



APORTES A LA MOVILIDAD ELÉCTRICA PROYECTO VECTORES

GASTÓN TURTURRO
(compilador)



PIUBAES
PROGRAMA INTERDISCIPLINARIO DE LA
UBA SOBRE ENERGÍAS SUSTENTABLES



.UBA INVESTIGACIÓN
Secretaría de Ciencia y Técnica

.UBA fiuba 
FACULTAD DE INGENIERÍA

APORTES A LA MOVILIDAD ELÉCTRICA PROYECTO VECTORES

**GASTÓN TURTURRO
(compilador)**



PIUBAES
PROGRAMA INTERDISCIPLINARIO DE LA
UBA SOBRE ENERGÍAS SUSTENTABLES



JBA INVESTIGACIÓN
Secretaría de Ciencia y Técnica

.UBAfiuba 
FACULTAD DE INGENIERÍA

Aportes a la movilidad eléctrica : proyecto vectores / Joaquín Chazarreta... [et al.] ;
compilación de Gastón Turturro ; Prólogo de Aníbal Cofone ; Luciano Cianci. -
1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Eudeba, 2022.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga
ISBN 978-950-23-3264-2

1. Electricidad. 2. Ingeniería Eléctrica. 3. Máquinas Eléctricas. I. Chazarreta, Joaquín.
II. Turturro, Gastón, comp. III. Cofone, Aníbal, prolog. IV. Cianci, Luciano, prolog.
CDD 621.3104



Eudeba
Universidad de Buenos Aires

Primera edición: junio de 2022

Fuentes de las imágenes: Pixabay y iStockphoto
Imagen de tapa: Felix Müller desde Pixabay

© 2022

Editorial Universitaria de Buenos Aires
Sociedad de Economía Mixta
Av. Rivadavia 1571/73 (1033) Ciudad de Buenos Aires
Tel.: 4383-8025 / Fax: 4383-2202
www.eudeba.com.ar

Corrección y composición general: Eudeba

Impreso en Argentina.
Hecho el depósito que establece la ley 11.723



No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su almacenamiento en un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopia u otros métodos, sin el permiso previo del editor.

ÍNDICE

PRÓLOGO. <i>Aníbal Cofone</i>	9
PRÓLOGO. <i>Luciano Cianci</i>	11
INTRODUCCIÓN. <i>Gastón Turturro</i>	13

PRIMERA PARTE: PRODUCCIÓN

FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE BUSES ELÉCTRICOS PARA EL MERCADO ARGENTINO.....	17
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Joaquín Chazarreta, Mariela Chhab y Patricio Priano

FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA CREACIÓN DE UNA FLOTA MIXTA DE BUSES PARA GRANDES URBES. BUSES A: EE: ENERGÍA ELÉCTRICA, GNC, BIODIESEL, BUSES RECONVERTIDOS DE DIÉSEL A EE/GNC/BIODIESEL Y BUSES HÍBRIDOS.....	29
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Guadalupe Acosta Olano

FACTIBILIDAD DE FABRICACIÓN DE COMPONENTES LOCALES PARA LA INTEGRACIÓN DE LA CADENA DE VALOR DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN TRANSPORTE PÚBLICO.....	37
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Ramiro Sicardi y María Eugenia Wasylk

DESARROLLO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA ARGENTINA	49
----------------------------------------------------------	----

Facundo Jurado y Irina Winokur

SEGUNDA PARTE: ENERGÍA INFRAESTRUCTURA

ESTUDIO DE CONSUMO DE ENERGÍA DE BUSES ELÉCTRICOS PARA TRANSPORTE PÚBLICO CON RECORRIDO DEFINIDO, CRITERIOS DE OPTIMIZACIÓN DE AUTONOMÍA Y SISTEMAS DE CARGA	67
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Gonzalo Ezequiel Fichera

VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA ARGENTINA. SU USO COMO ALMACENAMIENTO
E IMPACTO EN LOS ESCENARIOS ENERGÉTICOS Y COSTOS DE LARGO PLAZO75
Darío Slai Feinstein

ESTRATEGIA Y HOJA DE RUTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE CARGA
PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN TRANSPORTE PÚBLICO.....95
Lucas Ferrari

TERCERA PARTE: MICROMOVILIDAD

PLAN INTEGRAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALQUILER
DE BICICLETAS COMPARTIDAS FLOTANTES.....121
Marcos Lalanne y Fernando Paulucci

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el aporte, dedicación y orientación a cada una de las siguientes personas que desde sus respectivos lugares han contribuido a la elaboración de estos artículos y esta publicación:

Ing. Sebastian Guim (FIUBA)
Ing. Marcos Gadze (FIUBA)
Ing. Martín Cornes (FIUBA)
Ing William Menegotto (Agrale)
Ing. Guillermo Garaventa (UNLP)
Ing. Marcelo Van Zandweghe (VZH)
Lic. Darío Caggegi (DAFA)
Ing. Alejandro Gottig (Consultor experto)
Inga. Carolina Arze (FIUBA)
Inga. Romina Solana (FIUBA)
Lic. Maximiliano Velázquez (FADU)
Ing Edgardo Vinzon (FIUBA)
Ing. José Pablo Cebreiro (FIUBA)
Ing Diego Marino (INTI)
Ing. Claudio Damiano (Consultor experto)
Ing. Matias Ubogui (FIUBA)
Lic. Milagros Garros (GCBA)
Ing. Daniel Rigou (FIUBA)
Ing. Darío Slaifstein (FIUBA)
Dr. Fernando Nicchi (FIUBA)
Ing. Martín Calissano (FIUBA / SeCyT)
Ing. Juan Medina (FIUBA)
Ing. Patricio Priano (FIUBA)
Ing. Sebastián Canziani (FIUBA)
Ing. Agustín Conti (FIUBA)
Ing. Arturo Papazian (FIUBA)
Ing. Cristian Molerés (FIUBA)

Ing. Eduardo Gigante (Consultor experto)

Ing. Eriel Fernandez Galván (FIUBA)

Ing. Mariano Almanza (FIUBA)

Inga. María Eugenia López Conde (FIUBA)

Y a todos los docentes, graduados y referentes que se fueron sumando al vector luego de la publicación de estos trabajos.

PRÓLOGO

Me complace presentar y acompañar la publicación de este material que aborda un tema estratégico y disruptivo que es la movilidad eléctrica. Esta publicación se ha realizado por un grupo de trabajo compuesto por estudiantes, docentes y referentes con el aporte del sector productivo local que aborda los segmentos de buses para transporte público y vehículos tipo *city car*, el sector energético y la micromovilidad en el ámbito del desarrollo urbano.

Aunque con diferentes niveles de desarrollo en esta edición, el contenido coincide con la agenda actual en discusión sobre la posibilidad de tener prontamente una Ley de Movilidad Eléctrica, en la cual todos estos sectores son abordados. Por eso no caben dudas del excepcional aporte que la Universidad, y en este caso particular la Facultad de Ingeniería podría estar haciendo para tal fin.

Este trabajo es el resultado de un modo diferente de hacer investigación y desarrollo en el mundo universitario. Por un lado, en su construcción participó intensamente el sector productivo, áreas de gestión pública y profesionales del área, junto con los propios recursos de la Facultad de Ingeniería y toda la UBA. Por el otro, la construcción por objetivos, que busca resultados concretos y aporte a la sociedad, más que la construcción de conocimientos por contenidos que suelen implicar tiempos muy largos y dificultad para resolver problemas reales de la sociedad.

Esta construcción es un aporte a la solución de un escenario que aún no existe en forma masiva, aunque, desde todo punto de vista, imaginamos claramente una migración a la movilidad eléctrica en las grandes ciudades, donde personas y empresas podrán cargar energía con fuentes más limpias, más sostenibles, y que impactarán positivamente en la vida de este planeta, tratando de desplazar a un paradigma que hace 100 años era la mejor opción, pero ya no lo representa.

Para terminar, es para mí una enorme satisfacción poder colaborar en la presentación de esta publicación hecha con mucha dedicación de un equipo tan grande, en el cual reconozco la visión y el esfuerzo pionero del Ing. Gastón

Turturro y agradezco a nuestra editorial Eudeba, una de las más importantes editoriales universitarias de habla hispana.

Espero que esta edición sea un aporte concreto al desarrollo de sistemas que generen valor productivo local y en paralelo hagan más sostenible el planeta.

Dr. Ing. Aníbal Cofone
Secretario de Ciencia y Técnica
de la Universidad de Buenos Aires

PRÓLOGO

La publicación de este libro representa un nuevo punto de llegada inicial para el desarrollo de nuestro vector Movilidad Eléctrica, dado que permite condensar, por primera vez en formato libro, una serie de valiosos aportes (producciones anteriores de divulgación que consistieron en cuadernillos y en material audiovisual) para contribuir al avance de esta modalidad tecnológica en nuestro país asociada a una agenda de cuidado del ambiente, y resultando al mismo tiempo una excelente oportunidad para el desarrollo industrial y tecnológico nacional.

Además, por haber sido elaborado sobre la base de los resultados obtenidos en el marco de Trabajos Profesionales y Tesis, representa un aporte fundamental adicional: sus autores, ahora graduados/as o próximos a recibir su diploma, se insertan en el medio con una base formativa destacada para realizar aportes a los desafíos –y a la capitalización de las oportunidades– que implica la introducción de la movilidad eléctrica en nuestro país. Por otra parte, su elaboración implicó la formación de redes colaborativas que conectaron con fluidez y sinergia comunidades de diversas disciplinas de las que forman parte del variado acervo de la UBA. En este caso con énfasis en las ingenierías, así como de estudiantes con sus docentes y con graduados/as especialistas, lo cual representa un activo perdurable con valor en sí mismo.

Quiero expresar mi satisfacción y mi agradecimiento especial a todos/as quienes han hecho posible el crecimiento de una iniciativa que ya conecta a más de 200 personas en 12 temáticas estratégicas, en especial al Decano de nuestra Facultad de Ingeniería, Ing. Alejandro Martínez, y al Secretario de Ciencia y Técnica de nuestra Universidad de Buenos Aires, Dr. Ing. Aníbal Cofone, por el invaluable apoyo que le han brindado desde sus inicios. También quiero reconocer el aporte de cada uno/a de quienes con su trabajo comprometido y de excelencia –el Ing. Gastón Turturro se destaca entre ellos/as– hacen posible resultados como este, que forma parte de una etapa inicial y fundacional del Proyecto en la cual la prioridad está puesta en la generación de bases sólidas

para fortalecer el rol de nuestra Universidad como agente de relevancia para la transformación virtuosa de la Argentina.

Ing. Luciano Cianci
Subsecretario de Relación con Graduados – Facultad de Ingeniería UBA
Integrante del Programa Interdisciplinario de la UBA sobre Desarrollo,
PIUBAD

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de estos artículos se ha producido en el marco del vector de *Movilidad Eléctrica* perteneciente a uno de los doce ejes estratégicos presentados por el *Proyecto Vectores* de la Universidad de Buenos Aires y en el marco del Programa Interdisciplinario de Energías Sustentables de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UBA. Creemos en la importancia de la formación de profesionales que comiencen a abordar el tema, desde sus inicios de la carrera profesional, con una mirada interdisciplinaria, ya que involucra la necesidad de especialización en varias ramas como tecnología, infraestructura, producción, economía, urbanismo, ambiente, regulación, etc.

La importancia de este vector radica en la oportunidad que presenta para una potencial participación del sector productivo nacional en un tema estratégico, que año tras año está cobrando mayor protagonismo a nivel mundial en materia de innovación tecnológica y matriz productiva, y se presenta como disruptivo en aspectos operativos de sectores como transporte y energía.

Durante los últimos seis años, la flota mundial de vehículos eléctricos (especialmente en los segmentos de livianos y transporte público) se incrementó significativamente a razón de los notables avances tecnológicos y el apoyo de políticas que fomentan el incremento de ventas y el despliegue de infraestructura de carga. En el año 2021, las ventas de automóviles eléctricos (100% a batería e híbridos *enchufables*) superaron unas seis millones y medio de unidades a nivel mundial, sobrepasando el récord del 2020, y permitiendo alcanzar el stock mundial de más de 16 millones de vehículos eléctricos.

Luego de la COP25, gran parte de los gobiernos han comenzado a fijar metas graduales y terminales de prohibición de ventas de vehículos a combustión interna en el mediano y largo plazo. A su vez, las principales automotrices han hecho anuncios de lanzamientos de nuevos modelos, objetivos de ventas y planes de inversión para adaptar o modernizar sus procesos productivos durante los próximos años respondiendo a estas exigencias de los reguladores. Se espera que luego de los compromisos asumidos en la COP26, estas tendencias se aceleren. La Argentina y la región también vienen dando sus primeros

pasos en el sector a fin de introducir gradualmente los primeros vehículos eléctricos.

Es uno de los desafíos del vector *Movilidad Eléctrica* el análisis de los diferentes segmentos en los que se puede aportar valor desde lo académico, en articulación con el sector público y privado. De las cinco líneas de trabajo abordadas por este vector (producción de vehículos eléctricos, infraestructura, movilidad y desarrollo urbano, litio y baterías; y ambiente), en esta publicación se encontrarán abordadas diversos objetivos de estudio de las tres primeras líneas: producción, infraestructura y desarrollo urbano (micro-movilidad). Nos encontramos trabajando además en el análisis de las otras dos líneas que complementan el vector, con especial atención en el potencial que representan las reservas comprobadas de litio en la Argentina, que forma parte del triángulo del litio y actualmente es el cuarto productor mundial del mineral en grado batería; y en la integración del sector con las energías renovables, fundamental para complementar en forma total la descarbonización del sector.

Estas investigaciones se han desarrollado durante el período 2019 a 2021 en el marco de Trabajos Profesionales y Tesis de las disciplinas Ingeniería Industrial y Eléctrica, en el que los estudiantes han interactuado con la red de trabajo generada en el marco del vector, de la cual son parte docentes, graduados y referentes de la materia en el ámbito público y privado. También se han plasmado los resultados de la articulación con otras facultades y disciplinas de la Universidad de Buenos Aires, empresas y organismos del sector público y privado. Los y las miembros/as del vector extendemos el mayor de los agradecimientos a personas y entidades por haber contribuido al desarrollo de estos trabajos.

Mg. Ing. Gastón A. Turturro
Coordinador del Vector Movilidad Eléctrica
Docente Facultad de Ingeniería UBA
Programa Interdisciplinario de Energías Sustentables