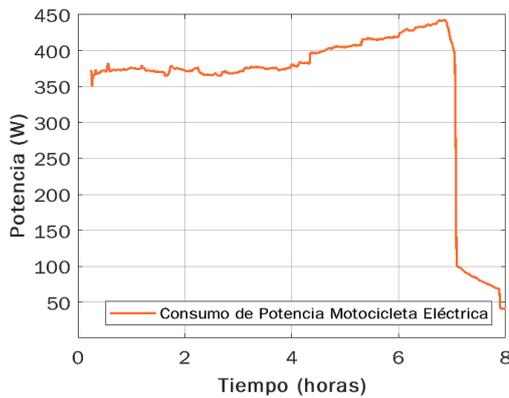


Figura 4. Consumo total de potencia - recarga motocicleta eléctrica.

Para efectos de la investigación se tomará en cuenta las potencias más representativas de la figura 4, desechando los valores que estén por debajo de los 350W, como es el caso a partir de las 7 horas de carga en adelante, debido a que los valores por debajo del rango no representan un mayor aporte a la investigación.

Para una vista general del consumo de la motocicleta eléctrica se procede a realizar varias recargas de la batería durante 24 horas en diferentes horarios.

En la tabla 2 se indica los valores de potencia promedios de cada hora medidos para la recarga de la batería.

Tabla 3. Valores de potencia de recarga de la motocicleta eléctrica.

Hora	Potencia (W)
0	440
1	440
2	435
3	435
4	440
5	432
6	400
7	390
8	380
9	390
10	400
11	380
12	370
13	380
14	390
15	380
16	370
17	380

18	375
19	370
20	365
21	369
22	380
23	400

En la figura 5 se observa la demanda generada por el ingreso de la motocicleta eléctrica a la demanda base que posee el usuario residencial, se observa un incremento considerable debido a la recarga de la batería.

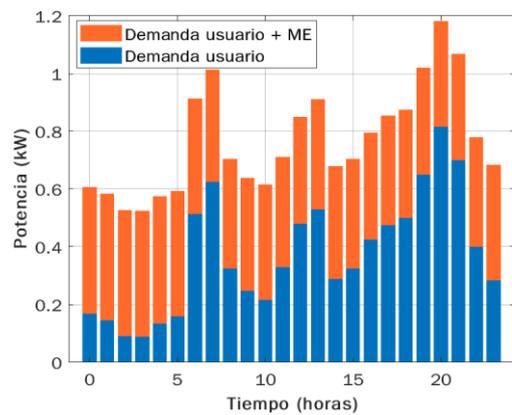


Figura 5. Perfil de demanda con ingreso de carga de la motocicleta eléctrica.

El consumo de energía del usuario es de 8.9kWh diarios y aumenta a 18,4kWh representando un aumento de carga del 206,7%, este tipo de recarga se la puede realizar a cualquier hora del día, razón por la cual el perfil de voltaje se ve afectado en horas de demanda pico.

En la tabla 3 se indica los valores de potencia medidos antes y después de la conexión de la motocicleta eléctrica a la red residencial.

Tabla 4. Valores de potencia del usuario residencial.

Hora	Consumo (W) del usuario sin EM	Consumo (W) del usuario con EM
0	167.5	607,5
1	145	585
2	91.1	526,1
3	89.54	524,54
4	134.5	574,5
5	160	592
6	513.505	913,505
7	624.5	1014,5
8	324.8	704,8

9	248.7	638,7
10	215.6	615,6
11	330.45	710,45
12	480	850
13	530.47	910,47
14	289	679
15	325	705
16	425.6	795,6
17	475	855
18	500	875
19	650	1020
20	815.69	1180,69
21	700	1069
22	400	780
23	284.6	684,6

Obtenida la demanda adicional generada por la motocicleta eléctrica se analiza cuatro escenarios: Demanda máxima, demanda mínima, demanda media, demanda en la noche. Las cuales sirven como datos para la construcción de las curvas de perfiles de voltaje.

4.2 Demanda máxima

La demanda máxima del usuario residencial comienza a partir de las 18:00 horas a 21:00 horas según la figura 5, horario donde existe un mayor consumo de energía llamado horas pico de consumo, debido al ingreso de la motocicleta eléctrica, su voltaje se ve afectado dependiendo de la hora como se muestra a continuación.

En la figura 6 se muestra el voltaje base que dispone el usuario residencial sin el ingreso de la motocicleta eléctrica de valor 123.5 V AC y por otro lado la gráfica del ingreso de carga debido a la conexión de la motocicleta eléctrica para la recarga de su batería.

Como consecuencia se puede identificar una caída de voltaje con un decremento de 3V llegando a una caída de voltaje de 120.5V AC.

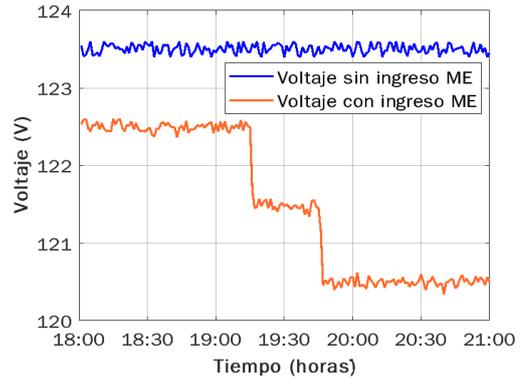


Figura 6. Perfil de voltaje con la inserción de la motocicleta eléctrica en demanda máxima.

4.3 Demanda mínima

La demanda mínima del usuario residencial comprende en el periodo entre las 2:00 am a 4:00 am, donde existe el menor consumo de energía motivo por el cual el perfil de voltaje en ese periodo de tiempo tendrá una mínima afectación como se muestra en la figura 7.

Se observa un voltaje base del usuario residencial de 123.9V y una caída de voltaje con un decremento de 0.3V llegando a un voltaje de 123.6V AC.

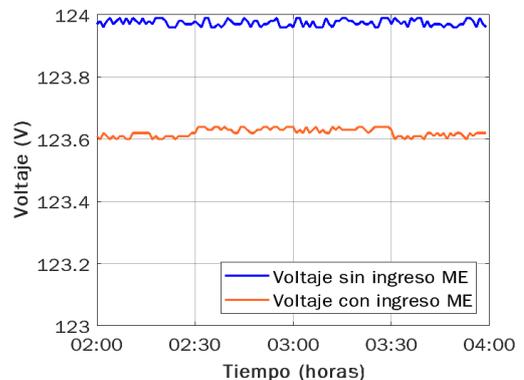


Figura 7. Perfil de voltaje con la inserción de la motocicleta eléctrica en demanda mínima.

4.4 Demanda media

La demanda media comienza en el periodo comprendido entre las 11:00 horas a 14:00 horas como indica la figura 5 existe un aumento de consumo de energía del usuario residencial, debido a la recarga de la batería en ese periodo de tiempo, como era de suponer su voltaje se ve afectado con

un decremento de 1.5V llegando a una caída de voltaje de 122V AC aproximadamente.

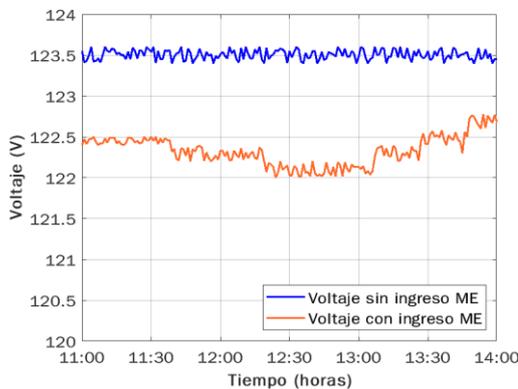


Figura 8. Perfil de voltaje con la inserción de la motocicleta eléctrica en demanda media.

4.5 Demanda en la noche

La demanda en la noche comienza a partir de las 18:00 horas a 00:00 horas, en este intervalo de tiempo su consumo de energía es variable por lo tanto su perfil de voltaje también varía como se muestra en la figura 9.

Su voltaje base de 123.5V AC tiene una disminución de 1V por hora llegando a decrementarse hasta los 120.5V en consecuencia una caída de voltaje de 3V AC en el punto de máximo de consumo comprendido entre 20:00 horas a 21:00 horas, pasado este periodo de tiempo su voltaje comienza a recuperarse hasta llegar a su voltaje base a partir de las 23:00 horas en adelante.

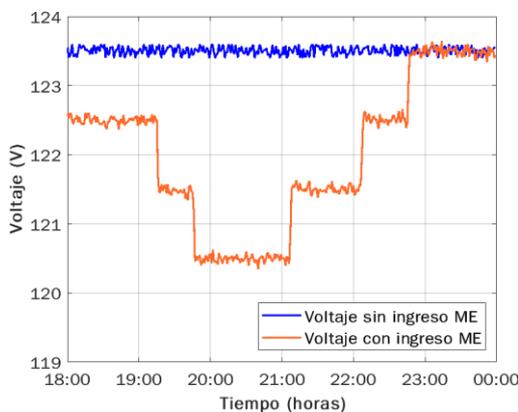


Figura 9. Perfil de voltaje con la inserción de la motocicleta eléctrica en demanda de la noche.

5 Discusión

Para el estudio mostrado en este documento enfocado solamente a la parte del usuario residencial, se observa que existe afectación al perfil de voltaje, si el usuario incrementa el número de motocicletas eléctricas para su recarga, esto empeoraría el perfil de tensión debido a que aumenta su consumo de energía eléctrica.

En la figura 10 se muestra la disminución de voltaje en cada escenario mostrado anteriormente, debido a la inserción de la motocicleta eléctrica para la recarga de su batería.

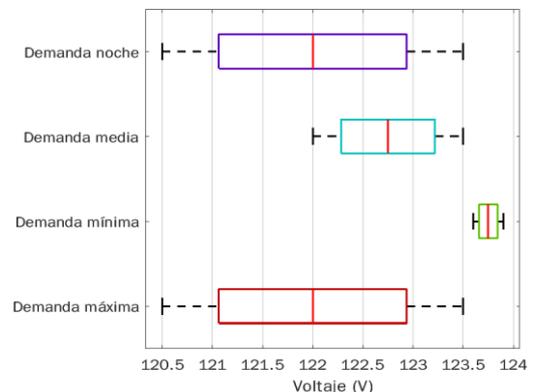


Figura 10. Afectación total al perfil de voltaje considerando diferentes horarios de consumo de energía - escenarios.

La demanda máxima y demanda en la noche tienen la misma proporción de afectación en cuanto a la disminución de voltaje, debido a que el periodo de tiempo coincide con el horario pico de consumo máximo del usuario,

La recarga de la motocicleta eléctrica por lo general se lo realiza en horario de la noche, horario comprendido entre las 18:00 horas a 00:00 horas debido a que la mayoría de los usuarios regresan a casa después de una jornada de actividades, por tal motivo esta disminución tiene una caída de voltaje promedio de 120.5V lo que representa una disminución del 2.42% respecto al voltaje base del usuario sin la inclusión del vehículo eléctrico.

La disminución de voltaje en 1.5V mostrada en la demanda media, si bien no se considera una gran afectación, esto dependería en gran parte del usuario y su consumo de energía en ese intervalo tiempo ya que como se mostro es directamente proporcional a la variación de la demanda, a mayor consumo de energía mayor caída de voltaje.

5.1 Régimen de carga

Los escenarios mostrados en la figura 10 indican que periodo de tiempo es el adecuado para la conexión de la motocicleta eléctrica a la red para su recarga, por lo tanto, los mejores escenarios para disminuir la afectación a la red son el periodo de demanda mínima y demanda media. Cabe mencionar que los escenarios restantes no estarían excluidos de la conexión de la (EM) pero si representan una considerable disminución de voltaje hacia usuario residencial.

5.2 Norma 50001

Los resultados encontrados durante la investigación se analizan mediante la norma ISO 50001 y uno de sus apartados la cual hace referencia a la norma EN50160 de calidad de energía eléctrica, la conexión de la motocicleta eléctrica a la red aprueba los márgenes de tensión y parámetros correspondientes de desviación admisibles en la norma. Datos completos obtenidos en Anexo 1.

Tabla 5. Comparación de mediciones realizadas con la norma EN50160.

Parámetro	Norma	Medición		EN50160
		min	max	
Frecuencia (60Hz)	<+1% >-1%	59.90	60.09	Cumple
	<+4% >-6%	59.90	60.09	
Variaciones de tensión	<+10% >-10%	122.4	125.6	Cumple
	<+10% >-15%	122.4	125.6	Cumple

Tensiones armónicas THD <=8% 1.53 2.62 Cumple

6 Conclusiones

La implementación de la motocicleta eléctrica al consumo del usuario residencial representa un incremento considerable en la demanda de energía eléctrica por lo que su estudio es una parte fundamental para el desarrollo e implementación de esta nueva tecnología de movilidad que cada vez se está ampliando y su uso es más común en los hogares.

Por medio de la caracterización la batería se logra observar cual es el comportamiento de la motocicleta eléctrica en cuanto a consumo de energía y tiempo de duración de conexión a la red eléctrica, los cuales sirven como datos para determinar el incremento de la demanda diaria al usuario residencial.

Mediante cuatro escenarios de estudio de carga de la motocicleta eléctrica, se obtiene que el perfil de voltaje del usuario residencial tiene una caída de voltaje y se ve afectado al cargar una motocicleta eléctrica en los horarios de mayor consumo que posee dicho usuario. Su afectación a su voltaje es de 2.42% al voltaje normal que tendría el usuario con su consumo tradicional sin la inclusión de la motocicleta eléctrica en horas de noche (18:00 horas 00:00 horas).

Los resultados mostrados en la figura 10 permite indicar el horario de conexión más adecuado para la recarga de la batería de la motocicleta eléctrica sin afectar al perfil de voltaje, esto dependerá principalmente del consumo diario de energía y tipo de usuario, la inclusión de más motocicletas eléctricas a la red eléctrica residencial es proporcional a su afectación al perfil de tensión.

7 Trabajos futuros

Actualmente no existe una infraestructura de la red eléctrica especialmente diseñada para la recarga pública de la batería de motocicletas eléctricas por lo que conlleva, que su recarga se lo realice en un inicio en casa desde la red residencial. La mayor parte de los usuarios enchufarán su (ME) para cargar en horas de la tarde o horas de descanso, lo que producirá a una mayor demanda de energía durante las horas pico y los parámetros de calidad de la red eléctrica se verán afectados.

Por lo cual se puede desarrollar diversas investigaciones enfocados a la motocicleta eléctrica como los siguientes:

- Estudios para la implementación de sistemas de gestión de información y control en tiempo real, tanto para el ingreso de la carga de la EM como las cargas tradicionales.
- La implementación de un sistema de gestión a la demanda para evitar el ingreso de este tipo de carga en horas pico.
- Estudio de respuesta a la demanda para aprovechar dichas cargas en horas de mayor demanda.

8 Referencias

- [1] M. Bernal, “Dimensionamiento De Una Micro Red Tipo Estación De Recarga Para Vehículos Eléctricos Conectados Al Sistema Eléctrico,” Universidad Politecnica Salesiana, 2020.
- [2] D. J. Trujillo Sandoval and E. M. García Torres, “Respuesta de demanda de energía por introducción de vehículos eléctricos: estado del arte,” *I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 1, pp. 5–11, 2020.
- [3] A. Neagoe-Stefana, M. Eremia, L. Toma, and A. Neagoe, “Impact of charging Electric Vehicles in residential network on the voltage profile using Matlab,” *2015 9th Int. Symp. Adv. Top. Electr. Eng.*, pp. 787–791, 2015.
- [4] L. M. Austmann and S. A. Vigne, “Does environmental awareness fuel the electric vehicle market? A Twitter keyword analysis,” *Energy Econ.*, vol. 101, pp. 105337, 2021.
- [5] J. M. Clairand, J. R. Garcia, C. A. Bel, and P. P. Sarmiento, “A tariff system for electric vehicle smart charging to increase renewable energy sources use,” *2017 IEEE PES Innov. Smart Grid Technol. Conf. - Lat. Am. (ISGT Lat. Am.)*, pp. 1–6, 2017.
- [6] W. Villamil, C. Rojas, S. Téllez, and J. Rosero, “Energy demand impact due to mass use of Electrical Vehicles and future Demand Side Management strategies,” *2015 IEEE PES Innov. Smart Grid Technol. Lat. Am. ISGT LATAM 2015*, pp. 281–285, Jan. 2016.
- [7] S. G. Liasi and M. A. Golkar, “Electric vehicles connection to microgrid effects on peak demand with and without demand response,” *2017 25th Iran. Conf. Electr. Eng. ICEE 2017*, pp. 1272–1277, Jul. 2017.
- [8] A. Temiz and A. N. Guven, “Assessment of impacts of Electric Vehicles on LV distribution networks in Turkey,” *2016 IEEE Int. Energy Conf. ENERGYCON 2016*, pp. 1–6, Jul. 2016.
- [9] T. Chin Ho, G. Chin Kim, and I. Khairul Anwar, “Probabilistic Impact Assessment of Electric Vehicle Charging on Malaysia Low-Voltage Distribution

- Networks,” *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 3, pp. 199–207, 2015.
- [10] S. Shao, M. Pipattanasomporn, and S. Rahman, “Demand response as a load shaping tool in an intelligent grid with electric vehicles,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 2, no. 4, pp. 624–631, Dec. 2011.
- [11] T. Kurniawan, C. A. Baguley, U. K. Madawala, Suwarno, N. Hariyanto, and Y. Adianto, “An electric vehicle charge scheduling approach suited to local and supplying distribution transformers,” *Energies*, vol. 13, no. 13, p. 3486, Jul. 2020.
- [12] G. Parkhurst, “Electric Mobility,” *Int. Encycl. Transp.*, pp. 64–72, Jan. 2021.
- [13] T. Koossalapeerom, T. Satiennam, W. Satiennam, W. Leelapatra, A. Seedam, and T. Rakpukdee, “Comparative study of real-world driving cycles, energy consumption, and CO2 emissions of electric and gasoline motorcycles driving in a congested urban corridor,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 45, pp. 619–627, Feb. 2019.
- [14] A. Farzaneh and E. Farjah, “A Novel Smart Energy Management System in Pure Electric Motorcycle Using COA,” *IEEE Trans. Intell. Veh.*, vol. 4, no. 4, pp. 600–608, Dec. 2019.
- [15] X. Luo and K. W. Chan, “Real-time scheduling of electric vehicles charging in low-voltage residential distribution systems to minimise power losses and improve voltage profile,” *IET Gener. Transm. Distrib.*, vol. 8, no. 3, pp. 516–529, 2014.
- [16] J. Y. Yong, V. K. Ramachandaramurthy, K. M. Tan, and N. Mithulanathan, “A review on the state of the art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 49, pp. 365–385, May 2015.
- [17] A. Wijesekera and P. Binduhewa, “Impact of electric motorcycles on distribution network and design of a charger for electric motorcycles,” *IEEE Reg. 10 Humanit. Technol. Conf. R10-HTC*, Jan. 2019.
- [18] C. Rhoda, B. Bekker, and J. Chihota, “Probabilistic impact assessment of residential charging of electric motorcycles on LV feeders,” *2020 6th IEEE Int. Energy Conf. ENERGYCon*, pp. 527–532, Sep. 2020.
- [19] J. Martínez, “Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas,” Universitat Politècnica de Catalunya, 2017.
- [20] B. Benalcazar and E. M. Garcia Torres, “Óptima repuesta 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.
- [21] MathWorks, “Generic battery model - Simulink,” 2018. <https://es.mathworks.com/help/physmod/sps/powersys/ref/battery.html>.
- [22] C. Morente, “Análisis Y Modelado Del Comportamiento De Baterías Para Vehículos Eléctricos,” Universidad Carlos III de Madrid, 2015.
- [23] R. Gu, P. Malysz, H. Yang, and A. Emadi, “On the suitability of electrochemical-based modeling for lithium-ion batteries,” *IEEE Trans. Transp. Electrifi.*, vol. 2, no. 4, pp. 417–431, Dec. 2016.
- [24] S. N. Motapon, A. Lupien-Bedard, L. A. Dessaint, H.

- Fortin-Blanchette, and K. Al-Haddad, "A generic electrothermal li-ion battery model for rapid evaluation of cell temperature temporal evolution," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 64, no. 2, pp. 998–1008, Feb. 2017.
- [25] G. Olmo Esteban, J. Rodríguez Arribas, and J. Nájera Álvarez, "Caracterización de baterías de litio para el estudio del envejecimiento," Universidad Politécnica de Madrid, 2019.
- [26] A. Muralidharan, R. S. Sreelekshmi, and M. G. Nair, "Cell modelling for battery management system in electric vehicles," *Proc. 3rd Int. Conf. Smart Syst. Inven. Technol. ICSSIT 2020*, pp. 558–564, Aug. 2020.
- [27] M. Böttiger, M. Paulitschke, and T. Bocklisch, "Systematic experimental pulse test investigation for parameter identification of an equivalent based lithium-ion battery model," *Energy Procedia*, vol. 135, pp. 337–346, Oct. 2017.
- [28] C. Zhang, J. Jiang, L. Zhang, S. Liu, L. Y. Wang, and P. C. Loh, "A generalized SOC-OCV model for lithium-ion batteries and the SOC estimation for LNMCO battery," *Energies*, vol. 9, no. 11, p. 900, Nov. 2016.
- [29] A. Nikolian *et al.*, "Lithium ion batteries-development of advanced electrical equivalent circuit models for nickel manganese cobalt lithium-ion," *Energies*, vol. 9, no. 5, p. 360, 2016.
- [30] D. Trujillo and G. T. Edwin Marcelo, "Demand response due to the penetration of electric vehicles in a micro network through stochastic optimization," *EEE Lat. Am. Trans.*, vol. 20, no. 4, pp. 651–658, 2021.
- [31] C. A. Espinosa Gueso, "Cuantificación del impacto de la integración de elementos de micro-red en sistemas de distribución," Universidad Tecnológica de Pereira, 2019.

8.1 Matriz de Estado del Arte

Tabla 6. Matriz de estado del arte

ANÁLISIS DEL PERFIL DE Tensión POR LA inserCIÓN DE MOTOCICLETAS ELÉCTRICAS EN UN USUARIO RESIDENCIAL MEDIANTE UN MODELO CUANTITATIVO																								
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	CITAS	TEMÁTICA				FORMULACIÓN DEL PROBLEMA FUNCIONES OBJETIVO				RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA		SOLUCIÓN PROPUESTA							
				Recarga de motocicletas eléctricas	Perfil de voltaje	Sistemas de gestión de demanda	Impacto ambiental	Modelos de baterías	Impacto en la demanda de energía eléctrica	Costos de energía para la recarga de vehículos eléctricos	Afectación por la recarga de vehículos eléctricos	Curva de demanda base	Modelamiento de baterías	Estación de recarga de baterías	Variación en la demanda	Restricción horaria de potencia	Potencia requerida de carga para los vehículos eléctricos	Algoritmo de carga	micro red	Gestión de la demanda	Algoritmos de solución	Mejora del perfil de voltaje	Horarios de carga vehículos eléctricos	Recarga de las baterías mediante generación distribuida
1	2020	Dimensionamiento De Una Micro Red Tipo Estación De Recarga Para Vehículos Eléctricos Conectados Al Sistema Eléctrico	3			☒			☒									☒					☒	☒
2	2020	Respuesta de demanda de energía por introducción de vehículos eléctricos	7						☒															
3	2015	Impact of charging Electric Vehicles in residential network on the voltage profile using Matlab	11		☒					☒	☒							☒				☒		
4	2021	Does environmental awareness fuel the electric vehicle market? A Twitter keyword analysis	1				☒																	
5	2017	A tariff system for electric vehicle smart charging to increase renewable energy sources use	7			☒	☒			☒								☒			☒		☒	
6	2016	Energy demand impact due to mass use of Electrical Vehicles and future Demand Side Management strategies	5			☒				☒					☒			☒						☒
7	2017	Electric vehicles connection to microgrid effects on peak demand with and without demand response	20						☒			☒								☒				☒
8	2016	Assessment of impacts of Electric Vehicles on LV distribution networks in Turkey			☒	☒								☒				☒				☒		☒
9	2015	Probabilistic impact assessment of electric vehicle charging on Malaysia low-voltage distribution networks			☒						☒	☒						☒	☒			☒		☒

8.2 Resumen de Indicadores

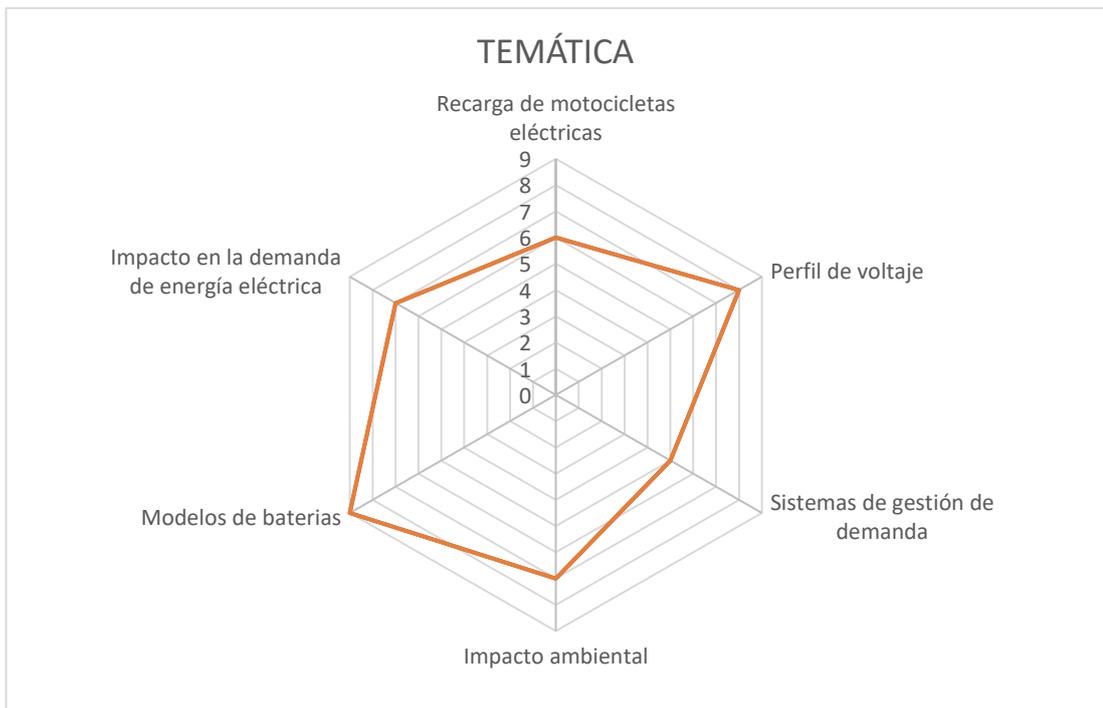


Figura 11. Resumen e indicador del problema propuesto

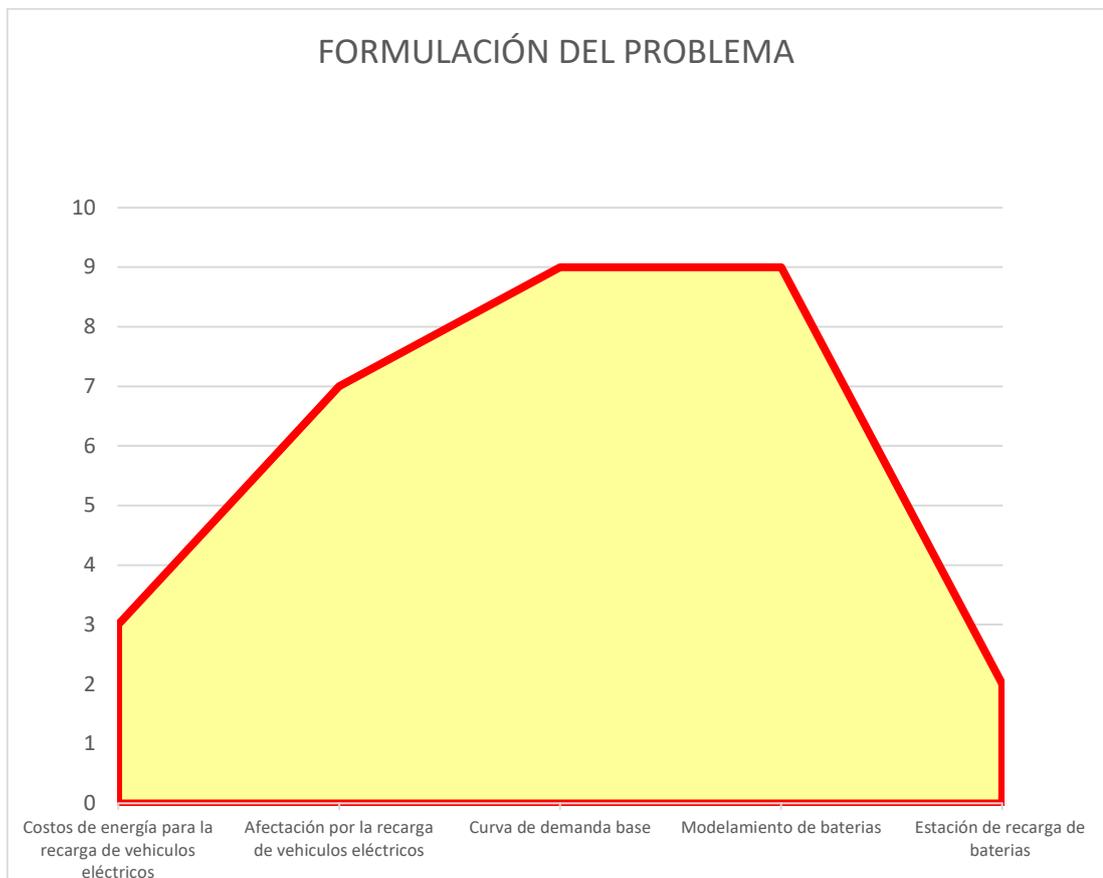


Figura 12. Indicador de formulación del problema – Estado del Arte

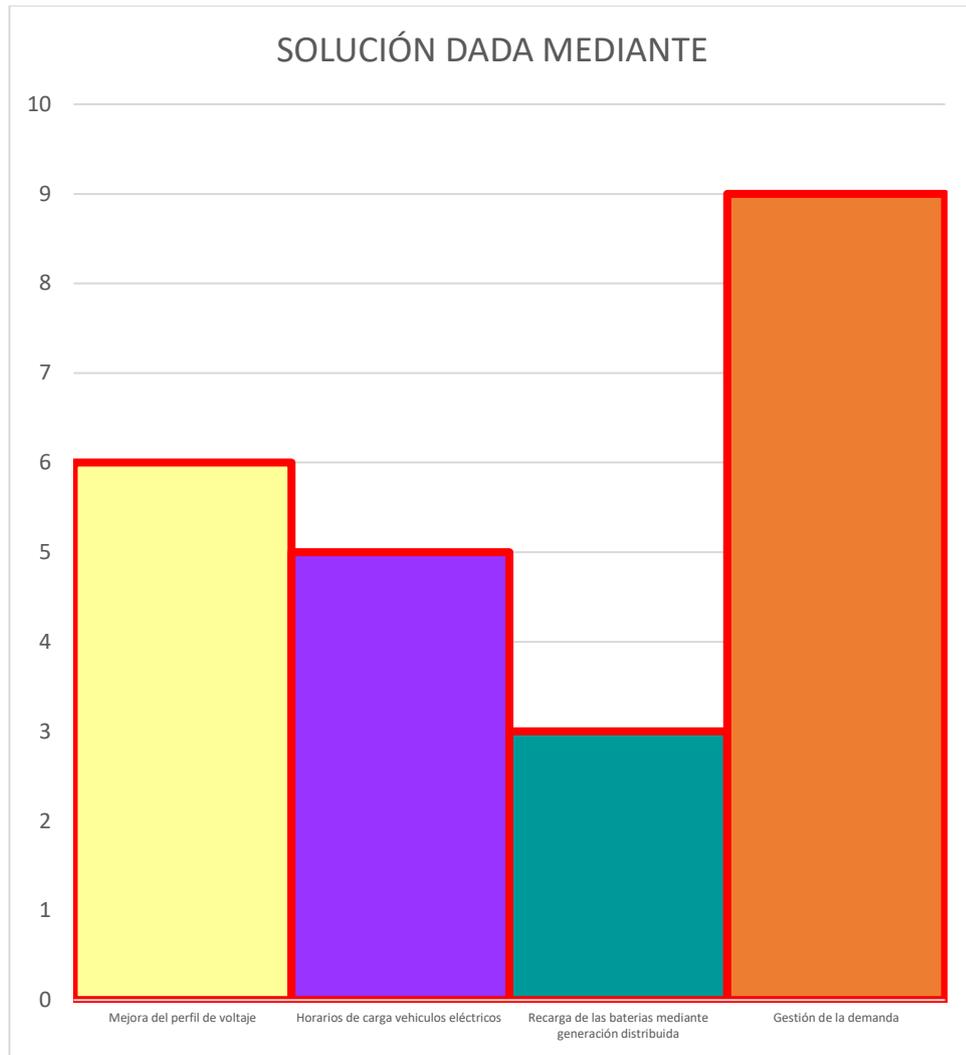


Figura 13. Indicador de solución – Estado del arte

9 Anexos

9.1 Anexo 1

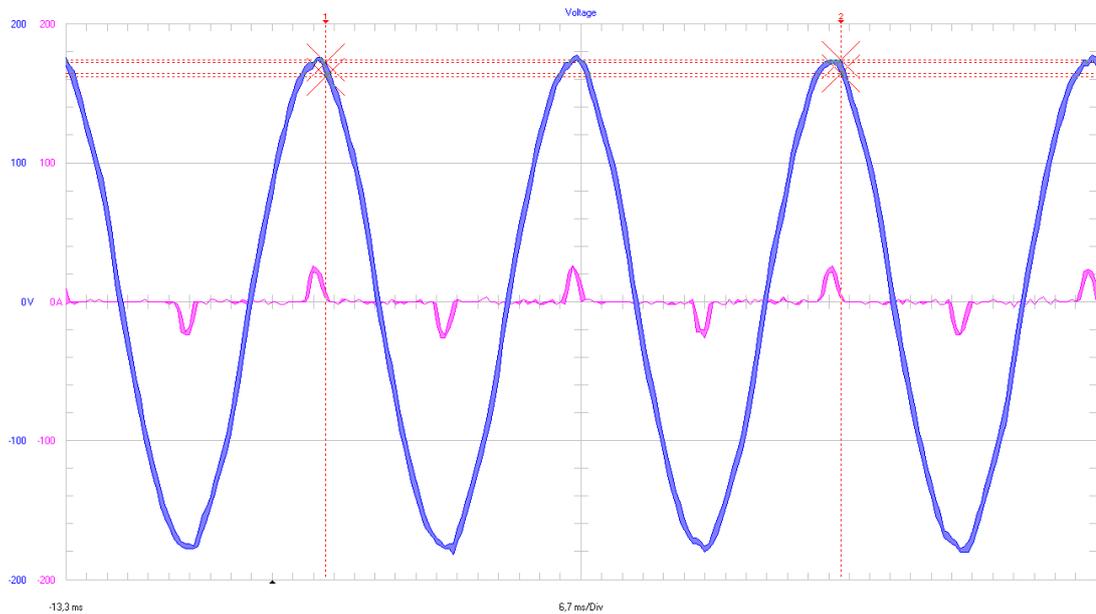


Figura 14. Análisis de calidad de energía eléctrica de motocicleta eléctrica

Datablock	
Name = Voltage	Current
Date = 01/01/1995	01/01/1995
Time = 3:54:48	3:54:48
Y Scale = 100 V/Div	100 A/Div
Y At 50% = 0 V	0 A
X Scale = 6,7 ms/Div	6,7 ms/Div
X At 0% = -13,3 ms	-13,3 ms
X Size = 250 (256)	250 (256)
Maximum = 178 V	26 A
Minimum = -182 V	-26 A

Cursor Values	
X1:	3,5 ms
X2:	36,8 ms
dX:	33,4 ms
Y1:	162 172 V
Y2:	164 174 V
dY:	2 2V

Figura 15. Datos medidos con analizador Fluke 43B

9.2 Anexo 2

Param	Ok	Limiti	p%@Lim	Min	Max
Global	OK				
Hz 99.5%	OK	> -1%, < +1%	100,00	59,90	60,09
Hz 100%	OK	> -6%, < +4%	100,00	59,90	60,09
V1N 95%	OK	> -10%, < +10%	100,00	122,40	125,60
V1N 100%	OK	> -15%, < +10%	100,00	122,40	125,60
THD V1N	OK	<= 8%	100,00	1,53	2,62
h2 V1 95%	OK	<= 2,00%	100,00	0,00	0,08
h3 V1 95%	OK	<= 5,00%	100,00	0,12	2,27
h4 V1 95%	OK	<= 1,00%	100,00	0,00	0,13
h5 V1 95%	OK	<= 6,00%	100,00	0,33	2,19
h6 V1 95%	OK	<= 0,50%	100,00	0,00	0,16
h7 V1 95%	OK	<= 5,00%	100,00	0,21	1,56
h8 V1 95%	OK	<= 0,50%	100,00	0,00	0,04
h9 V1 95%	OK	<= 1,50%	100,00	0,01	0,80
h10 V1 95%	OK	<= 0,50%	100,00	0,00	0,08
h11 V1 95%	OK	<= 3,50%	100,00	0,01	0,53
h12 V1 95%	OK	<= 0,50%	100,00	0,01	0,06
h13 V1 95%	OK	<= 3,00%	100,00	0,06	0,49
h14 V1 95%	OK	<= 0,50%	100,00	0,00	0,04
h15 V1 95%	OK	<= 0,50%	100,00	0,07	0,40
h16 V1 95%	OK	<= 0,50%	100,00	0,00	0,03
h17 V1 95%	OK	<= 2,00%	100,00	0,01	0,41
h18 V1 95%	OK	<= 0,50%	100,00	0,01	0,04
h19 V1 95%	OK	<= 1,50%	100,00	0,00	0,31
h20 V1 95%	OK	<= 0,50%	100,00	0,00	0,02
h21 V1 95%	OK	<= 0,50%	100,00	0,02	0,21
h22 V1 95%	OK	<= 0,50%	100,00	0,00	0,03
h23 V1 95%	OK	<= 1,50%	100,00	0,00	0,30
h24 V1 95%	OK	<= 0,50%	100,00	0,00	0,04
h25 V1 95%	OK	<= 1,50%	100,00	0,01	0,31

Figura 16. Parámetros de calidad de energía eléctrica obtenida con el analizador Fluke 43B – Norma EN50160