



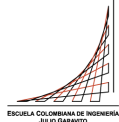
Convocatoria Interna para Proyectos de Investigación 2018. Términos de Referencia

Modelado Estratégico de
Energía y Potencia

Grupo de investigación

RECURSO HUMANO

- ❑ Investigador Principal Prof. Agustín R. Marulanda Guerra, PhD
- ❑ Co-Investigador Prof. Iván Camilo Durán, PhD
- ❑ Co-Investigador Profa. Mónica Suarez, PhD
- ❑ Monitor de Investigación: Estudiante de Maestría

 UN: I-I-E Investig, Innovación y Emprend Fecha/Hora Impresión 12/09/2018 17:20 PM	Formato para la formulación y presentación de proyectos	Página 1 de 10 Id de propuesta: PRP0000000000015 Versión: V101 Id Convocatoria: CI_JI_2018 Nro Convocatoria: CI_JI_2018
--	--	--

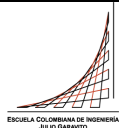
Información Básica del Proyecto

Título de la propuesta	Ubicación óptima de estaciones públicas de carga para vehículos eléctricos en zonas inter e intraurbanas		
Estado de la propuesta	Pend Aprobación		
Convocatoria	CI_JÓVENES INVESTIGADORES_2018		
Gran Área	GRANA2		
Área de Conocimiento	2B INGENIERÍA ELÉCTRICA		
Grupos de Investigación	G0019534 GI en Vías y Transporte G0165327 ModelEstratégEnergíaPotencia		
Líneas de Investigación	LMEEP1 Fuente no convencional Energía LMEEP2 Modelación Sistemas Potencia LVYT1 Geomática LMEEP3 Modelación Planeación Energé LVYT2 Seguridad Vial LVYT3 Tránsito y Transporte LVYT4 Urbanismo y Planificación		
Centros de Investigación			
Palabras Clave			
Fecha Formulación	12/09/2018		
Fecha Propuesta Facultad			
Duración en Meses	12		
Fuentes de Financiación	Costos Directos Patrocinador - Escuela Colombiana de Ingeniería	Valor:	58,168,700
	Costo Compartido Institución - Esc. Colombiana de Ing. J.G	Valor:	0
	Costo Compartido Tercero	Valor:	0
Fechas Propuestas del Proyecto	Costos Solicitados Presupuesto Periodo Inicial		
Desde 14/01/2019	Hasta 31/12/2019	Costos Directos 0	Total Costos 58,168,700

Resumen Ejecutivo

La adopción masiva del vehículo eléctrico puede crear un alto nivel de demanda de energía eléctrica y en consecuencia un estrés en los sistemas de distribución; en consecuencia, las redes existentes de distribución enfrentarán un gran desafío. Se estima que las existencias de automóviles eléctricos oscilarán a nivel mundial entre 40 y 70 millones para el año 2025.

Con respecto a Colombia, para diciembre de 2018 se habían registrado 1061 vehículos eléctricos y se estima vender unas 400 unidades en el año 2018. Esto muestra una tendencia en el uso de los vehículos eléctricos en Colombia, a medida que los costos de estos vehículos se reduzcan y se presenten las facilidades necesarias, tales como sitios de recarga, tanto en ciudades como en carreteras inter-departamentales.

 UN: I-I-E Investig, Innovación y Emprend Fecha/Hora Impresión 12/09/2018 17:20 PM	Formato para la formulación y presentación de proyectos	Página 2 de 10 Id de propuesta: PRP0000000000015 Versión: V101 Id Convocatoria: CI_JI_2018 Nro Convocatoria: CI_JI_2018
---	---	--

El principal desafío con respecto a los cargadores se centra en dónde ubicar las estaciones de carga y su acceso, donde estas estaciones tengan un impacto positivo en las tasas de adopción de vehículos eléctricos y en reducción de consumo de combustible fósil en el país. Por lo tanto, este trabajo tiene por objetivo proponer un modelo para la ubicación de estaciones públicas de carga para vehículos eléctricos en sistemas de distribución en zonas urbanas e inter-urbanas, por medio de la programación no lineal entera mixta (MINLP).

Planteamiento del Problema

Uno de los retos que afronta hoy en día la humanidad es la reducción de las emisiones de carbón de acuerdo a los compromisos acordados en la conferencia de Paris sobre el clima de 2015 [1]; en consecuencia, algunos países se han trazado metas para conseguir este objetivo. Por ejemplo, la Unión Europea ha acordado que para el año 2020 el 20% de las fuentes de energías que utilizan sus países miembros sean renovables. Este 20% de fuentes de energías renovables representa aproximadamente un 30% de la demanda eléctrica que debe ser servida por tecnologías de baja emisión de carbón. Entre las principales tecnologías de baja emisión de carbón se encuentran los sistemas fotovoltaicos, la generación eólica y la movilidad eléctrica, entre otras.

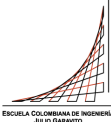
Según la Agencia Internacional de Energía (IEA en sus siglas en inglés) durante el año 2017 se vendieron más de un millón de vehículos eléctricos a nivel mundial, esto representa un crecimiento del 54 % en las ventas con respecto al año 2016. Durante ese mismo año, la cifra total de vehículos eléctricos que circulaban a nivel mundial superó los 3 millones; la mayor cantidad de estos circulando por las carreteras de China, Europa y Estados Unidos [2].

El incremento en el uso de vehículos eléctricos se debe principalmente a tres factores; las políticas implantadas por algunos países, el desarrollo tecnológico de las baterías y la reducción de los costos. Países como China, Noruega e Inglaterra; entre otros, han implementado fuertes políticas para impulsar el uso de vehículos eléctricos. Por ello, China es hoy en día el país con mayor número de vehículos eléctricos y Noruega cuanta con el porcentaje más alto en ventas con respecto a los vehículos de combustión (39%). Por otro lado, la investigación y desarrollo en las baterías de Ion-Litio han permitido incrementar su capacidad de almacenamiento de energía y reducir su peso; en consecuencia, los vehículos eléctricos tienen mayor autonomía y pueden recorrer más kilómetros.

Esta mejora en la tecnología de las baterías ha repercutido en su costo, reduciendo así la estructura de costo del vehículo eléctrico; ya que gran parte de ella lo constituye la batería. Los signos de mejoras continuas de las tecnologías que se investigan actualmente confirman que esta tendencia continuará, reduciendo así la brecha de competitividad de costos entre los vehículos eléctricos y los motores de combustión interna (ICE). Lo que indica una buena posibilidad de que las existencias de automóviles eléctricos oscilarán a nivel mundial entre 9 y 20 millones para el año 2020 y entre 40 y 70 millones en el año 2025[2].

Con respecto a Colombia, para diciembre de 2018 se habían registrado 1061 vehículos eléctricos (439 híbridos y 622 eléctricos puros). Con respecto a las ventas, durante el año 2017 se vendieron 196 unidades y para mayo de 2018 se habían vendido un total de 191 vehículos; lo cual proyecta una venta del doble para el 2018. Esto muestra una tendencia en el uso de los vehículos eléctricos en Colombia, a medida que los costos de estos vehículos se reduzcan y se presenten las facilidades necesarias, tales como sitios de recarga tanto en ciudades como en carreteras interdepartamentales.

Por ello, a medida que el número de automóviles eléctricos se incremente será necesario incrementar la infraestructura de cargadores de acceso público y privado en el país. Para finales de 2017 solo existían 21 estaciones públicas de recargas en Colombia, ubicadas en las ciudades de Medellín y Bogotá [3]. Sin embargo, no existe registro de estación de recarga ubicadas entre dos o más ciudades de país. Por otro lado, la ubicación de estas 21 estaciones no obedecen a ningún criterio de optimización y generalmente responden a pruebas pilotos de las compañías de distribución y comercialización de energía eléctrica de las ciudades de Medellín y Bogotá.

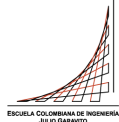
 UN: I-I-E Investig, Innovación y Emprend Fecha/Hora Impresión 12/09/2018 17:20 PM	Formato para la formulación y presentación de proyectos	Página 3 de 10 Id de propuesta: PRP0000000000015 Versión: V101 Id Convocatoria: CI_JI_2018 Nro Convocatoria: CI_JI_2018
--	---	--

El desafío de la infraestructura de cargadores eléctricos públicos se centra en la tecnología a utilizar y dónde ubicar las estaciones de carga. El acceso a estas estaciones tendrá un impacto en las tasas de adopción de los vehículos eléctricos, las decisiones de uso, la demanda de petróleo y el consumo de energía del país. La ubicación óptima de estas estaciones de recarga representa una necesidad para Colombia. Por lo tanto, es necesario ubicar de forma óptima las estaciones de recargas entre las principales rutas que une las diferentes ciudades del país, de forma tal que ofrezca confianza a los usuarios de vehículos eléctricos. Estos usuarios deben realizar sus recorridos confiados de encontrar una estación de recarga independientemente a la ciudad a la cual se movilicen.

En consecuencia, el problema a resolver es realizar una ubicación óptima de estaciones de recargas para vehículos en zonas urbanas y entre la ruta que une dos ciudades, de forma tal que permita el recorrido de los vehículos eléctricos sin que consuma el total de la energía almacenada en la batería.

Metodología

1. **Caracterizar las estaciones de recarga en función de los estándares europeos y americanos para determinar los requerimientos eléctricos del circuito de distribución eléctrica y facilidades necesarias para su correcto funcionamiento.**
1. **1. Revisión documental de artículos científicos:** Se hace necesario realizar una revisión bibliográfica orientada a definir los estándares europeos y americanos aplicables en Colombia y los requerimientos eléctricos para las redes eléctricas de distribución en cuanto a ampacidad de los circuitos eléctricos.
2. **2. Revisión de información técnica de fabricante de cargadores eléctricos:** Para una completa caracterización de las estaciones de carga con respecto a su tecnología, es necesario realizar una revisión de la información técnica que suministran los principales fabricantes, esto permitirá validar un posible modelos o estándares a ser aplicados en Colombia.
3. **3. Documentación de la información:** Realizar un informe técnico donde se caracterice las estaciones de carga y los cargadores para vehículos eléctricos.
2. **Formular un modelo de consumo de energía para los vehículos eléctricos en función del patrón de movilidad, los tiempos de carga y el estado de la batería.**
1. **1. Definir un patrón de movilidad para los vehículos de la ciudad de Bogotá:** Es necesario conocer el comportamiento de uso de los vehículos para determinar cuanta energía consumen y en consecuencia las distancias que pueden recorrer antes de recargar los vehículos. Este patrón estará en función de las distancias recorridas, la frecuencia de viajes y el tiempo que dure ese recorrido,

 UN: I-I-E Investig, Innovación y Emprend Fecha/Hora Impresión 12/09/2018 17:20 PM	Formato para la formulación y presentación de proyectos	Página 4 de 10 Id de propuesta: PRP0000000000015 Versión: V101 Id Convocatoria: CI_JI_2018 Nro Convocatoria: CI_JI_2018
--	--	--

utilizando información suministrada por la secretaría de movilidad de Bogotá y deferentes modelos de transporte ya establecidos.

2. **2. Modelo de consumo de energía para los vehículos eléctricos:** Determinado el patrón de movilidad en la ciudad de Bogotá, se elaborará un modelo de consumo de energía en función de los tiempos de carga y el estado de las baterías de los vehículos.
3. **3. Documentación de la información:** Realizar un informe técnico donde se detalle el modelo de consumo de energía para los vehículos eléctricos.

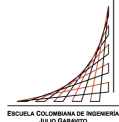
3. **Implementar un modelo matemático para la ubicación de estaciones rápidas de carga para vehículos eléctricos en zonas interurbanas, por medio de la programación no lineal entera mixta (MINLP) usando el paquete computacional GAMS**

1. **1. Definición de los parámetros que afectan la ubicación óptima de las estaciones:** La ubicación de las estaciones de carga se ve afectada por la afluencia vehicular, las avenidas principales y los circuitos eléctricos de distribución asociados a esa zona. Se hace necesario definir correctamente estos parámetros para el modelamiento matemático.
2. **2. Formulación del modelo matemático para la ubicación de estaciones rápidas de carga:** Se propone plantear dos modelos; uno para la zona urbana de la ciudad de Bogotá y otro para determinar la ubicación óptima de estaciones entre dos ciudades de Colombia, este problema se planteará como un problema de optimización no-lineal entero mixto
3. **3. Implementación del modelo y validación:** Tanto el modelo para la ubicación de estaciones de carga en sistemas de distribución para la ciudad de Bogotá como para zonas interurbanas se codificarán en el paquete computacional GAMS como un problema de optimización no-lineal entero mixto, para luego ser evaluado por medio del simulador de redes de distribución OpenDSS.

3.4 Documentación de la información: Realizar un informe técnico donde se detalle el modelo matemático para la ubicación óptima de las estaciones de carga.

Resultados de la Investigación

Los resultados/productos pueden ser:

 UN: I-I-E Investig, Innovación y Emprend Fecha/Hora Impresión 12/09/2018 17:20 PM	Formato para la formulación y presentación de proyectos	Página 5 de 10 Id de propuesta: PRP0000000000015 Versión: V101 Id Convocatoria: CI_JI_2018 Nro Convocatoria: CI_JI_2018
--	---	--

- Productos de generación de nuevo conocimiento
 - Elaboración de un artículo para revista indexada (Renewable Energy / Applied Energy)
- Productos de apropiación social y circulación del conocimiento
 - Artículo para el congreso IEEE Transmission & Distribution 2020

Bibliografía

[1] Comisión europea. Acuerdo de París. [Online] https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es

[2] International Energy Agency, «Global Ev Outlook 2017,» <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVO Outlook2017.pdf>, 2017

[3] Upme. Taller vehículos eléctricos: Recargando el futuro de la mano de los que saben. <http://www1.upme.gov.co/PromocionSector/Paginas/Taller-vehiculos-electricos.aspx>

[4] International Organization for Standardization. 43.120 Electric road vehicle. [Online] <https://www.iso.org/ics/43.120/x/>

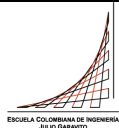
[5] A. Lam, Y.-W. Leung y X. Chu, "Electric Vehicle charging station placemenet formulation, complexuty, and solutions" *IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID*, pp. 2846-2856, 2014

[6] M. Cem Catalbas, M. Yildirim, A. Gulten y H. Kurum, "Estimation of optimal locations for electric vehicle charging stations" *2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*, Milan, 2017.

[7] T. Chen, M. Kockelman y M. Khan, "The electric vehicle charging station location problem: A parking-based assignment method for Seattle" de *USAEE/IAEE North Amer. Conf.*, Austin, TX, 2012.

[8] A. Rajabi-Ghahnavieh y P. Sadeghi-Barzani, "Optimal Zonal Fast-Charging Station Placement Considering Urban Traffic Circulation" *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 66, nº 1, pp. 45-56, 2017.

[9] P. Sadeghi-Barzani, A. Rajabi-Ghahnavieh y H. Kazemi-Karegar, "Optimal fast charging station placing and sizing" *Applied Energy*, vol. 125, pp. 289-299, 2014

 UN: I-I-E Investig, Innovación y Emprend Fecha/Hora Impresión 12/09/2018 17:20 PM	Formato para la formulación y presentación de proyectos	Página 6 de 10 Id de propuesta: PRP0000000000015 Versión: V101 Id Convocatoria: CI_JI_2018 Nro Convocatoria: CI_JI_2018
---	--	--

Impacto de la Investigación

A continuación, se relacionan los impactos esperados a mediano y largo plazo como, resultado de la investigación:

1. Impactos científicos y tecnológicos del proyecto

En esta investigación se fortalecerá el Grupo de Investigación Modelado Estratégico de Energía y Potencia del Centro de Estudios de Energía, en temáticas actual como lo son vehículo eléctrico, sistemas de almacenamiento de energía y micro redes; abordando temas de actualidad en la industria energética global. Además, permite la consolidación de profesores y estudiantes investigadores en las áreas antes mencionadas. Con lo cual, se brinda la oportunidad al programa de Ingeniería Eléctrica de complementar sus electivas de pregrado y fortalecer sus asignaturas de posgrado.

2. Impactos sobre el medio ambiente y la sociedad

La adecuación de redes eléctricas con estaciones de cargas para vehículos eléctricos podría reducir significativamente el impacto medioambiental que genera el uso de vehículos a combustible, dado que la implementación de electrolinerías motivaría al uso de vehículos eléctricos y en consecuencia la reducción de contaminantes.

Genérico 1

Los vehículos eléctricos han adquirido una notable popularidad en la última década, se espera que el número de vehículos eléctricos a nivel mundial oscile entre 40 y 70 millones para el año 2025 [2]. Estos vehículos básicamente tienen tres opciones: utilizar sólo la energía almacenada en sus baterías, generar esta energía por medio de un motor de combustión o emplear el motor de combustión interna en conjunto con el motor eléctrico.

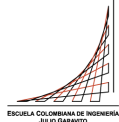
La comisión internacional para la estandarización [4], propuso que los vehículos que usan dos o más tipos de fuentes de energía, almacenamiento o convertidores pueden llamarse Vehículos Híbridos (*Hybrid Electric Vehicle, HEV*) y los que dependen únicamente de baterías para proporcionar energía al tren de transmisión se denominan Vehículos Eléctricos de Batería (*Battery Electric Vehicle, BEV*)

A medida que se incrementa el uso de estos vehículos será necesario contar con un adecuado número de estaciones de cargas que satisfagan la creciente demanda. Las estaciones de recargas pueden ser públicas o privadas. Los privados generalmente están ubicados en las residencias de los usuarios, manejan corrientes constantes entre 10 y 12 amperios lo que limita la potencia de carga a un rango de 2,3 a 2,8 kW; son los denominados cargadores lentos.

Por otro lado, se espera que los cargadores públicos estén ubicados principalmente en centros comerciales, parqueaderos públicos, parqueaderos en lugares de trabajo, hoteles, aeropuertos, tiendas de conveniencia, restaurantes, cafeterías, etc. Estos cargadores se les denominan cargadores rápidos y se dividen en dos tipos: Cargadores trifásicos con potencia entre 22 y 43.5 kW y conector IEC 62196-2 tipo 2, y cargadores en corriente continua con potencias cercanas a 200 kW y conector CHAdeMo ó CCS Combo 1.

La ubicación óptima para las estaciones públicas de carga tiene una gran importancia para incentivar el uso del vehículo eléctrico y minimizar su impacto sobre la red de distribución. Esta localización está muy relacionada con la penetración de vehículos eléctricos, el patrón de uso, la frecuencia de carga y descarga y la densidad de tráfico en áreas, por lo tanto, la distribución de estaciones de carga es básicamente un problema de optimización.

Diferentes trabajos se han preocupado por el problema de la ubicación de las estaciones de carga para los

 UN: I-I-E Investig, Innovación y Emprend Fecha/Hora Impresión 12/09/2018 17:20 PM	Formato para la formulación y presentación de proyectos	Página 7 de 10 Id de propuesta: PRP0000000000015 Versión: V101 Id Convocatoria: CI_JI_2018 Nro Convocatoria: CI_JI_2018
--	---	--

vehículos eléctricos. Lam y colaboradores [5] demuestran que el problema de ubicación de las estaciones de carga es un problema de optimización de complejidad no polinómico y proponen cuatro métodos para abordar el problema; programación lineal entera mixta (MILP), algoritmo de Greedy, programación lineal entera mixta mejorada (MILPe) y desarrollo metaheurístico. En [6] utilizan el número promedio de vehículos eléctricos en carretera y el rango promedio para determinar la ubicación óptima de estaciones por medio de métodos de minería de datos.

En [7] utilizan información de estacionamiento de más de 30,000 registros de viajes personales para determinar las ubicaciones y duraciones de estacionamiento público (no residencial), por medio ecuaciones de regresión predicen las variables de demanda de estacionamiento (horas totales vehiculares por zona / vecindario y tiempo estacionado por viaje en vehículo) en función de la accesibilidad del sitio, empleos locales y densidades de población, atributos de viaje y otras variables disponibles en la mayoría de las regiones. El problema de optimización se plantea como un problema de programación entera mixta (MIP en sus siglas en inglés), el algoritmo minimiza los costos de acceso a la estación de los usuarios de EV al tiempo que penaliza la demanda no satisfecha. Sin embargo, no tienen en cuenta las condiciones de la red eléctrica ni su impacto sobre el sistema.

En [8] se ha propone un enfoque zonal para determinar el lugar y la capacidad óptimos de las estaciones de carga rápida. El problema se aborda como un problema no-Lineal entero mixto (MINLP) para minimizar los costos totales esperados de carga de los vehículos eléctricos y se resuelve utilizando la técnica del algoritmo genético para determinar la ubicación óptima y la capacidad de las estaciones de carga.

En [9] se plantea el problema como como un modelo de optimización de dos niveles, donde se busca maximizar los ingresos totales generados por las estaciones de recarga sujeto a la incomodidad general del conductor para la carga, las demandas de carga de EV, el tiempo de estacionamiento y las tarifas de estacionamiento en toda la ciudad y las trayectorias de los vehículos.

Genérico 2

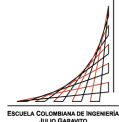
Grupo de Investigación	Responsabilidad	
MEEP	OBJ1	ACT1, ACT2, ACT3
MEEP	OBJ2	ACT2, ACT3
MEEP	OBJ3	ACT1, ACT2, ACT3, ACT4
GI en Vías y Transporte	OBJ2	ACT1, ACT2, ACT3

Objetivo General

Desarrollar un modelo para la ubicación de estaciones públicas de carga rápida para vehículos eléctricos en sistemas de distribución intra e inter urbana, por medio de la programación no lineal entera mixta (MINLP).

Objetivos Específicos

1. Caracterizar las estaciones de recarga en función de los estándares europeos y americanos para determinar los requerimientos eléctricos del circuito de distribución eléctrica y facilidades

 UN: I-I-E Investig, Innovación y Emprend Fecha/Hora Impresión 12/09/2018 17:20 PM	Formato para la formulación y presentación de proyectos	Página 8 de 10 Id de propuesta: PRP0000000000015 Versión: V101 Id Convocatoria: CI_JI_2018 Nro Convocatoria: CI_JI_2018
--	---	--

necesarias para su correcto funcionamiento.

2. Formular un modelo de consumo de energía para los vehículos eléctricos en función del patrón de movilidad, los tiempos de carga y el estado de la batería.
3. Implementar un modelo matemático para la ubicación de estaciones rápidas de carga para vehículos eléctricos en zonas interurbanas, por medio de la programación no lineal entera mixta (MINLP) usando el paquete computacional GAMS

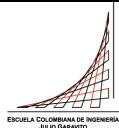
Asociaciones

Semilleros

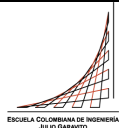
Jóvenes Investigadores

Cronograma Preliminar

Objetivo Específico	OBJ1 - Caracterizar las estaciones de recarga en función de los estándares europeos y americanos para determinar los requerimientos eléctricos del circuito de distribución eléctrica y facilidades necesarias para su correcto funcionamiento.
Actividad	ACT1 Revisión documental de artículos científicos: Se hace necesario realizar una revisión bibliográfica orientada a definir los estándares europeos y americanos aplicables en Colombia y los requerimientos eléctricos para las redes eléctricas de distribución en cuanto a ampacidad de los circuitos eléctricos
	Fecha Inicio 14/01/2019
	Fecha Fin 10/03/2019
Objetivo Específico	OBJ1 - Caracterizar las estaciones de recarga en función de los estándares europeos y americanos para determinar los requerimientos eléctricos del circuito de distribución eléctrica y facilidades necesarias para su correcto funcionamiento.
Actividad	ACT2 Revisión de información técnica de fabricante de cargadores eléctricos: Para una completa caracterización de las estaciones de carga con respecto a su tecnología, es necesario realizar una revisión de la información técnica que suministran los principales fabricantes, esto permitirá validar un posible modelos o estándares a ser aplicados en Colombia.
	Fecha Inicio 01/02/2019
	Fecha Fin 31/03/2019
Objetivo Específico	OBJ1 - Caracterizar las estaciones de recarga en función de los estándares europeos y americanos para determinar los requerimientos eléctricos del circuito de distribución eléctrica y facilidades necesarias para su correcto funcionamiento.
Actividad	ACT3 Documentación de la información: Realizar un informe técnico donde se caracterice las estaciones de carga y los cargadores para vehículos eléctricos.

 UN: I-I-E Investig, Innovación y Emprend Fecha/Hora Impresión 12/09/2018 17:20 PM	Formato para la formulación y presentación de proyectos	Página 9 de 10 Id de propuesta: PRP0000000000015 Versión: V101 Id Convocatoria: CI_JI_2018 Nro Convocatoria: CI_JI_2018
---	--	--

	Fecha Inicio	01/03/2019
	Fecha Fin	31/03/2019
Objetivo Específico	OBJ2 - Formular un modelo de consumo de energía para los vehículos eléctricos en función del patrón de movilidad, los tiempos de carga y el estado de la batería.	
Actividad	ACT1 Definir un patrón de movilidad para los vehículos de la ciudad de Bogotá: Es necesario conocer el comportamiento de uso de los vehículos para determinar cuanta energía consumen y en consecuencia las distancias que pueden recorrer antes de recargar los vehículos. Este patrón estará en función de las distancias recorridas, la frecuencia de viajes y el tiempo que dure ese recorrido, utilizando información suministrada por la secretaría de movilidad de Bogotá y deferentes modelos de transporte ya establecidos.	
	Fecha Inicio	01/02/2019
	Fecha Fin	30/04/2019
Objetivo Específico	OBJ2 - Formular un modelo de consumo de energía para los vehículos eléctricos en función del patrón de movilidad, los tiempos de carga y el estado de la batería.	
Actividad	ACT2 Modelo de consumo de energía para los vehículos eléctricos: Determinado el patrón de movilidad en la ciudad de Bogotá, se elaborará un modelo de consumo de energía en función de los tiempos de carga y el estado de las baterías de los vehículos.	
	Fecha Inicio	01/03/2019
	Fecha Fin	30/06/2019
Objetivo Específico	OBJ2 - Formular un modelo de consumo de energía para los vehículos eléctricos en función del patrón de movilidad, los tiempos de carga y el estado de la batería.	
Actividad	ACT3 Documentación de la información: Realizar un informe técnico donde se detalle el modelo de consumo de energía para los vehículos eléctricos.	
	Fecha Inicio	01/06/2019
	Fecha Fin	30/06/2019
Objetivo Específico	OBJ3 - Implementar un modelo matemático para la ubicación de estaciones rápidas de carga para vehículos eléctricos en zonas inter e intraurbanas, por medio de la programación no lineal entera mixta (MINLP) usando el paquete computacional GAMS	
Actividad	ACT1 Definición de los parámetros que afectan la ubicación óptima de las estaciones: La ubicación de las estaciones de carga se ve afectada por la afluencia vehicular, las avenidas principales y los circuitos eléctricos de distribución asociados a esa zona. Se hace necesario definir correctamente estos parámetros para el modelamiento matemático.	
	Fecha Inicio	01/05/2019
	Fecha Fin	31/08/2019
Objetivo Específico	OBJ3 - Implementar un modelo matemático para la ubicación de estaciones rápidas de carga para vehículos eléctricos en zonas inter e intraurbanas, por medio de la programación no lineal entera mixta (MINLP) usando el paquete computacional GAMS	
Actividad	ACT2 Formulación del modelo matemático para la ubicación de estaciones rápidas de carga: Se propone plantear dos modelos; uno para la zona urbana de la ciudad de Bogotá y otro para determinar la ubicación óptima de estaciones entre dos ciudades de Colombia, este problema se planteará como un problema de optimización no-lineal entero mixto	
	Fecha Inicio	01/07/2019
	Fecha Fin	31/10/2019

 UN: I-I-E Investig, Innovación y Emprend Fecha/Hora Impresión 12/09/2018 17:20 PM	Formato para la formulación y presentación de proyectos	Página 10 de 10 Id de propuesta: PRP0000000000015 Versión: V101 Id Convocatoria: CI_JI_2018 Nro Convocatoria: CI_JI_2018
---	---	---

Objetivo Específico	OBJ3 - Implementar un modelo matemático para la ubicación de estaciones rápidas de carga para vehículos eléctricos en zonas inter e intraurbanas, por medio de la programación no lineal entera mixta (MINLP) usando el paquete computacional GAMS	
Actividad	ACT3 Implementación del modelo y validación: Tanto el modelo para la ubicación de estaciones de carga en sistemas de distribución para la ciudad de Bogotá como para zonas interurbanas se codificarán en el paquete computacional GAMS como un problema de optimización no-lineal entero mixto, para luego ser evaluado por medio del simulador de redes de distribución OpenDSS.	
	Fecha Inicio	01/08/2019
	Fecha Fin	31/12/2019
Objetivo Específico	OBJ3 - Implementar un modelo matemático para la ubicación de estaciones rápidas de carga para vehículos eléctricos en zonas inter e intraurbanas, por medio de la programación no lineal entera mixta (MINLP) usando el paquete computacional GAMS	
Actividad	ACT4 Documentación de la información: Realizar un informe técnico donde se detalle el modelo matemático para la ubicación óptima de las estaciones de carga.	
	Fecha Inicio	01/09/2019
	Fecha Fin	31/12/2019

Presupuesto de la Propuesta

Rubros	Contrapartida	Financiado		Total
		Ejecutora(s)	Otras	
Gastos Viaje Internacionales	3,000,000	0	0	3,000,000
Inscripciones profesores	2,000,000	0	0	2,000,000
Gastos Personal Planta	53,168,700	0	0	53,168,700
Totales	58,168,700	0	0	58,168,700

MEMORANDO

DII-C06-2018-2021

Bogotá D.C., 14 de abril de 2021

Para: **Ingeniero Agustín Marulanda Guerra**
Líder proyecto de investigación. Programa de Ingeniería Eléctrica

De: **Ingeniero Luis Eduardo Rodríguez Cheu**
Director de Investigación e innovación

Cc: **Ingeniero Hugo Iván Forero Bernal**
Decano del Programa de Ingeniería Eléctrica

Asunto: Cierre del proyecto **“Ubicación óptima de estaciones públicas de carga para vehículos eléctricos en zonas inter e intraurbanas.”**

Con relación al informe final del proyecto de la referencia, presentado por Usted el 5 de abril de 2021, estamos informando que los productos generados cumplen a cabalidad lo pactado en el *Documento del proyecto*. El desarrollo de los compromisos acordados en el *Acta de inicio* ha sido satisfactorio, por lo cual estamos extendiendo una felicitación a Usted y a su equipo de trabajo.

Cordialmente,



Ingeniero Luis Eduardo Rodríguez Cheu
Director de Investigación e Innovación