

Diseño de sistema de recarga AC tipo I inalámbrico para Vehículos Eléctricos

G. A. Avila, J. L. Guepud, J. L. Gutiérrez, I. L. Ramírez, E. Y. Rojas y F. R. Sierra
 {gaavilap, jlquepudb, jlgutierrez, ivramirez, eyrojasd, frsierrag}@unal.edu.co
 Universidad Nacional de Colombia.

Resumen—En este documento se presenta la propuesta de proyecto para la asignatura conversión electromagnética, consistente en el diseño de un sistema de recarga AC tipo I de baterías para vehículos eléctricos de manera inalámbrica. El sistema se basa en un acople magnético a través de bobinas, una de ellas en la parte inferior del automóvil y la otra en el suelo. El sistema está diseñado para evitar la carga de automóviles por cables, aumentar la autonomía de los vehículos eléctricos para transporte público y finalmente para poder usarlo en lugares donde se imposibilita la posición de un cargador cableado.

Para el diseño se analizará el tipo de geometría más eficiente dispuesta por las bobinas para la transmisión de energía, por medio de un simulador de parámetros concentrados como Flux. Esta será usada para el modelo en el acople electromagnético de las bobinas con restricciones en la altura y la frecuencia usada. Con los datos obtenidos en la simulación, se emplearán cálculos analíticos derivados de las restricciones, fijando un comportamiento estable.

De este modo, se espera obtener el diseño conceptual de un sistema de recarga que funcione a una frecuencia específica entre 1 KHz y 200 KHz, con una eficiencia de transmisión energética de por los menos 80%, en un tiempo alrededor de 8 horas de carga.

Índice de Términos—Sistema de recarga, Vehículo eléctrico (EV's), Transmisión de energía, Parámetros concentrados, Acople electromagnético, Respuesta en frecuencia.

I. INTRODUCCIÓN.

EL mundo actual con la problemática del cambio climático producida por los combustibles fósiles, ha propuesto nuevos retos para la ingeniería en la búsqueda de energías alternativas como lo es la electricidad con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la humanidad en general. Por esta razón, es muy importante aprovechar los conocimientos relacionados con Conversión Electromagnética y aplicarlas en mejorar la tecnología que poseen los Vehículos Eléctricos (EV's). Este tipo de vehículos además de poder alimentarse de energías renovables, como la eólica y la solar; son más eficientes que los vehículos de combustión interna, debido a que tienen menos pérdidas por calor y/o fricción. Por consiguiente, teniendo en cuenta las características anteriores, el acople electromagnético debe tener la menor pérdida de energía, esto con el fin de que el sistema de recarga del EV sea lo más eficiente posible.

Aunque la transmisión de energía eléctrica por medio de acoples magnéticos es una tecnología que se encuentra actualmente en desarrollo, ésta permite mayor versatilidad en el aprovechamiento de la energía eléctrica; como lo es para la recarga de vehículos eléctricos e híbridos. Además, este

método ofrece nuevas visiones a futuro como la eficiencia energética y reducción de pérdidas por los conductores usados. Otra ventaja que se puede apreciar de este tipo de métodos, son las facilidades que posee el usuario al evitar el manejo de cables, así como el aprovechamiento del espacio al evitar estaciones alambradas.

El tema escogido nos permite observar de forma aplicada todos los conocimientos adquiridos en el curso de CEM ya que la principal forma de trabajo de la estación de recarga es a partir del acople magnético en las bobinas, esto se realiza a partir de materiales ferromagnéticos los cuales tendrán unas características que se analizarán según su respuesta en frecuencia y los efectos que estos puedan tener en los mismos ya que esto puede afectar la transmisión de la potencia en el acople. Se ha de tener en cuenta que la potencia de transmisión entre el emisor y el receptor ha de ser la suficiente para que las baterías se recarguen en el tiempo determinado, esto se debe hacer teniendo en cuenta los efectos del aire como el núcleo de acople en las bobina y las pérdidas que pueda causar para mejorar el rendimiento y la eficiencia del sistema.

II. ESTADO DEL ARTE

La necesidad de cambiar la fuente de energía que se usa para movilizar vehículos, la energía eléctrica la puede suplir en la actualidad convirtiéndose en una opción económica y ambiental. Los vehículos eléctricos se componen de tres partes fundamentales: el motor, el sistema de carga y las baterías. A pesar de la alta eficiencia de los motores la implementación se ha visto limitada por el alto costo de las baterías y los tiempos de carga de estas con lo que surge el inconveniente de las estaciones de carga y sus desventajas, por lo que ha estado desarrollando sistemas que permitan recargar de forma inalámbrica los vehículos, ya sea en cortos periodos donde los vehículos estén estacionados o durante el movimiento de estos [1]. Por tanto, se ha de tener en cuenta la posición de los vehículos para realizar estos acoples. [2]

Mediante la instalación un juego de inductores en los lugares donde pasaría el vehículo, es posible recargar un supercondensador hasta el siguiente punto de carga [1], [3] implementando dispositivos para que la alineación y distancia del receptor y del emisor sean los adecuados, y así poder lograr una mayor transferencia de energía [1], [4]. Claro está, que esta no es la única forma de buscar una mayor transferencia de energía, las investigaciones recientes arrojan que la geometría juega un papel muy importante [5].

Se han desarrollado modelos de transmisión de energía, donde se evalúa la frecuencia adecuada para dicha transmisión, con lo que se ha logrado establecer que las frecuencias óptimas se encuentran entre 10kHz y 50Khz [4] manteniendo una frecuencia constante, y poder mantener un factor de potencia cercano a 1 a así poder tener una eficiencia superiores al 80% al disminuir la potencia reactante. [4], [6]

Los supercondensadores representan ciertas ventajas frente a las baterías convencionales, aunque la carga no dure tanto como en una batería es posible cargarlo en menos tiempo, una recarga de 30 segundos alcanzaría para 20 minutos de recorrido, por tanto, la vida útil en descargas y cargas es más alta. [3]

Es por eso que se propone hacer un análisis conceptual de un sistema de recarga inalámbrica para baterías de vehículos eléctricos, teniendo en cuenta las variables que afectan la transmisión de energía como la distancia de las bobinas, la geometría entre ellas, la frecuencia de operación, entre otros. Para realizar los análisis propuestos se ha de tener en cuenta las investigaciones realizadas hasta el momento; los países europeos, así como China, están siendo pioneros en el uso de transporte público eléctrico e Híbrido. La optimización de la recarga inalámbrica se realiza mediante sistemas nuevos conocidos como OLEVs, los cuales consisten en vehículos eléctricos que son cargados remotamente desde el suelo.



Fig. 1. Sistemas de recarga rápida de OLEVs [7]

Debido a esto, las estaciones para este tipo de transporte se encuentran en el recorrido del bus (figura 1), por lo tanto se puede pensar en estaciones de recarga rápida para vehículos usando estaciones de recarga en las paradas respectivas. [7]

Esta tendencia se ve reflejada en la implementación de buses con esta tecnología en países como Alemania, donde industrias especializadas en movilidad como la canadiense Bombardier implementan en una región de este país europeo. Este proyecto será un claro referente para determinar la infraestructura, las baterías y la transferencia de energía inalámbrica para buses en funcionamiento cotidiano. [8]

Paralelamente al trabajo de esta compañía, una universidad asociada se centrará en una simulación de la energía natural que muestra todo el flujo de energía en los autobuses eléctricos y en las estaciones de carga inductiva. Esto permitirá que el

tamaño de la batería y la infraestructura de carga se adapten perfectamente entre sí y así determinar las demandas en la red eléctrica. [8]

III. OBJETIVOS.

A. *Objetivo General.*

Modelar y simular un sistema de recarga de baterías para EV's de manera inalámbrica.

B. *Objetivos Específicos.*

- Realizar un modelo conceptual del sistema de acople electromagnético con los datos obtenidos, basados en la literatura encontrada.
- Encontrar un diseño valido para el sistema a partir de los cálculos analíticos previos, y los valores determinados de aspectos como la altura de los acoples.
- Encontrar la geometría apropiada que permita la máxima transferencia de energía entre las bobinas, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante la simulación.
- Validar el diseño mediante simulaciones, para verificar que cumpla con el tiempo de carga y de eficiencia.

IV. ALCANCE DEL PROYECTO.

El diseño conceptual del sistema de recarga se realizará como un caso académico, el cual tiene las siguientes restricciones:

- a. El diseño se hará en base a un automóvil tipo sedán.
- b. Los modelos son basados en los acoples electromagnéticos de las bobinas del sistema de recarga.
- c. Solo se va a tener en cuenta el diseño las bobinas para la transmisión energética.
- d. La altura propuesta para el diseño se encuentra en un rango de 20 a 60 cm.
- e. La frecuencia a la cual se quiere modelar y simular estará entre 1 KHz y 200 KHz.
- f. No se considerará el modelo del inversor de donde es transmitida la corriente, así como tampoco el modelo del EV's.
- g. Se desea obtener una eficiencia en la transmisión de energía de por lo menos 80% para una carga de 8 horas.

V. CRONOGRAMA

En la figura 2 se observa la tabla de seguimiento y control de actividades, las celdas con color verde muestran las actividades realizadas al momento.

VI. RECURSOS DISPONIBLES.

A. *Recursos humanos:*

Cada integrante del equipo estará comprometido a trabajar en todas las actividades del proyecto de manera equitativa sin excepción. Los siguientes roles sólo son indicativos del responsable para cada actividad:

- Coordinador (Gustavo Ávila): Será el encargado de organizar y asignar las distintas actividades del proyecto a los demás integrantes del equipo de trabajo, así mismo

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Propuesta del proyecto																
Limitación del proyecto																
Estado del arte																
Revisión de conceptos acerca del tema																
Cálculos analíticos																
Revisión de software a utilizar																
Simulaciones																
Estudio y revisión de MEF																
Aplicación de MEF al proyecto																
Diseño conceptual																
Conclusiones																
Presentación general																

Fig. 2. Seguimiento y control de actividades.

comunicará y unirá el trabajo entre estos. También dará fechas para el cumplimiento de las actividades propuestas.

- Revisor (Fabian Sierra): Su función es la de revisar los avances realizados del proyecto en las fechas pactadas por el coordinador. También será el mediador entre el equipo y los docentes encargados para la resolución de dudas del proyecto.
- Encargados de simulación (Iván Ramírez, Jorge Guepud): Su trabajo consiste en descargar, instalar y aprender el software necesario para generar las simulaciones del proyecto, con el método de patrones concentrados como Flux 2D. También facilitarán el aprendizaje del programa a los demás integrantes del equipo.
- Cálculos y modelamiento (Jose Luis Gutiérrez, Yesid Rojas): Buscarán en la literatura los modelos apropiados a utilizar en el proyecto, así como las mejoras que se puedan realizar. De esta manera podrán hacer los cálculos necesarios para obtener el modelo conceptual.

B. Recursos técnicos:

Como recursos base se utilizarán dos software. El primero es una herramienta matemática de simulación: MatLab; y el segundo se basa en el análisis de parámetros concentrados: Flux 2D.

VII. PROPUESTA DE ANÁLISIS.

Teniendo en cuenta que al realizar los cálculos analíticos se tendrá un modelo matemático con más de un parámetro o variable de entrada como voltaje, frecuencia, entre otras variables eléctricas, la simulación y optimización del diseño se va a realizar variando sólo un parámetro dentro de los rangos establecidos y dejando los demás en un valor determinado, para así elegir la mejor condición que tenga la mayor transferencia de energía. Además, debido a que la frecuencia y separación entre placas tienen un rango dado por las limitaciones del proyecto, se considerarán como parámetros a variar; los demás parámetros se considerarán como parámetros fijos. Estos parámetros variables se van ajustar desde el rango mínimo hasta al máximo, hasta conseguir puntos donde la transferencia de energía sea superior al 80%. En caso de no conseguirlos, se aumentarán los puntos de evaluación y se replanteará el modelo matemático. El procedimiento general para el análisis se puede observar en el diagrama de flujo de la

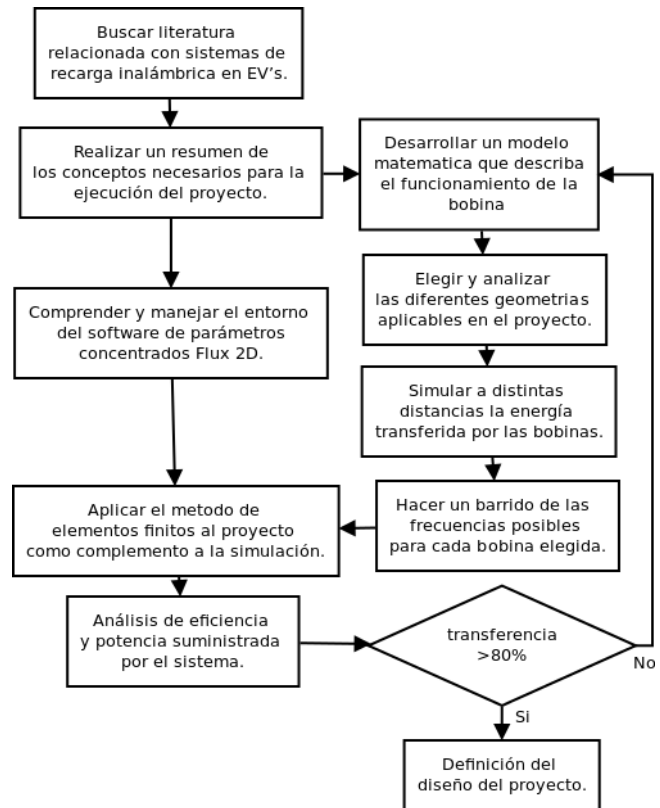


Fig. 3. Metodología a seguir para el análisis.

Figura 3. El diagrama de flujo para las simulaciones se observa en la Figura 4.

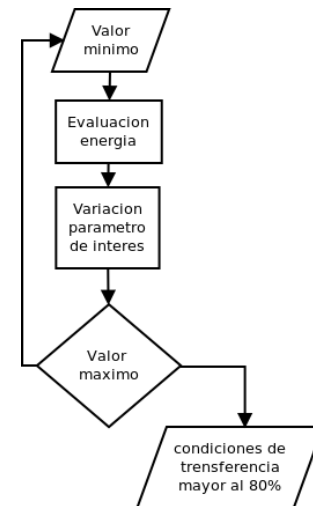


Fig. 4. Proceso de simulación.

En la figura 5 se encuentra el diagrama de flujo que describe el proceso para llegar al diseño conceptual a partir de los cálculos analíticos y la simulación aprovechando el método de elementos finitos.

Como el método implica múltiples resultados que se obtienen gracias a la simulación variando los diferentes parámetros, como son geometría, corriente, distancia, frecuen-

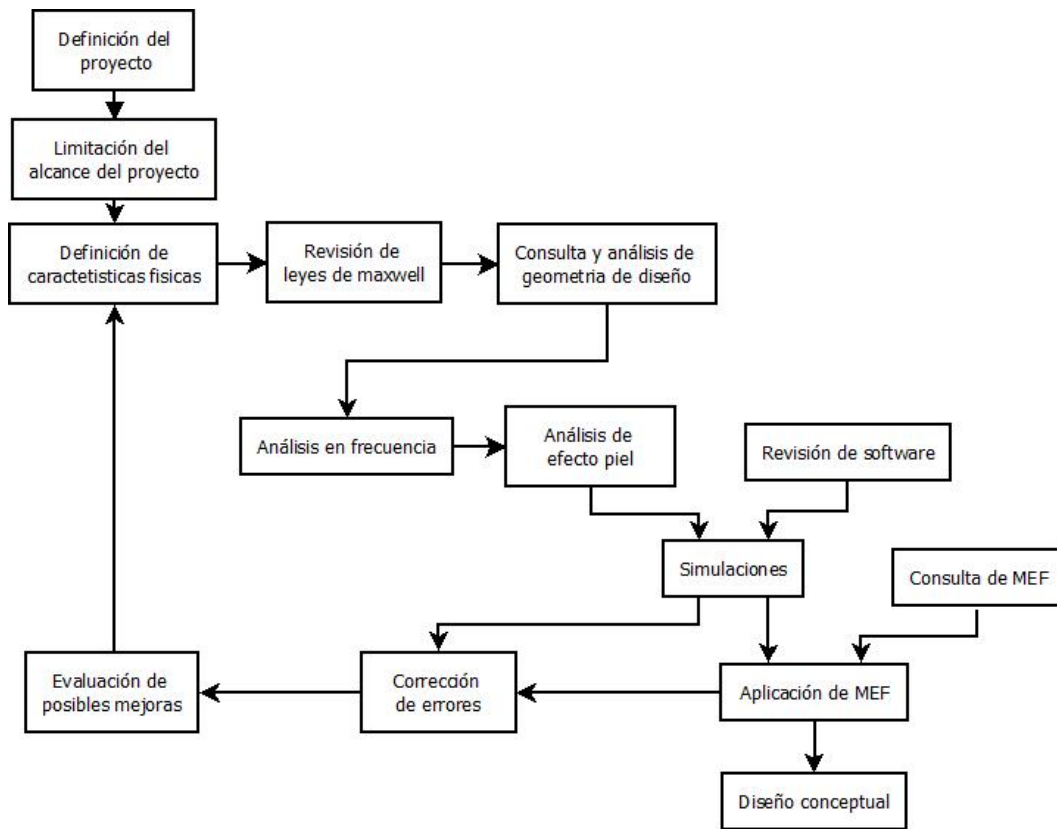


Fig. 5. Propuesta de análisis.

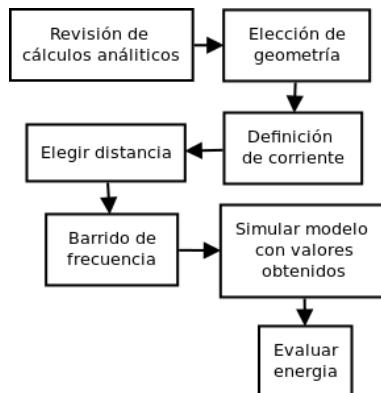


Fig. 6. Metodología

cia y energía, se permite obtener mediante una comparación las mejores características de operación, las cuales se incluirán tanto en el modelo matemático como en el diseño físico. Estos datos serán seleccionados de acuerdo a sus características con el fin de comparar cual es el modelo que mejor cumple el requisito de eficiencia energética anteriormente descrito.

A. Comparaciones y conclusiones.

Como el método implica múltiples resultados, la simulación permite obtener las mejores características de operación las cuales se incluirán en el modelo tanto matemático como en el diseño físico. Estos datos serán seleccionados de acuerdo a

sus características con el fin de comparar cual es el modelo que mejor cumple el requisito de eficiencia energética anteriormente descrito.

VIII. RESULTADOS ESPERADOS.

- Un modelo matemático para un sistema de recarga inalámbrica de EV's basados en parámetros de frecuencia, separación, área y geometría.
- La geometría que con un área de $1 m^2$ transfiera la mayor energía a un dispositivo de recarga inalámbrica basado en el modelo matemático.
- Eficiencia en la transferencia de energía a variaciones de frecuencia en el rango de 1 kHz a 200 kHz funcionamiento del dispositivo de recarga inalámbrica.
- Eficiencia en la transferencia de energía a variaciones de la separación de las bobinas en un rango de 20 cm a 60 cm.
- Una eficiencia, simulada, en la transferencia de energía mayor o igual al 80% al realizar las variaciones de geometría, frecuencia y separación.

IX. CONCLUSIONES.

- El cumplimiento de los tiempos propuestos en el cronograma, permitirá la culminación satisfactoria de los objetivos propuestos.
- La eficiencia energética se ha convertido en uno de los mayores tópicos de investigación para el ahorro de los recursos; es de ahí que existan múltiples sistemas de

análisis y simulación de datos que convergen en este fin como el planteado en el proyecto.

- Es importante la utilización de conocimientos de varias disciplinas para atacar un mismo problema, lo cual permite el uso de distintas técnicas o herramientas para su ejecución y posteriores mejoras.
- Los sistemas de recarga son una de las piezas fundamentales en los EV's, debido a que son los encargados de proveer la energía necesaria para su funcionamiento.
- La aplicación de conceptos de conversión electromagnética en los EV's son parte esencial en el diseño de los sistemas de recarga inalámbrica.
- Se espera que un futuro cercano los sistemas de recarga inalámbrica sean eficientes en la transmisión de energía como los cableados, gracias a la divulgación del conocimiento en la publicación de propuestas como ésta.

REFERENCIAS.

- [1] A Small Power Transmission Prototype for Electric Vehicle Wireless Battery Charge Applications. Tommaso, Genduso, Miceli. University of Palermo.
- [2] Magnetic Coupling Analysis in Wireless Transfer Energy. Dragos Niculae, Mihai Iordache y Lucia Dimitriu (Pontificia Universidad de Budapest).
- [3] Application of Electric Motor, Supercapacitor, and Wireless Power Transfer to Enhance Operation of Future Vehicles. Yoichi Hori. University of Tokyo.
- [4] A Novel Wireless Power Transfer for In-Motion EV/PHEV Charging. Onar, Miller, Campbell, Chester Coomer, White, and Seiber. National Transportation Research Center, Oak Ridge National Laboratory.
- [5] Technology Trends of Wireless Power Transfer Systems for Electric Vehicle and Plug-in Hybrid Electric Vehicle. Yasuyoshi Kaneko (School of Science and Engineering), Shigeru Abe (School of Science and Engineering).
- [6] FEM simulation to Characterize Wireless Electric Power Transformer Elements. Gabriel Vasquez Ramos (NASA), Jiann-Shiu Yuan (University of Central Florida).
- [7] Mathematical Modeling and Optimization of the Automated Wireless Charging Electric Transportation System. Young Dae Ko. Young Jae Jang. Seungmin Jeong. (KAIST).
- [8] Bombardier PRIMOVE Technology Powers Wireless Urban Transport. Comunicado de prensa de transporte. Berlín 18 de Febrero de 2013. Tomado en línea: <http://www.bombardier.com/en/media-centre/newsList/details.41707-bombardier-primove-technology-powers-wireless-urban-transport.html?filter-bu=transport>