

EVALUACIÓN DE LAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DE COLOMBIA PARA EL DISEÑO DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO DE BATERÍAS DEL SEGMENTO A

Nicolás Sánchez Mesa

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ, COLOMBIA
2023



EVALUACIÓN DE LAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DE COLOMBIA PARA EL DISEÑO DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO DE BATERÍAS DEL SEGMENTO A

Nicolás Sánchez Mesa

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Director: Ing.Edwin Francisco Forero García

GRUPO DE INVESTIGACIÓN (MEM)
LINEA DE INVESTIGACIÓN:
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ, COLOMBIA
2023

Autoridad de la Universidad

RECTOR GENERAL

R.P. FRAY JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO, O.P.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO Y FINANCIERO GENERAL

R.P. FRAY LUIS FRANCISCO SASTOQUE POVEDA, O.P.

VICERRECTOR ACADÉMICO GENERAL

R.P. FRAY EDUARDO GONZÁLEZ GIL, O.P.

SECRETARIO GENERAL

Dra. INGRID LORENA CAMPOS VARGAS.

DECANO DIVISIÓN DE INGENIERÍAS

FRAY JAVIER ANTONIO HINCAPIÉ ARDILA, O.P.

SECRETARIA DE DIVISIÓN

E.C. LUZ PATRICIA ROCHA CAICEDO.

DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

CARLOS ANDRES TORRES PINZON.

Nota de aceptación

Firma del autor

Firma del jurado

Firma del jurado

Advertencia

La Universidad Santo Tomás no se hace responsable de las opiniones y conceptos expresados en el trabajo de grado, solo velará por qué no se publique nada contrario al dogma ni a la moral católica y porque el trabajo no tenga ataques personales y únicamente se vea el anhelo de buscar la verdad científica.

Capítulo III –Art. 46 del Reglamento de la Universidad Santo Tomás.

Dedicatoria

Le dedico este trabajo a mi familia que estuvo siempre apoyándome en el desarrollo de esta investigación, a mi director de proyecto por confiar en mis capacidades y guiarme para realizar un trabajo más eficiente y menos complicado. Por último, a los futuros estudiantes de la Universidad Santo Tomas que tengan interés en el desarrollo de vehículos eléctricos.

Agradecimientos

Agradezco a Dios que llevo la carga que un proyecto de grado puede tener sobre una persona, calmando ansiedad, miedo, depresión, de las consecuencias al no presentar un trabajo de gran magnitud e importancia. Así que si tienen preocupaciones entréguelas a Dios, porque él es la calma que necesita Juan 14:27

De igual forma a mi director de grado que sin importar cuanto pude ausentarme del proyecto, siempre estuvo dispuesto a dedicar un tiempo a mis inquietudes y dudas, sin importar la carga que tuviera en ese momento.

Índice general

Resumen	XI
Abstract	XII
Índice de figuras	XIII
Índice de tablas	XIV
Glosario	XV
1. Introducción	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Justificación	2
1.4. Impacto Social	3
2. Estado del Arte	4
2.1. Necesidad ambiental de carros eléctricos	4
2.1.1. Autos eléctricos en Colombia	5
2.2. Prototipos de vehículos eléctricos elaborados en Colombia	6
2.3. Metodologías para revisar estados tecnológicos	7
3. Marco teórico	8
3.1. Partes de un vehículo eléctrico	8
3.1.1. Chasis/plataforma	8
3.1.1.1. Tren de potencia	8
3.1.1.2. Tren motor	8
3.1.1.3. Dirección	8
3.1.1.4. Suspensión	8
3.1.2. Carrocería	8
3.1.3. Habítaculo	8
3.1.4. Seguridad	9
3.2. Baterías	9
3.2.1. Geometría de celdas	9
3.3. Motores	11
3.3.1. Tipos de motores eléctricos	11
3.3.1.1. Motor síncrono de reluctancia	11
3.3.1.2. Motor de imanes permanentes (Síncrono)	11
3.3.1.3. Motor de inducción o asíncrono	12
3.4. Controladores	12
3.5. Convertidores DC-DC	13
3.6. Mecanismos para evaluar capacidad tecnológica	13

4. Diseño Metodológico	14
4.1. Fases y Metodología	14
4.2. Cronograma	15
5. Desarrollo Conceptual	16
5.1. Disciplinas relacionados con los vehículos eléctricos	16
5.1.1. Diseñador Industrial	16
5.1.2. Ingeniero Mecánico	16
5.1.3. Técnico en mecatrónica	16
5.1.4. Ingeniero Eléctrico	16
5.1.5. Ingeniero Electrónico	17
5.1.6. Técnico en carrocería	17
5.1.7. Topógrafo del sitio	17
5.1.8. Ingeniero Químico	17
5.1.9. Ingeniero de Comunicaciones	17
5.1.10. Ingeniero de Software	17
5.2. Revisión Sistemática de la Literatura	17
5.2.1. Planeación de la revisión	17
5.2.1.1. Pregunta problema	17
5.2.1.2. Sistema de búsqueda	18
5.2.1.3. Criterio de selección	18
5.2.2. Desarrollo de la revisión	18
5.2.2.1. Método de búsqueda	18
5.2.2.2. Revisión de datos	19
5.2.3. Interpretación y presentación de resultados	19
5.3. Competencias	21
5.4. Marco regulatorio	22
6. Resultados y Discusión	23
6.1. Revisión Sistemática de Literatura	23
6.2. Competencias Ingeniería	30
6.3. Marco Regulatorio de Colombia	32
7. Conclusiones y Trabajos Futuros	33
8. Anexos	35
Anexos	36
8.1. Documentos RSL	41
Bibliografía	45

Resumen

La contaminación en Colombia aumenta cada vez más debido al dióxido de carbono producido por los vehículos de motor de combustión interna (ICE), dada la dificultad de controlar las emisiones producidas, las empresas fabricantes de estos automóviles han empezado a diseñar y producir vehículos eléctricos (VE) para tener una alternativa en los sistemas de propulsión en el sector transporte. Colombia jamás ha tenido su propia marca de autos impulsados por gasolina o Diesel, y teniendo en cuenta la contaminación de CO_2 no es momento de hacerlo, pero se puede valorar a los profesionales de ingeniería electrónica en Colombia si pueden tener o no los conocimientos para diseñar y fabricar un VE. En el desarrollo del documento se evalúan las capacidades tecnológicas de Colombia para determinar si los profesionales o estudiantes en posgrado cuentan con las competencias necesarias para el diseño de un vehículo eléctrico. Por medio de una metodología llamada “revisión sistemática de literatura (RSL)” que permite interpretar diferentes documentos o artículos relacionados con la fabricación de carros baja emisión. La metodología se lleva a cabo en el software Atlas.ti, debido a que permite realizar una codificación de los conceptos claves en el desarrollo de los diferentes componentes de un vehículo eléctrico, de igual forma se analiza el marco regulatorio de Colombia para determinar qué criterios tiene el estado nacional respecto a la producción de estos VE.

Palabras clave: Competencias tecnológicas, vehículos eléctricos, codificación de conceptos, revisión sistemática.

Abstract

Pollution in Colombia increases more and more due to the carbon dioxide produced by internal combustion vehicles (ICE), given the difficulty of controlling the emissions produced, the companies that manufacture these cars have begun to design and produce electric vehicles (EV) to have an alternative in propulsion systems in the transport sector. Colombia has never had its own brand of cars powered by gasoline or diesel, and taking into account CO_2 pollution it is not time to do so, but electronic engineering professionals in Colombia can be assessed whether or not they can have the knowledge to design and manufacture an EV. In the development of the document, the technological capabilities of Colombia are evaluated to determine if professionals or postgraduate students have the necessary skills for the design of an electric vehicle. Through a methodology called "systematic literature review (RSL)" that allows interpreting different documents or articles related to the manufacture of low emission cars. The methodology is carried out in the Atlas.ti software, because it allows a coding of the key concepts in the development of the different components of an electric vehicle, in the same way the regulatory framework of Colombia is analyzed to determine what criteria the national state has regarding the production of these EVs.

Keywords: Technological competences, electric vehicles, coding, systematic review.

Índice de figuras

3.1. Densidades energéticas vs densidades gravimétricas (Tomada de[26])	10
3.2. Esquema de la batería de iones de litio (tomada de [27])	11
3.3. Partes del motor (Tomado de [30])	12
4.1. Metodología	14
5.1. Documentos por año	19
5.2. Referencias por documento 1-42	20
5.3. Referencias por documento 43-84	20
6.1. Grupo de códigos	23
6.2. Red semántica de grupo Motor	25
6.3. Red semántica de grupo Baterías	26
6.4. Red semántica de grupo Chasis	26
6.5. Red semántica de grupo Transmisión	27
6.6. Red semántica de grupo Control	28
6.7. Red semántica de grupo Electrónica de Potencia	28
6.8. Red semántica de grupo Algoritmos	29
6.9. Red semántica de grupo Software	29
6.10. Red semántica de grupo BMS	29
6.11. Conocimientos ING Electrónica	31
6.12. Conocimientos ING Mecánica	31
6.13. Conocimientos ING Química	32

Índice de tablas

1.	Glosario de términos	XV
2.1.	Tabla de Segmentos (tomada de [14])	5
2.2.	Vehículos eléctricos e híbridos más vendidos en Colombia (Tomada de [15])	6
3.1.	Geometría de baterías para vehículos eléctricos (Tomada de [26])	9
3.2.	Densidades de batería más usados en vehículos eléctricos (Tomada de [26])	10
4.1.	Cronograma	15
6.1.	Grupo de códigos	24
6.2.	Enraizamiento	24
6.3.	Competencias universitarias en ingeniería de Colombia	30
6.4.	Documentos para VEHÍCULOS ELÉCTRICOS:: Normas Aplicables (Tomada de [55])	32
8.1.	Enraizamiento Motor	36
8.2.	Enraizamiento Baterías	37
8.3.	Enraizamiento Chasis	38
8.4.	Enraizamiento Transmisión	39
8.5.	Enraizamiento Control	39
8.6.	Enraizamiento Electrónica de Potencia	40
8.7.	Enraizamiento Algoritmos	40
8.8.	Enraizamiento Modelo Matemático	41
8.9.	Enraizamiento BMS	41

Glosario

Tabla 1: Glosario de términos

Abreviatura	Significado
VE	Vehículos eléctricos
RSL	Revisión Sistemática de Literatura
BMT	Sistema de Gestión Térmica
BMS	Sistema de Gestión de Batería
ICE	Motor de Combustión Interna
FCEV	Vehículos de Celda de Combustible
PID	Control Proporcional-Integral-Derivativo
PI	Control Proporcional-Integral
SOH	Estado De Salud
FEM	Análisis Elementos Finitos
THD	Distorsión Armónica Total
DP	Programación dinámica
PFC	Corrección Factor de Potencia
OBC	Cargador a Bordo
SST	Transformador de Estado Sólido
DOF	Grados de Libertad
MC	Markov Chain

Capítulo 1

Introducción

1.1. Planteamiento del Problema

La contaminación en Colombia cada vez aumenta más debido a la emisión de gases como los óxidos de azufre, los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono y el dióxido de carbono [1], que son producidos por diferentes tipos de combustibles. El sector transporte es el más contaminante en Colombia, debido a que los vehículos usados son ICE lo que produce altas cantidades de CO_2 ; a estos vehículos no solo basta con realizarles mantenimiento o reparación para disminuir esta emisión, este problema viene siendo por el simple uso de la fuente de energía que impulsa estos vehículos las cuales son los combustibles gasolina y diésel.

La manera más simple es buscando otro método que impulse a estos vehículos y que permita disminuir la emisión de gases que sobrecarga el efecto invernadero (sobrecalentamiento), la alternativa más viable es cambiar los autos de combustión sin importar el tipo de segmento a vehículos eléctricos. Noruega ha sido un claro ejemplo de este cambio, un estudio del 2020 muestra cómo los países nórdicos han cambiado casi el 50 % de sus vehículos de combustión a eléctrico, realizando iniciativas y beneficios que hacen llamativa la compra de estos vehículos [2].

Aunque Noruega es el país que más utiliza estos autos no son los que más lo producen; el país que más fabrica y vende estos vehículos es China seguido por Estados Unidos, debido a que esos mismos países llevan años produciendo vehículos a combustión, además que tienen sus propias marcas de autos conocidas a nivel mundial; pero en el caso de China solo el 5 % de su parque automotor hace uso de estos autos, y en Estados Unidos ese porcentaje se reduce al 2 % [2]. Es decir que, aunque sean los mayores productores, los chinos y los estadounidenses no tienen iniciativa o gusto por esta alternativa de transporte. Pero, independientemente que no sean los mayores consumidores de estos vehículos, es importante resaltar como los profesionales de estos dos países tienen las habilidades de diseñar y mejorar cada vez más la industria del automóvil eléctrico, como usan las necesidades que tiene la ciudad por la contaminación y transforman todos sus conocimientos en una solución, esto se debe a las capacidades tecnológicas de estos dos países.

Un inconveniente cuando una persona quiere adquirir estos tipos de autos independientemente del segmento (hace referencia al tipo de vehículo) del carro es la forma de recarga, no saben si esto pueda afectar en su uso o si va a hacer más limitado en recorridos extensos. En Colombia existen aproximadamente 5.570 estaciones de servicio para vehículos a combustión, la ubicación de estas estaciones de servicio puede variar dependiendo la avenida o el tipo de marca [3]. Volviendo a tomar como ejemplo el país noruego, la mayoría de las estaciones de gasolina están sustituyendo sus surtidores de gasolina y diesel por puntos de recarga para los vehículos eléctricos, debido a que esta es la única forma viable de mantenerse económicamente [4], dicho escenario hace referencia a una buena reducción de autos contaminantes.

En la mayoría de los países la adquisición de estos vehículos no es muy llamativa por su elevados precios, esto debido a que las baterías que los impulsan varían su costo dependiendo el material y las características de su fabricación, debido a esto se realizan diferentes propuestas para impulsar a la gente a adquirir estos vehículos. En Noruega, el gobierno ha lanzado diferentes beneficios a las personas que adquieran los carros cero emisiones tales como los peajes, puede que no tenga que pagar o se le realiza un descuento, también parquear de forma gratuita en ciertos puntos del país, viajar sin ninguna restricción por el carril del transporte público [2]; se puede observar que

detrás del gran avance de estos vehículos reductores de emisiones en Noruega existe una planeación para lograrlo. En el caso de Colombia, los únicos vehículos eléctricos que se han construido han sido proyectos de instituciones, pero no con fines de realizar una marca propia; de tal forma que los únicos VE (o incluso híbridos) que circulan por el país son importados de Europa y Asia. Pero no se puede negar como los encargos de estos proyectos tuvieron el entendimiento para afrontar el reto de diseñar estos vehículos, teniendo que contaban con el ingenio requerido para fabricar un VE.

Lo anteriormente mencionado muestra como hay países que se enfocan en el transporte y todo el sector relacionado, con el fin de mejorar la contaminación que producen los autos a combustión, ya sea reemplazándolos en un casi 50 % de su parque automotor o produciendo estos vehículos para su exportación. Por lo anterior surge la siguiente pregunta: ¿De qué manera se puede evaluar las capacidades tecnológicas colombianas para el diseño de un vehículo eléctrico de baterías del segmento A?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar las capacidades tecnológicas del país para el diseño de un vehículo eléctrico de batería del segmento A, mediante un proceso organizado y selectivo sobre ciencia y tecnología.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Definir las competencias con las que cuentan profesionales y estudiantes de ingeniería electrónica en cuanto al diseño de VE de batería del segmento A.
2. Identificar mediante software Atlas.ti el recurso humano que se requiere para el diseño de vehículos eléctricos.
3. Analizar el marco regulatorio colombiano relacionado con los VE y su impacto en los criterios de diseño.

1.3. Justificación

El transporte es un sector que por medio de los vehículos a combustión (sea impulsado por gasolina o diésel), ha provocado mucha cantidad de emisiones CO_2 el cual carga aún más de la cuenta el efecto invernadero y provoca sobrecalentamiento en el planeta, las ciudades son los lugares donde se producen mayor emisión, debido a la alta cantidad de vehículos. Pero de dónde vienen estas emisiones, mencionando sólo el sector del transporte los vehículos con motores antiguos de tecnología diésel, los vehículos de modelos inferiores al 2010 los cuales se convierten en una chimenea constante de humo para la ciudad, motos de dos tiempos que todavía circulan en territorio colombiano; son los que más contaminan el medio ambiente [5].

Estos vehículos contaminan demasiado por las vías, avenidas y calles de las ciudades haciendo que se deshagan capas de hollín en el aire, como consecuencia entran a los pulmones, esto como se había mencionado es debido al combustible que los impulsa; los vehículos consume 3.200 millones de galones de combustible al año, siendo el parque automotor el responsable del 70 % de contaminación en el país, con un 54 % en gasolina y un 46 % en diesel [5]. En consecuencia, el estado colombiano decreto la resolución 2254 del 2017 la cual establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión y adopta disposiciones para la gestión del recurso aire en el territorio nacional [6], con el objeto de garantizar un ambiente sano y minimizar el riesgo sobre la salud humana que pueda ser causado por la exposición a los contaminantes en la atmósfera. Todos estos vehículos a combustión pueden ser importados o ensamblados aquí en el país, pero ninguno pertenece a una marca colombiana.

Colombia no ha tenido nunca una marca propia de vehículos de combustión, y no es tiempo para empezar una producción de estas, debido a que más países son potencias mundiales desde hace décadas. En el caso de vehículos eléctricos la situación no es muy diferente, la producción del primer vehículo eléctrico fue en Europa seguido por China, de esta forma han venido evolucionando en sus diseños cada año volviéndose los autos más adquiridos en Europa y Asia; la fabricación y producción de estos vehículos son un gran avance tecnológico y científico para cualquier empresa, ciudad o país que se desarrolle. En Latinoamérica o para ser más exacto en Suramérica no ha habido ningún país que desarrolle su propia marca de estos vehículos, el diseño y producción de un VE para un estado

traería grandes beneficios, como publicidad, economía verde, incluso exportaciones a naciones americanas o europeas.

Este proyecto es el inicio de una investigación y evaluación para que futuras generaciones abarquen una atracción al desarrollo y mejoramiento en los diseños de los VE, la inclusión de una electiva que permita dar un enfoque actual de los VE segmento A, los requerimientos básicos para el diseño de un auto eléctrico e incluso los tipos de baterías; una segunda inclusión puede ser la modificación del pensum en la facultad de ingeniería electrónica, elaborando una rama en la cual cada curso en el que se avance realice un énfasis más profundo en la elaboración de estos autos eléctricos.

Debido a lo anterior, este proyecto se basa en mostrar si Colombia está preparada o no tecnológicamente para realizar el diseño de un vehículo eléctrico para una transformación en su forma de transportarse, pasando de vehículos de combustión a vehículos eléctricos del segmento A, cómo edificar más instalaciones de carga, promover el ensamblaje u otra opción es como convertir antiguos vehículos de combustión a eléctricos; el país ha tenido poco progreso respecto a este cambio comparado con los países nórdicos o asiáticos en la circulación y producción respectivamente de estos autos, pero no significa que Colombia sea el último en empezar esta proyección debido a que es el país sudamericano que lidera la movilidad de estos vehículos así sean importados [7].

1.4. Impacto Social

El constante avance en la producción y construcción de VE ha venido dando excelentes resultados en los países europeos y chinos, haciendo que muchos fabricantes de autos empiecen a desarrollar modelos eléctricos más asequibles al usuario; se ha podido evidenciar en la historia como desde el Toyota Prius (híbrido) en adelante los autos han venido mejorando en su construcción y rendimiento, todo esto debido a una base de conocimientos tecnológicos y científicos que les permite desenvolverse con facilidad en ese campo.

Además del impacto tecnológico, no se puede ignorar la eficiencia energética, el impacto ambiental y el ahorro energético que producen estos autos. La experiencia del usuario al tener un VE es atractiva, esto por la producción de fuerza, tracción máxima instantánea que permite al VE ir más rápido comparado con el de combustión, un balance armonioso y una distribución de peso la cual posibilita un manejo suave y sin esforzarse en los giros [8].

El presente proyecto tiene como beneficio la exploración de conocimientos y datos que permita a las empresas colombianas el diseño de los VE del segmento A, teniendo en cuenta cada aspecto o etapa en la realización para la adquisición de estos beneficios, contemplando que a medida que se avanza en el uso de los VE se mostrará a largo plazo una ganancia económica en comparación a los autos de combustión, también permitirá hacer más frecuente la utilidad de las baterías que llevará a reducir su precio [8].

Capítulo 2

Estado del Arte

2.1. Necesidad ambiental de carros eléctricos

Es entendible la búsqueda de nuevas alternativas para la movilidad vial en la industria del transporte. El primer vehículo a combustión fue creado por el ingeniero alemán Carl Benz en 1886, el cual su diseño fue basado en un carruaje personal con tres ruedas [9], desde ese momento el automóvil fue evolucionando en Europa, Asia y Norteamérica a tal punto de empezar a exportar a otros países.

El primer vehículo que llegó a Colombia fue en 1899 transitando las calles de Medellín[10], desde ese entonces Colombia ha venido importando vehículos a combustión hasta la actualidad; no solo refiriéndose a autos sino también a motos, camiones, tractomulas, entre otros vehículos de transporte. Estos vehículos han provocado daños ambientales en el planeta; ante esta problemática se empezó a buscar una solución para reducir estos gases contaminantes.

El primer auto eléctrico fue inventado entre 1832 y 1839 por el científico Robert Anderson, impulsado por un motor eléctrico surtido por una batería no recargable [11], en el año 1900 en Francia se inventó y comercializó el primer vehículo híbrido de la marca Porsche, pero como los autos eran nuevos en esa época, el proyecto fracasó debido a diferentes factores como el peso, el precio y la gente no le tenía mucha confianza (solo duraron 4 años de producción) [11].

No fue sino hasta el año 1997 donde la empresa japonesa Toyota lanzó el primer auto híbrido al mercado mundial [11]. Aun así, la ingeniería siguió buscando una solución más eficiente que permitiera reducir aún más la emisión de gases en el aire.

En 2003 el equipo que trabaja en diseños de modelos eléctricos en General Motors, unió su trabajo y conocimientos para fabricar un VE; el resultado fue la creación de Tesla, sacando al mercado el primer vehículo 100 % eléctrico (Tesla Roadster)[11].

En Colombia se ha venido proyectando o estudiando la posibilidad de tener vehículos eléctricos (también conocidos como “cero emisiones”) para mejorar el impacto de los gases en el calentamiento global del país. Una de las formas para realizar dicha proyección es la importación de vehículos eléctricos europeos o asiáticos, pero aun así con la importación de estos autos Colombia no está lista para abarcar dicho proyecto.

En 2017 un estudio realizado por Portafolio estimó que Colombia está lejos de poder implementar autos eléctricos en el país, en la Cámara de Industria Automotriz, la directora Juliana Rico expone que *“en Colombia es necesario una ley para fomentar el desarrollo y costos de energía para cargar vehículos. Hoy en día el uso de estos vehículos es del 1 % y la tecnología necesaria usualmente tiene un costo más alto que la tecnología convencional, añadiendo que el ingreso promedio de un colombiano es para vehículos económicos”* (López Pérez, 2017) [12]. Han transcurrido 5 años desde ese estudio y aunque todavía no se haya podido conseguir un gran avance respecto a los países nórdicos o asiáticos, se ha venido mejorando en comparación con años atrás.

En 1930, debido a la magnitud en la cantidad y variedad de los automóviles en el mundo, se clasificaron los

vehículos por medio de la Cámara Sindical de Carroceros de Paris, dependiendo de sus tamaño, característica, si era abierto, cerrado, o descubierto. Aunque con el pasar del tiempo muchos de estos autos dejaron de existir. En 2018 la Unión Europea estableció una clasificación, que contempla 7 tipos de vehículos los cuales son: berlina, berlina con portón trasero, familiar, coupé, descapotable, multiuso y camioneta familiar[13].

En la actualidad, debido a los medios de comunicación especializados en este sector clasifico los autos en segmentos, los cuales se pueden encontrar en la siguiente Tabla (2.1) :

Tabla 2.1: Tabla de Segmentos (tomada de [14])

Segmento	Medida (Largo)	Características	Ejemplo
Micro	menor a 3,3m	Automóvil de dos plazas, el tamaño más pequeño del segmento	Mercedes smart, Renault Twizy, JDM, etc.
A	3,3m a 3,7m	Automóvil de cuatro plazas, de carrocería hatchback	Renault Twingo, Suzuki Alto, Kia Picanto, Hyundai Atos,
B	3,9m a 4,2m	Automóvil familiar, hatchback, todo terreno	Kia Rios Spice, Renault Sanderero, Renault Logan, Chevrolet Sonic
C	4,2m a 4,5m	Automóviles familiares, hatchback, todo terreno	Renault Fluence, Mazda 3, Chevrolet Cruze
D	4,6 a 4,85m	Tiene cinco plazas, motor mas potente, maletero mas grande	Ford Fusión, Hyundai Sonata
E	4,75m a 4,95m	Predominan en carrocería sedán, liftback y familiar	Mercedez Benz clase E, BMW serie 5, Audi A5
F	Mayor a 5m	De turismo, carrocería sedán	Mercedez Benz clase 5, BMW serie 7, Audi A8
Crossover	4,75m a 4,95m	Combinan propiedades de un automóvil con un todo terreno, aspecto mas deportivo	Dodge Journey, Fiat Palio Weekend, Nissan Qashqai
Suv	Mayor a 5m	Vehículo utilidad deportivo	Toyota Rav, Toyota Prado, Kia sportage, Kia Mohave

2.1.1. Autos eléctricos en Colombia

El 2020 fue un año complicado para los carros eléctricos en Colombia debido a la pandemia, la consecuencia principal fue la reducción de ventas comparado con el 2019, una reducción de 2,1 % quedando atrás respecto a los vehículos híbridos e híbridos enchufables.

De enero a octubre del 2019 fueron matriculados 710 unidades vehículos eléctricos aproximadamente y en el 2020 esa cifra disminuyo a 695 unidades [15].

Las marcas de vehículos con menor emisiones más vendidas en Colombia se ven reflejadas en la Tabla (2.2):

Tabla 2.2: Vehículos eléctricos e híbridos más vendidos en Colombia (Tomada de [15])

Número en ventas	Marca	Cantidad
1	Renault	148
2	BMW	125
3	Oransh	109
4	Stark	70
5	BYD	65
6	Nissan	57
7	JAC	24
8	Jaguar	15
9	Dongfeng	13
10	Sunwin	12

Respecto al 2021: Entre enero y abril del presente año se matricularon 76004 vehículos en Colombia. Parte de ese número se encuentran vehículos híbridos y eléctricos el cual debido a sus diferentes beneficios han logrado aumentar su demanda en las ventas con 3,651 unidades del valor total, y 370 unidades corresponden a vehículos 100 % eléctricos.

En 2021, el *BYD e1* fue el vehículo eléctrico más vendido en el país debido a que por el tamaño y La autonomía es de 300km es una gran elección para recorridos urbanos. El segundo vehículo cero emisiones detrás del *BYD e1* es el *Changan E-STAR* con 30 unidades matriculadas, para completar el podio se encuentra el vehículo *Renault Twizy* que se caracteriza por peculiar tamaño[15].

2.2. Prototipos de vehículos eléctricos elaborados en Colombia

Aunque la estructura de la movilidad en Colombia este atrasada para incluir estos vehículos, no impide que las personas o instituciones tengan la iniciativa de realizar ideas de diseño para un vehículo baja emisión que permitan mejorar la contaminación del país.

Una de las instituciones que ha venido realizando un vehículo eléctrico ha sido la universidad UNIMINUTO. En 2009 nació el proyecto Eolo, un emprendimiento en el que su enfoque fue en realizar un auto eléctrico con una mezcla de auto deportivo y energía eólica, en la parte del frente del carro ubicaron turbinas las cuales permitía que cada vez que chocara el auto con el viento almacenara energía en las baterías de iones de litio[16].

El establecimiento publico Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), ha realizado proyectos de vehículos eléctricos mediante la iniciativa Fórmula SENA Eco. El primero de ellos fue en el año 2013, el cual fabricaron un modelo de un auto de fórmula 1 para competir en una carrera en el municipio de Tocancipá Colombia, el proyecto tuvo 137 programas de formación en donde contaba con técnicos del área automotriz, hasta personas encargadas del diseño de los uniformes [17]. El segundo de ellos es un vehículo eléctrico cacaotero, el cual tecnifica operaciones agrícolas en el departamento de Santander Colombia, cuenta con batería de litio, paneles solares, una plataforma para recolectar el cacao con capacidad de hasta 500 kilos [18].

Otro proyecto fue el diseño de un vehículo eléctrico en Boyacá el cual tiene la capacidad máxima de 4 toneladas, tal proyecto tuvo una duración de 4 años debido a inconvenientes por la pandemia producida, el vehículo fue ensamblado por 20 personas [19].

2.3. Metodologías para revisar estados tecnológicos

La recolección de datos es fundamental para cualquier investigación, estudio o evaluación en un proyecto, ya sea para analizar antiguos estudios o conceptos diferentes diversos a un mismo enfoque. Una de las metodologías puede ser la revisión sistemática de literatura, la cual busca un espacio literario que sobresale su importancia y significativo de una o más preguntas de investigación precisas y específicas, se deja explícito todos los materiales y métodos utilizados; Barbara kitchenham dice: “Una revisión sistemática es una manera de evaluar e interpretar toda la investigación disponible, que sea relevante respecto de una interrogante de investigación particular, en un área temática o fenómeno de interés” (Kitchenham,2004) [20].

La revisión sistemática se puede plantear en 3 etapas: planeación de la revisión, desarrollo de la revisión e interpretación y presentación de los resultados [20][21].

En la etapa de planeación de la revisión, se define el paso a paso que permite un proceso de extracción de la información requerida, este paso a paso es:

- Pregunta problema: Se define el tema de la investigación
- Sistema de búsqueda: Se define la estrategia a utilizar para la recopilación de artículos
- Criterio de selección: Se define las restricciones y requisitos al seleccionar un artículo con la información requerida.

En el desarrollo de la revisión se ejecuta el paso a paso definido.

- Método de búsqueda: Procedimiento que se lleva a cabo para la obtención de artículos
- Revisión de datos: Se revisa la información extraída y posterior se analiza todos los datos (artículos) obtenidos en un software.

En la interpretación y presentación de resultados.

- Al realizar el análisis de la información extraída, se presenta diagramas que sintetizen la información obtenida, exponiendo la cantidad de documentos que se extrajo, la cantidad de referencias por documento e incluso el año donde se obtuvo más datos, así se podrá observar si la medida de información es más actualizada o todo lo contrario.

Otra metodología es la evaluación tecnológica, el cual consiste en valorar o reconocer información, conocimiento y resultados experimentales en función del impacto que tiene sobre la tecnología [22]. La evaluación tecnológica es un proceso sistemático el cual: identifica el objeto a evaluar, identifica fuentes de información, extrae datos de las fuentes encontradas, valoración de cada dato extraído e interrelación de los datos obtenidos[22]. Una de las herramientas para la evaluación tecnológica es la Vigilancia Tecnológica, la cual permite detectar fuentes de información esenciales para hacer frente a las decisiones tecnológicas [22].

Capítulo 3

Marco teórico

3.1. Partes de un vehículo eléctrico

Se dividieron los aspectos del vehículo eléctrico en diferentes grupos, como lo es la carrocería, la plataforma donde van los componentes o también conocido como el chasis, el habitáculo e incluso la seguridad que compone un auto baja emisión. Las siguientes secciones se encuentra en [23].

3.1.1. Chasis/plataforma

Este grupo se subdivide en 6 grupos como se muestran a continuación.

3.1.1.1. Tren de potencia

Se encuentran el motor eléctrico, batería (en algunos casos hay auxiliares), convertidores de potencia e inversores, sistemas de gestión de batería, gestión térmica, y cableado de voltaje alto, con su respectiva entrada de cargador.

3.1.1.2. Tren motor

Transmisión

3.1.1.3. Dirección

En la dirección se encuentra el volante, los ejes, la cremallera, un sistema de dirección asistida y las rotulas (permite la conexión de los elementos del vehículo).

3.1.1.4. Suspensión

Amortiguadores, silentblock, brazos, rótulas, ejes

3.1.2. Carrocería

Se tiene los elementos que componen la carrocería, los cuales van ubicados en la plataforma y va formando el habitáculo. La carrocería tiene una función importante porque además de ser la parte de la estética, su diseño tiene que contar con las fuerzas aerodinámicas, la seguridad de vuelco y de choques, y claramente el tamaño [23]. Entre los elementos que lo componen se encuentra las puertas, el techo, los guardabarros, el parachoques, las farolas o iluminación exterior, retrovisores, capó y el baúl.

3.1.3. Habítaculo

El vehículo tiene que contar con un espacio cómodo para el conductor y sus pasajeros, esto varía dependiendo el segmento al cual pertenece el automóvil y la calidad a la cual sea fabricado [23]. Las partes son:

El climatizador, panel interior de puertas, iluminación de la cabina, los cinturones, el suelo o la superficie, el retrovisor, etc.

3.1.4. Seguridad

Los sistemas de seguridad han venido creciendo por ley, algunos de estos sistemas son ABS, sensores mecánicos y electrónicos, pantallas, etc.

3.2. Baterías

Las baterías son necesarias para los vehículos eléctricos, ya que alimenta a todo el automóvil. Este componente consiste en almacenar la energía que es brindada por el cargador en forma de corriente continua. Si bien existe una amplia variedad de baterías, hay dos en especial que son altamente usadas en los VE, las cuales son Litio-ion y el Fosfato de Hierro y Litio (LiFePO4). La Litio-ion es muy eficaz debido a que no poseen efecto memoria (efecto el cual hacen que pierdan capacidad energética con una carga parcial reiterada [24]), puede soportar muchos ciclos de carga y son más duraderas; una desventaja es que ha tomado fama de incendiarse. Debido a eso, la LiFePO4 tiene características similares a la Litio-ion, pero debido al material de fosfato, las vuelve más segura respecto a la estabilidad térmica y química; también, contiene una mayor eficiencia de carga y de descarga [25].

Cada celda fabricada se conecta en serie-paralelo con las otras celdas que contenga las mismas características, para elevar la tensión y ampliar la capacidad de energía que puede almacenar; esta energía será entregada al motor eléctrico y de igual forma a otros componentes que necesite alimentación para su funcionamiento.

3.2.1. Geometría de celdas

Es importante identificar la geometría que la celda requiere para la construcción del módulo. Las geometrías más utilizadas son prismáticas, cilíndricas y tipo bolsa [26]. En las baterías eléctricas es importante tener en cuenta la disipación térmica, el rigor de la estructura, la cantidad de energía que cada celda puede acumular o también llamada densidad de empaquetado y, por último, pero no menos importante es el valor de fabricación.

El tipo de celda tiene una magnitud fundamental que impacta en las características de diseño al igual que la geometría, como el tamaño, el sistema de refrigeración y peso. Hay diferentes tipos de geometría, sus características se muestran en la Tabla (3.1).

Tabla 3.1: Geometría de baterías para vehículos eléctricos (Tomada de[26])

Geometría	Cilíndrica	Prismática	Tipo Bolsa
Imagen de referencia			
Disipación térmica	Poca área exterior, disipación pobre comparadas con las otras geométricas	Área externa mayor, disipación mayor	Área externa mayor, disipación mayor
Densidad de empaquetado	Pobre	Alta	Alta
Rigidez de la estructura	Robusta	Robusta	Vulnerable
Costo	Bajos en tamaños estandar	Altos costos	Costo Bajo

Otro aspecto aparte de la geometría es la densidad energética, que es conocida como la cantidad de energía y potencia que la celda fabricada almacena por unidad de volumen o masa, la densidad energética en parte está sujeto a los materiales y a la química necesaria que pueden ser usados en la construcción de las celdas mencionada. Los vehículos eléctricos necesitan que el tren motor eléctrico sea impulsado por un acumulador de energía que tenga la capacidad de aumentar la autonomía del auto baja emisiones y así mismo tener densidades energéticas altas, lo anteriormente mencionad es para que los vehículos fabricados tengan componentes con menor volumen y peso en

los sistemas desarrollados. En la Figura (3.1) se observa la relación de los diferentes componentes químicos que se pueden utilizar en la fabricación de las baterías junto con sus densidades. La densidad gravimétrica por volumen (Wh/l) se observa en el eje vertical, y como se puede notar la densidad es proporcional con el tamaño de la batería, es decir entre más alta la densidad el tamaño será menor. En el eje horizontal se observa la densidad energética por masa (Wh/kg), entre mayor densidad energética, el valor será más alto [26].

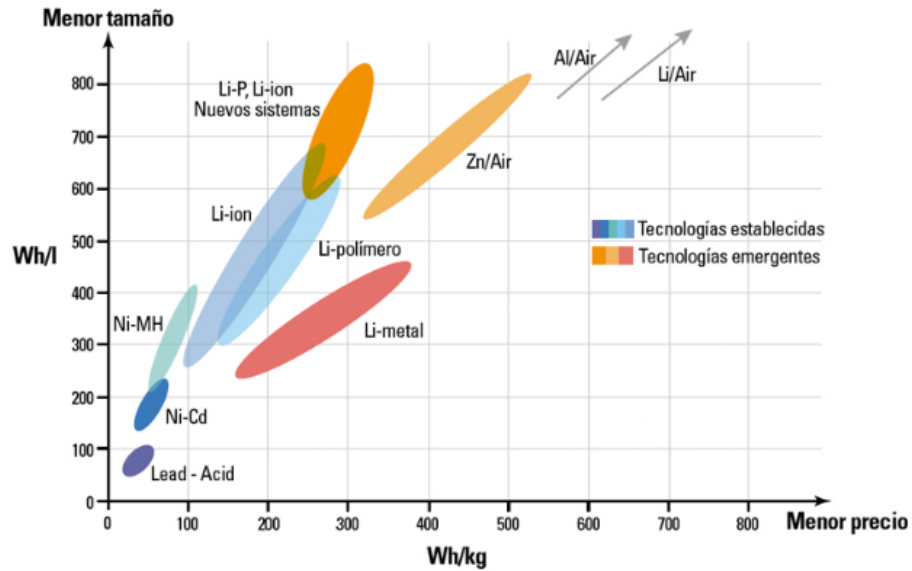


Figura 3.1: Densidades energéticas vs densidades gravimétricas (Tomada de[26])

A continuación, se muestra la densidad energética y gravimétrica de las baterías más usadas en la industria automovilística.

Tabla 3.2: Densidades de batería más usados en vehículos eléctricos (Tomada de[26])

Tipo de batería	Densidad energética [Wh/kg]	Densidad gavimétrica [Wh/l]
Niquel-cadmio [Ni-Cd]	40-60	150-230
Niquel-Hidruro metálico [Ni-MH]	60-120	210-410
Iones de litio [Li-ion]	100-250	270-680
Zinc-aire [Zn-air]	340-550	550-820

Para entender el proceso, es necesario entender que un conjunto de celdas de batería forma los módulos de batería, y un conjunto de estos módulos forman el paquete de batería. Las celdas de batería individuales son simplemente cartuchos metálicos que contienen un ánodo, un cátodo y un separador sumergidos en un fluido electrolítico. Se contempla en la Figura (3.2)

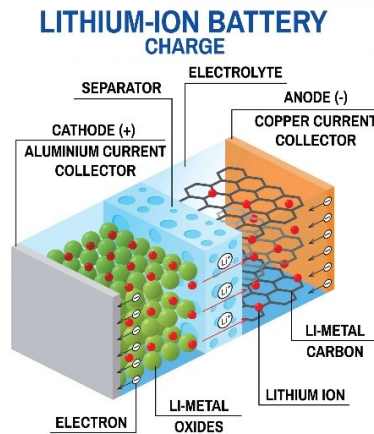


Figura 3.2: Esquema de la batería de iones de litio (tomada de [27])

Antes de que las celdas puedan ensamblarse en módulos, cada celda se somete a una verificación de fugas. El siguiente paso del desarrollo se basa en ensamblar las celdas de la batería en módulos de batería. Por lo general, hay alrededor de 12 celdas de batería por módulo de batería, el modelo y la marca permite que varíe según el automóvil. Los módulos se apilan dentro de un marco metálico. Este marco comprende la carcasa del módulo y protege las celdas de las cargas físicas de choque. El último paso en la fabricación del paquete de baterías es ensamblar los módulos en la carcasa del paquete de baterías. Este paso implica un número significativo de conexiones eléctricas y ajustes. Por ejemplo, el Nissan Leaf EV contiene 48 módulos de batería que están todos conectados entre sí a través de un equipo de control eléctrico [27].

3.3. Motores

Hay diferentes tipos de motores eléctrico al igual que los motores térmicos, los motores se pueden dividir en dos clases los cuales son los más se encuentran en el mercado, motor síncrono y motor asíncrono.

Cuando el rotor de motor va a una determinada velocidad y el campo magnético gira a la misma velocidad, es decir se encuentra sincronizados, se considera un motor síncrono; tiene un factor económico importante a los usuarios, las vibraciones son menores y tiene alta eficiencia. En el caso de los motores asíncronos, como se indica es que el rotor y el campo magnético no giran a la misma velocidad, debido a que el campo magnético esta unos grados por delante; a comparación con el motor síncrono, es que son más livianos y tu tamaño es menor, resiste sobrecargas con un alto rendimiento, sin mencionar el control de velocidad [28].

3.3.1. Tipos de motores eléctricos

Dentro de las clases mencionadas anteriormente, hay diferentes tipos de motores que tienen tales características, como se muestra a continuación:

3.3.1.1. Motor síncrono de reluctancia

Un motor que entra en la categoría de los síncronos es el de reluctancia, cuenta con fragmentos metálicos en el rotor, en el motor de reluctancia las bobinas son el medio por el cual la corriente conmuta. Las bobinas permiten que los polos del rotor se atraigan mediante un campo magnético giratorio creado que genera par.

El motor de reluctancia brinda niveles altos de potencia y par, en espacial a velocidades altas, además que son económicos y muy robustos. Así mismo, cuando se encuentra en velocidades bajas la eficiencia va a disminuir, el ruido que generan es mayor y el par no es constante, por eso tiene que ser modificada electrónicamente [28].

3.3.1.2. Motor de imanes permanentes (Síncrono)

Uno de los más fáciles de abarcar y comprender. El motor figura mediante un estator bobinado y un rotor con imanes permanentes. El voltaje es enviado por el controlador hacia las respectivas bobinas que se encuentran en el

estator, para que permitan establecer un campo magnético a cada una de las bobinas. Para un mayor rendimiento tienes que estar muy pegadas.

El rotor cuenta con su propio campo magnético, este dispone a estar a la misma velocidad que el campo magnético del estator. El controlador envía un voltaje AC al estator, lo que permite que los campos magnéticos estén girando en el interior del motor [29].

3.3.1.3. Motor de inducción o asíncrono

El funcionamiento del estator de un motor de inducción es semejante al de un motor de imanes permanentes. El rotor no es diseñado mediante imanes permanentes, si no utilizan láminas de metal que se encuentran en una jaula, o usualmente referenciado como Jaula de Ardilla. Se genera una señal trifásica mediante el controlador que recibe el estator del motor, y dicho estator crea un campo electromagnético que permite rotar en él [29].

A continuación, se muestra las partes de un motor eléctrico fabricado por la empresa Audi , lo que permite ver como viene acoplado. Figura (3.3)

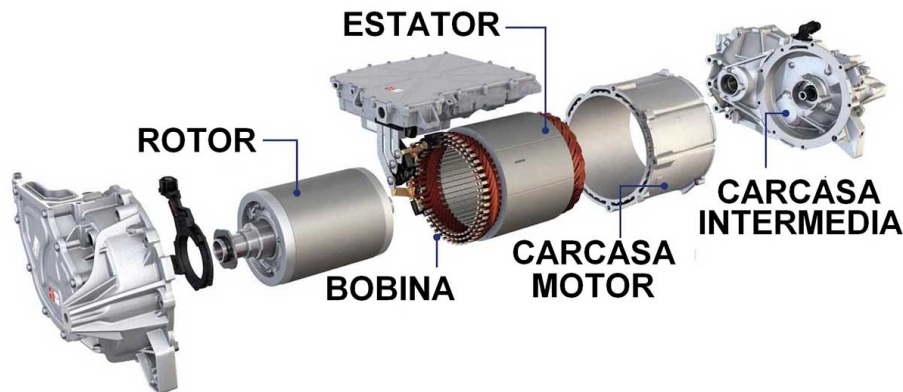


Figura 3.3: Partes del motor (Tomado de [30])

3.4. Controladores

En los vehículos eléctricos se pueden encontrar diferentes controladores, de diferentes marcas y características distintas. A continuación, se muestra algunos controladores y su funcionamiento. El controlador marca Tesla Controlador de unidad de accionamiento Tesla T2-C de EV Controls: El T2C permite el control con botones de los modos de conducción (Directa, punto muerto, marcha atrás) y salidas para controlar las luces de freno/regeneración, las luces de marcha atrás, los contratistas, el control del ventilador de refrigeración y las luces indicadoras de conducción [31].

También se tiene el Sevcon Gen4 DC 36-48V 550A es compatible con una amplia gama de motores, incluidos motores de excitación separada (SEM) y motores con escobillas de imanes permanentes. Limitación de velocidad de descenso en pendiente (con/sin sensor de velocidad), control de par real, operación de vigilancia a prueba de fallas de hardware y software, función de precarga de condensador integrada [32].

Otro controlador viene siendo de la marca Curtis Controlador HPEVS Curtis: Las características incluyen frenado regenerativo, así como una función de ralentí. A 48 Volts, hace un sistema de bajo voltaje más seguro que le dará muchas millas VE confiables [33].

3.5. Convertidores DC-DC

Por parte de los convertidores dc/dc que nos permite convertir la energía de CC de mayor voltaje del paquete de baterías de tracción en la energía de CC de menor voltaje necesaria para hacer funcionar los accesorios del vehículo y recargar la batería auxiliar. En la industria se puede encontrar algunos ejemplos [34].

Convertidor CC/CC CUI PYBE20 que cuenta con una salida aislada de hasta 20 W, distribución de clavijas estándar de la industria, rango de entrada 4:1 (18 75 V CC), salidas reguladas simples/dobles, aislamiento de 1500 V CC y protección continua contra cortocircuitos [35].

Convertidores CC-CC ElCon de 48-320 V a 12 V 500 W - 1000 W diseñado para suministrar energía bajo voltaje de VE. El producto no solo tiene alta eficiencia, tamaño pequeño, alta estabilidad, larga vida útil y otras ventajas, sino que también tiene un alto grado de protección. Su protección altamente confiable y completa y otras características son ideales para el suministro de energía de bajo voltaje del vehículo eléctrico[36].

3.6. Mecanismos para evaluar capacidad tecnológica

Con el fin de establecer mecanismos para evaluar la capacidad tecnológica del país a todo profesional relacionado con el entorno de los vehículos eléctricos, se realiza un análisis sistemático tecnológico hacia la literatura de los vehículos eléctricos. Un análisis sistemático permite examinar y entender la investigación realizada hacia un tema en específico, u objeto de estudio [37]. El análisis cuenta con varias etapas, primero se enfocara en extraer gran cantidad de artículos/ documentos/ revistas/ libros de la literatura del tema buscado; para elegir adecuadamente la información a extraer se realiza una planificación en la indagación, filtrando la búsqueda con palabras claves que se relacione con el tema tratado, revisar el resumen del documento con el fin de entender el enfoque de la información encontrada y si está relacionada al tema tratado, por último revisar la referencia de los documentos tratados para observar si tiene relevancia con el tema específico [37].

Capítulo 4

Diseño Metodológico

4.1. Fases y Metodología

El presente proyecto como ya se ha mencionado anteriormente tiene como finalidad la investigación del estado tecnológico para el diseño de un vehículo eléctrico del segmento A, recolectando datos de referencias bibliográficas para la obtención de información que permita establecer si el país se encuentra en una buena etapa o no en un diseño de EV. Para ello la investigación se divide en 3 fases.

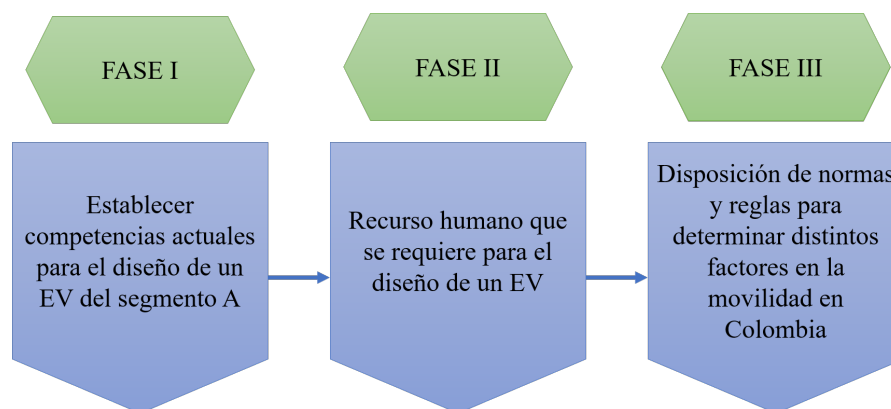


Figura 4.1: Metodología

La primera fase se basa en establecer las competencias actuales en el diseño de un vehículo eléctrico de los ingenieros situados en ensambladoras o cualquier otra labor correspondiente a vehículos en Colombia, también a estudiantes que se encuentren cursando la modalidad de posgrado en la facultad de ingeniería electrónica. La segunda fase es identificar el recurso humano que se requieren para el diseño de estos autos eléctricos del segmento A en territorio nacional.

En la tercera fase se analizará la disposición de las normas o reglas en Colombia que permita determinar factores como movilidad, beneficios o ayudas para la incentivar en la realización de VE; también se analizará la infraestructura actual para la ocupación de estos autos en el país.

4.2. Cronograma

Tabla 4.1: Cronograma

[illegible]

Capítulo 5

Desarrollo Conceptual

El recurso humano requerido para el diseño de un vehículo eléctrico son aquellas personas que se hacen cargo de un rol en específico, capaz de cumplir con lo establecido en sus competencias [38]. Debido a eso es importante identificar que profesiones o disciplinas son necesarias.

5.1. Disciplinas relacionados con los vehículos eléctricos

Se realizó una consulta de los empleos que el área de vehículos eléctricos requiere para su diseño y fabricación, también se incluyó el encargado de establecer las estaciones de carga.

5.1.1. Diseñador Industrial

Un diseñador industrial desarrolla conceptos y planos para productos, incluidos los vehículos eléctricos. Confían en su experiencia en ingeniería y en su creatividad para crear diseños de diferentes modelos de vehículos y diseñar componentes individuales como guardabarros, puertas, espejos y faros. Los diseñadores industriales también crean y prueban prototipos. Colaboran con ingenieros automotrices para crear diseños de vehículos eléctricos eficientes, innovadores y visualmente atractivos [39].

5.1.2. Ingeniero Mecánico

Los ingenieros mecánicos desarrollan y prueban vehículos eléctricos. Ayudan con el diseño inicial de cada vehículo y supervisan la producción de piezas. Los ingenieros mecánicos también desarrollan los sistemas térmicos que necesitan los vehículos eléctricos para funcionar. A menudo, utilizan aplicaciones de software avanzadas para crear modelos 2D y 3D, analizar planos y solucionar posibles fallas de diseño [40].

5.1.3. Técnico en mecatrónica

Los técnicos en mecatrónica son profesionales automotrices que tienen experiencia transversal trabajando en varias áreas, que incluyen ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica e ingeniería de software. Su amplio conjunto de habilidades les permite trabajar en una amplia variedad de proyectos en la industria del automóvil eléctrico. Los técnicos en mecatrónica a menudo ayudan con el diseño general de los vehículos eléctricos, así como con el desarrollo de los componentes del tren de potencia. También pueden supervisar el ensamblaje de piezas robóticas [41].

5.1.4. Ingeniero Eléctrico

Los ingenieros eléctricos ayudan a diseñar, seleccionar e implementar las baterías que alimentan los vehículos eléctricos. También prueban paquetes de baterías, crean arneses de cables para múltiples funciones, desarrollan soluciones de carga de vehículos eléctricos y elaboran planos eléctricos de todo el sistema del vehículo. Los ingenieros eléctricos a menudo participan en pruebas de control de calidad para garantizar que cada componente de los vehículos eléctricos funcione correctamente [42].

5.1.5. Ingeniero Electrónico

Los ingenieros electrónicos son fundamentales para el vehículo eléctrico, teniendo aspectos importantes en el diseño de la batería, el motor y el sistema de control como lo son frenos regenerativos y ABS, el diseño de BMS, BMT y el sistema de carga de la batería. También, estudia nuevos componentes electrónicos para el vehículo [43].

5.1.6. Técnico en carrocería

Los técnicos de carrocería reparan vehículos dañados. Reparar marcos de automóviles, abolladuras, suspensiones, ventanas y ruedas. Estos profesionales automotrices generalmente se enfocan en reparar el exterior, las partes no mecánicas de los automóviles, lo que significa que pueden trabajar tanto en vehículos eléctricos como tradicionales. Los técnicos de carrocería trabajan con los clientes para proporcionar estimaciones de costos y comunicar actualizaciones sobre el cronograma de cada reparación [44].

5.1.7. Topógrafo del sitio

Los inspectores del sitio identifican y analizan posibles ubicaciones para instalar estaciones de carga para los VE. Usan datos para tomar decisiones estratégicas sobre dónde ubicar cada una de estas ubicaciones para garantizar que las personas que poseen vehículos eléctricos tengan acceso a ellas. También brindan sugerencias para mejorar la utilización del cargador, generar informes y compartir sus hallazgos con las partes interesadas clave [44].

5.1.8. Ingeniero Químico

Los ingenieros químicos a menudo trabajan en baterías para vehículos eléctricos. Utilizan sus conocimientos de química para evaluar el diseño, fabricar celdas de iones de litio y ensamblar paquetes de baterías. Los ingenieros químicos también trabajan con los fabricantes de automóviles para determinar las formas más seguras de reciclar las baterías usadas y otros materiales [44].

5.1.9. Ingeniero de Comunicaciones

Los ingenieros de comunicaciones crean firmware que administra el sistema de batería de los vehículos eléctricos. También son responsables de diseñar el sistema de infoentretenimiento e integrar la electrónica de potencia en cada vehículo. Además de esto, los ingenieros de comunicaciones fabrican e instalan sensores de vehículos [44].

5.1.10. Ingeniero de Software

Los ingenieros de software diseñan e implementan sistemas de software que respaldan la tecnología que se encuentra en los vehículos eléctricos. Utilizan lenguajes de programación, códigos y algoritmos para desarrollar funciones avanzadas, como estacionamiento automático y asistencia de carril. Los ingenieros de software también prueban estos programas tecnológicos, solucionan problemas y desarrollan actualizaciones [44].

5.2. Revisión Sistemática de la Literatura

Como se mencionó en las secciones anteriores, se realiza una revisión sistemática de la literatura, que permite evaluar la investigación de un tema en específico, mediante métodos de búsqueda y revisión de datos encontrados, permitiendo reducir los caminos en la investigación realizada y teniendo un enfoque más concreto en la información a obtener.

5.2.1. Planeación de la revisión

Se define el tema de investigación mediante la pregunta problema, el sistema de búsqueda el cual facilitará la obtención de artículos necesarios, posteriormente se realiza la búsqueda teniendo en cuenta los criterios de selección de información.

5.2.1.1. Pregunta problema

El tema de la investigación se basa en la siguiente pregunta ¿Cómo se diseña y fabrica un vehículo eléctrico de baterías del segmento A?

5.2.1.2. Sistema de búsqueda

Inicialmente se establece las páginas o las bases de datos en donde se indagará o buscará los artículos relacionados a la pregunta problema; las bases de datos seleccionadas son:

- Scopus
- ScienceDirect
- IEEE Xplore
- SpringerLink
- JSTOR
- Google Scholar

Con las bases de datos establecidas se procede a filtrar la búsqueda mediante palabras clave, estas palabras se unirán mediante conectores booleanos “AND” y “OR”, las palabras que se tuvieron en cuenta son:

- Vehículo eléctrico
- Diseño
- Fabricación
- Batería eléctrica
- Convertidor
- Motor
- Transformador
- Cargador

5.2.1.3. Criterio de selección

Al momento de realizar la búsqueda y obtener la información, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- El título del documento/artículo tiene que estar relacionado al diseño y/o fabricación de alguna parte o componente a los vehículos eléctricos.
- Se excluyo todo tipo de documento que solo tenga información de fabricación de vehículos con sistema de propulsión combustión interna (ICE) y celda de combustible (FCEV).

5.2.2. Desarrollo de la revisión

Se realiza el paso a paso mencionado en la planeación de la revisión.

5.2.2.1. Método de búsqueda

Se realiza el procedimiento de la extracción de la información en las bases de datos mencionadas .

1. Se emplearon los conectores booleanos “AND” y “OR” con las palabras mencionadas en el “sistema de búsqueda”.
2. Se buscaron títulos y resúmenes de los documentos/artículos que tengan relación con la fabricación de vehículos eléctricos; si concordaban, se descargaban.
3. Se realizó lectura del texto completo en cada documento/artículo resaltando los conceptos con los cuales fabrican los vehículos eléctricos.
4. Se extrajeron los conceptos para analizarlos en el software Atlas.ti

5.2.2.2. Revisión de datos

La revisión de los datos se realizó mediante un análisis en el software ATLAS.ti. Se cargaron todos los documentos extraídos de las bases de datos, posteriormente se establecieron los conceptos con más enraizamiento y densidad entre los artículos cargados al software, para establecer las capacidades más necesarias en la fabricación de vehículos eléctricos.

5.2.3. Interpretación y presentación de resultados

Se obtiene el resultado de la metodología planteada, mediante la revisión sistemática de literatura, teniendo en cuenta que en la sección de “planeación de la revisión” se determinaron a Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore, Springer Link y Google Scholar como las bases de datos en donde se realizó la búsqueda de los documentos/artículos relacionados con la pregunta problema, insertando palabras clave en la barra de búsqueda mediante conectores booleanos.

Se obtuvieron 100 documentos/artículos de las bases de datos mencionadas. Se realizó un gráfico de burbuja donde se observa la cantidad de documentos por año que se obtuvieron, teniendo el 2022 como el año donde se encontraron más referencias de conocimientos hacia los vehículos eléctricos. El gráfico se observa en la Figura (5.1)

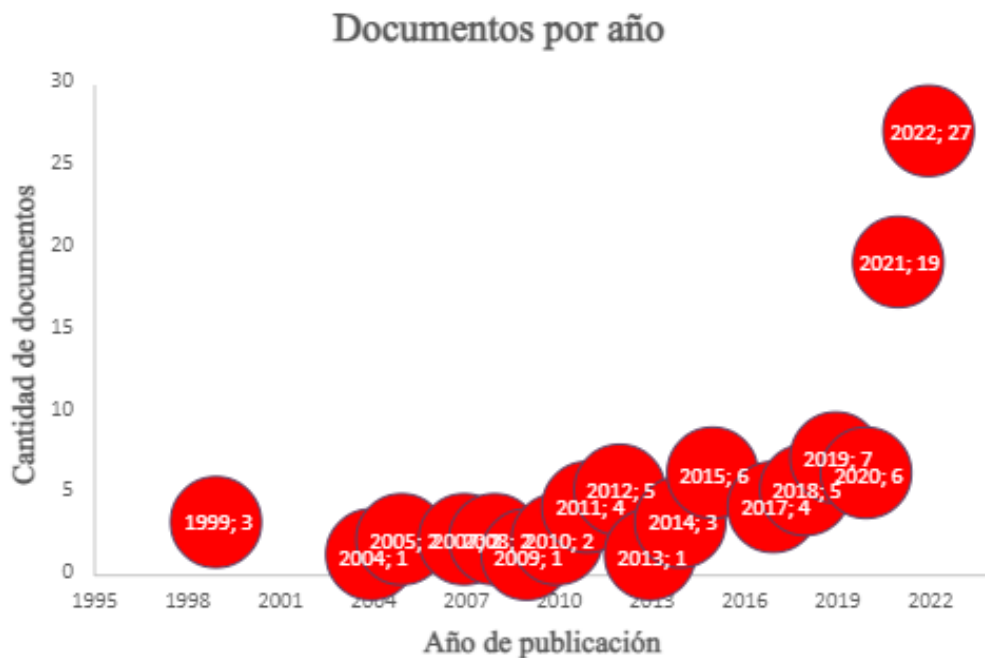


Figura 5.1: Documentos por año

Teniendo en cuenta los criterios de selección y realizando un análisis más profundo en la revisión de cada documento seleccionado, se determinaron 84 documentos de los 100 escogidos por medio de los criterios mencionados, en donde en esos 84 documentos se realizaron grupos de códigos para separar los conocimientos en diferentes secciones.

Se realizó un gráfico, en el cual se permite ver el número de citas o referencias por documento que se codificó en el software Atlas.ti, donde se observa que hay documentos que cuenta con una mayor cantidad de información respecto al tema de investigación. En la figura (5.2) se observa la cantidad de referencias de los primeros 42 documentos y en la figura (5.3) se observa la cantidad de referencias de los otros 42 documentos. Los 84 documentos se pueden encontrar en la sección de anexos (8.1).



Figura 5.2: Referencias por documento 1-42



Figura 5.3: Referencias por documento 43-84

De igual manera, después de establecer los grupos de código, se realiza una revisión al plan de estudio de las universidades colombianas para determinar si hay similitud en las competencias obtenidas en la RSL. Las universidades tenidas en cuenta son:

1. Universidad Antonio Nariño
2. Universidad Autónoma
3. Universidad El Bosque
4. Universidad Católica
5. Universidad Central
6. Universidad Distrital

7. Universidad EAN
8. Universidad ECCI
9. Universidad Javeriana
10. Universidad Julio Garavito
11. Universidad Libertadores
12. Universidad Libre
13. Universidad Rosario
14. Universidad Sabana
15. Universidad Salle
16. Universidad Santo Tomas
17. Universidad Tadeo

5.3. Competencias

Parte del objetivo general es identificar las capacidades tecnológicas del país, las cuales se puede definir como “*conocimientos para mejorar y generar nuevas tecnologías*” [45]. Ahora, los conocimientos son fundamentales en las competencias de un ingeniero electrónico, debido a que muestra las habilidades obtenidas en su desarrollo profesional.

Sergio Tobón define las competencias como: “*procesos generales contextualizados, referidos al desempeño de la persona dentro de una determinada área del desarrollo humano*” [46]. Para redactar las competencias de un ingeniero electrónico en el área de diseño de los vehículos eléctricos, se requiere una debida estructura en composición de las competencias; se puede determinar por medio del Sistema Institucional de Evaluación de los Aprendizajes (SEA)[47], el cual expone que las competencias están constituidas por elementos como: conocimientos, habilidades de pensamiento, habilidades de destreza y actitudes. Estos elementos son redactados mediante un verbo, un objeto y una finalidad.

Usualmente las empresas productoras de VE no exponen las competencias que buscan en un ingeniero, pero muy pocas de ellas exhiben virtualmente las vacantes que necesitan para su equipo de profesionales, entre esa información enuncian los requerimientos y habilidades con que el profesional debe contar. Un ejemplo de estas empresas son: Tesla y BMW, las cuales publican los requerimientos que necesitan para contratar. Dentro de los requerimientos se encuentran:

- Habilidades de programación en C integrado
- Habilidades de ingeniería de software, una o más de Python, C ++ y Bash
- Experiencia en esquemas de velocidad-par del tren motriz
- Dominio en el uso de Revit, AutoCAD y Navisworks
- Experiencia en el campo de la instrumentación y controles o trabajando con un fabricante de controles
- Aplicación de varios métodos de análisis
- Experiencia en el campo de la electroquímica y posibilidades de caracterización de materiales de baterías eléctricas.
- Completó con éxito la capacitación como asistente de laboratorio químico

5.4. Marco regulatorio

Parte de la evaluación de las capacidades tecnológicas del país para el diseño de un vehículo eléctrico, es la revisión del marco regulatorio que el gobierno nacional tiene en su constitución con todo lo relacionado a los VE, como lo puede ser el despliegue de su uso, la fabricación a nivel de infraestructura y beneficios hacia los usuarios. Para establecer el apoyo del gobierno colombiano, se revisará los documentos del marco regulatorio nacional que estén involucrados con vehículos eléctricos. Los documentos a revisar son:

1. Decreto 677 de 2011 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.: Este decreto acoge el uso de los vehículos eléctricos mediante medidas en la capital colombiana.
2. Decreto 407 de 2012 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.: Varia el decreto del 2011 asignando a la secretaria de ambiente y movilidad funciones para que sean habilitadas empresas en la prestación del servicio de transporte de vehículos con propulsión exclusivamente eléctrica.
3. Resolución 324 de 2012 Secretaría Distrital de Movilidad: Esta resolución destina 31 matrículas a transportes de servicio público, mencionando que no se pueden transferir la matrícula entre vehículos para que puedan tener los beneficios.
4. Decreto 376 de 2013 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.: Este decreto aumenta el tiempo del proyecto piloto de taxis eléctricos generado en 2011.
5. Acuerdo 619 de 2015 Concejo de Bogotá, D.C.: Establece puntos de carga para vehículos cero emisiones e híbridos, para fomentar el uso de estos automóviles en la capital colombiana.
6. Acuerdo 732 de 2018 Concejo de Bogotá, D.C.: Hace énfasis en el cambio que del sector transporte masivo de Bogotá a sistemas eléctricos para mejorar la contaminación en el aire.
7. Ley 1964 de 2019 Congreso de la República de Colombia: Esta ley presenta un resumen de promoción hacia la compra de vehículos eléctricos
8. Concepto 1260 de 2019 Secretaría Distrital de Hacienda: Establece impuestos hacia los vehículos eléctricos.
9. Circular 006 de 2020 Secretaría Jurídica Distrital: Insiste en la información decretada en la Ley 1964 de 2019 que promueve el uso de VE en Colombia.
10. Resolución 202030 de 2020 Ministerio de Transporte: Establece el formato FUR y la revisión técnico mecánica.
11. Resolución 40223 de 2021 Ministerio de Minas y Energía: Se enfoca en la infraestructura de cargadores eléctricos para el uso de vehículos cero emisiones e híbridos.

Es importante examinar cada documento más afondo, para identificar si el gobierno apoya la infraestructura de vehículos eléctricos, debido a que es un factor importante para que los empresarios con proyecciones a la elaboración de los automóviles bajas emisiones tengan una “motivación” para producirlos.

Un claro ejemplo donde el gobierno de un país apoya la infraestructura es Estados Unidos, el presidente actual Joe Biden firmo la Ley de Reducción de la Inflación de 2022. Esta ley aprobada, se convierte en un apoyo a todas las fuentes de energía renovable que permiten la reducción de emisiones contaminantes.

Según la ley mencionada anteriormente, el ingreso que recibe el Estado se destinará hacia la producción de procesamiento de materiales críticos, paneles solares, turbinas eólicas y baterías eléctricas. Asimismo, se reparten 10.000 millones de dólares en ingresos del Estado a la inversión de infraestructura que ayuden a la fabricación de los vehículos eléctricos, y a fuentes de energía renovables como paneles solares y turbinas eólicas. [48] Estados Unidos muestra un claro interés en instalaciones para la fabricación de estos VE.

Otro país pionero en la fabricación de vehículos eléctricos es China, a diferencia de otros países, tienen mentalidad competitiva respecto a productos tecnológicos. Renunciaron a la fabricación de vehículos a combustión interna [49], porque la competencia europea y norte americana era fuerte, debido a la situación enfocaron sus recursos a la infraestructura de los VE. Aun así, el gobierno chino ha impulsado a los fabricantes chinos a seguir produciendo y mejorando los carros de baja emisión, *"Los subsidios gubernamentales del gobierno central chino para automóviles eléctricos con autonomía de 400 kilómetros y más se reducirán a la mitad de 50,000 a 25,000 yuanes (29,399,776 a 14,699,888 pesos)"* [50], muestra como independientemente se estan acortando los subsidios o beneficios, el gobierno chino ha tenido la intención de ayuda la infraestructura de estos vehículos.

Capítulo 6

Resultados y Discusión

6.1. Revisión Sistemática de Literatura

Los grupos de códigos mencionados en la *Interpretación y Presentación de Resultados* se realizaron basados en las diferentes partes o secciones que compone un vehículo eléctrico, como los motores, baterías, chasis, transmisión y control; de igual manera se realizaron grupos que no tuvieran que ver solo con partes del automóvil, sino que también, grupos que contribuyen en la elaboración de un diseño, como lo es un software, todos los conocimientos fundamentales de la electrónica de potencia, modelos matemáticos que permita resolver problemas físicos o computacionales, algoritmos que faciliten el funcionamiento computacional y el BMS que es fuente clave en el sistema de propulsión de un VE. En la Figura (6.1) se ve reflejada que el grupo que más domina son los motores con un 21 %, seguido de las baterías 20 % y el chasis 16 %, como los grupos que más presenciaron relevancia en la investigación RSL. En la tabla (6.1) se observa el grupo con más códigos asignados durante todo el análisis RSL.

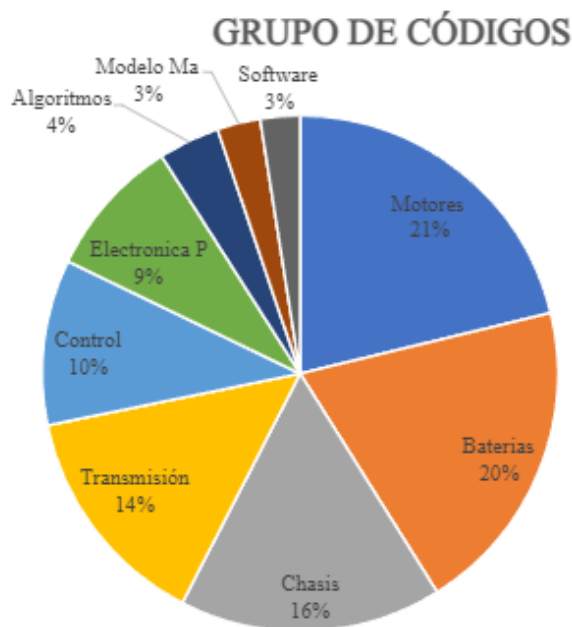


Figura 6.1: Grupo de códigos

Tabla 6.1: Grupo de códigos

Grupo de Códigos	Cantidad de Códigos
Motores	94
Baterías	89
Chasis	72
Transmisión	63
Control	46
Electrónica Potencia	40
Algoritmos	17
Modelo matemático	12
Software	11

A partir de generación de los grupos de códigos en el software Atlas.ti, se asignaban los códigos emergentes de la lectura y revisión a los grupos que mejor representaban. La cantidad de códigos que se generaron mediante la RSL fue de 448, teniendo en cuenta que se evitaron repetir códigos con otro nombre diferente; en la tabla (6.2) se muestran los 15 códigos con más enraizamiento, es decir, la cantidad de veces que se citó en los 84 documentos.

Tabla 6.2: Enraizamiento

Código	Enraizamiento
Convertidor CC/CC	48
Densidad de potencia	43
Densidad de energía	28
Matlab	27
Control lógica difusa	26
Estado de carga (SOC)	23
Análisis elementos finitos (FEM)	22
Controlador PI	18
Densidad de flujo	18
Par-velocidad	16
Entrehierro	16
Control óptimo	14
Ciclos de conducción	13
Convertidor AC/DC	13
Ciclo de vida	11

Para mostrar gráficamente los conocimientos respecto a cada grupo de código realizado, se expone mediante una red semántica la cual se define como “*una técnica de representación de información que permite expresar gráficamente esquemas de conocimiento a través de las asociaciones que un concepto establece con otros.* [51]” En el software Atlas-ti, la red semántica se puede llevar a cabo mediante la función Red Neuronal, la cual permite visualizar y conectar elementos relevantes en la investigación efectuada. Estos elementos vienen siendo los códigos que se llevaron a cabo en la RSL.

- Como transcurso de la codificación en los 84 documentos, el grupo con más códigos atribuidos fue el de Motor que se observa en la Figura (6.2), se aprecia la red semántica del grupo Motor, el cual muestra la densidad de potencia (que fue de los códigos con más enraizamiento) entre otras derivaciones de las densidades que se requiere para la fabricación de un motor eléctrico, también se observa la magnitud de Par y sus derivados. En la tabla (8.1) (Anexos) se encuentra todos los códigos asignados al grupo motor con su respectivo enraizamiento.
- El segundo grupo de código con más citas asignadas mediante la revisión RSL de los 84 documentos fue la Batería. La red semántica se aprecia en la Figura (6.3), se observa los derivados de la densidad para la fabricación de baterías eléctricas, la potencia nominal y la máxima, la capacidad química como fundamento para la fabricación de baterías, entre otros conocimientos a tener en cuenta; cabe resaltar la importancia de los convertidores CC/CC, ya que hace referencia al cargador de baterías. En la Tabla (8.2) [Anexos] se observa los códigos asignados al grupo de Baterías con su enraizamiento correspondiente.
- El tercer grupo de código con más citas asignadas fue el de Chasis. Es importante tener en cuenta las resistencias que intervienen en el movimiento de los vehículos, como la resistencia aerodinámica, fricción y la de rodadura, ya que son las que se oponen a los movimientos del vehículo. La red semántica se observa en la Figura (6.4), y los códigos asignados al grupo de Chasis se encuentran en la Tabla (8.3) (Anexos) con su enraizamiento correspondiente.

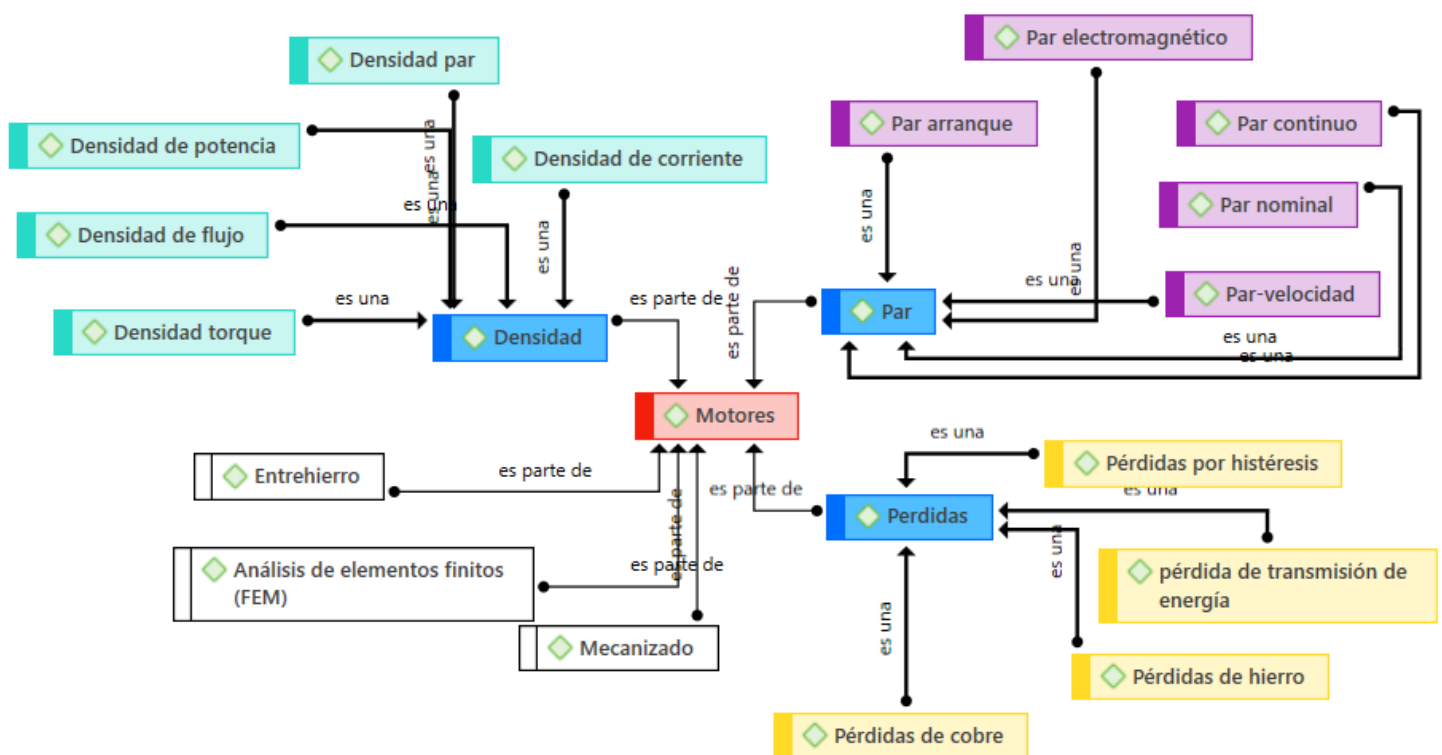


Figura 6.2: Red semántica de grupo Motor

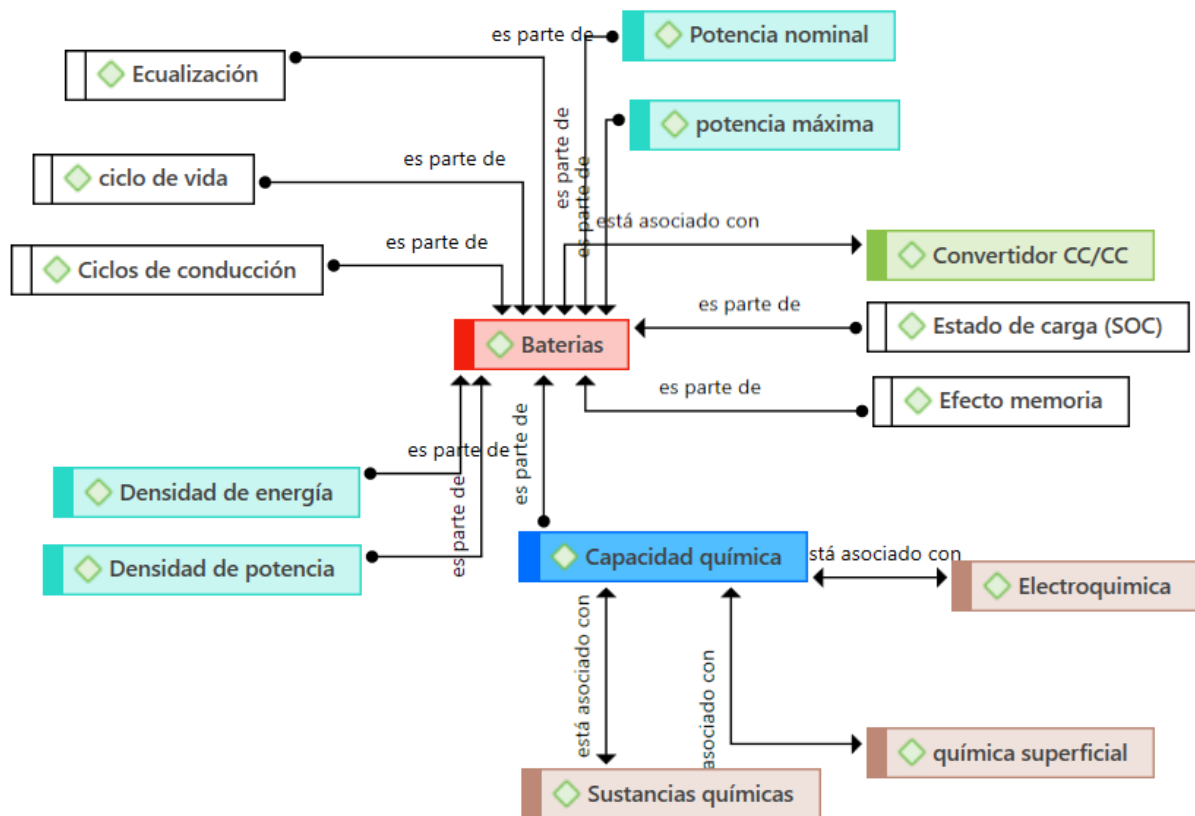


Figura 6.3: Red semántica de grupo Baterías

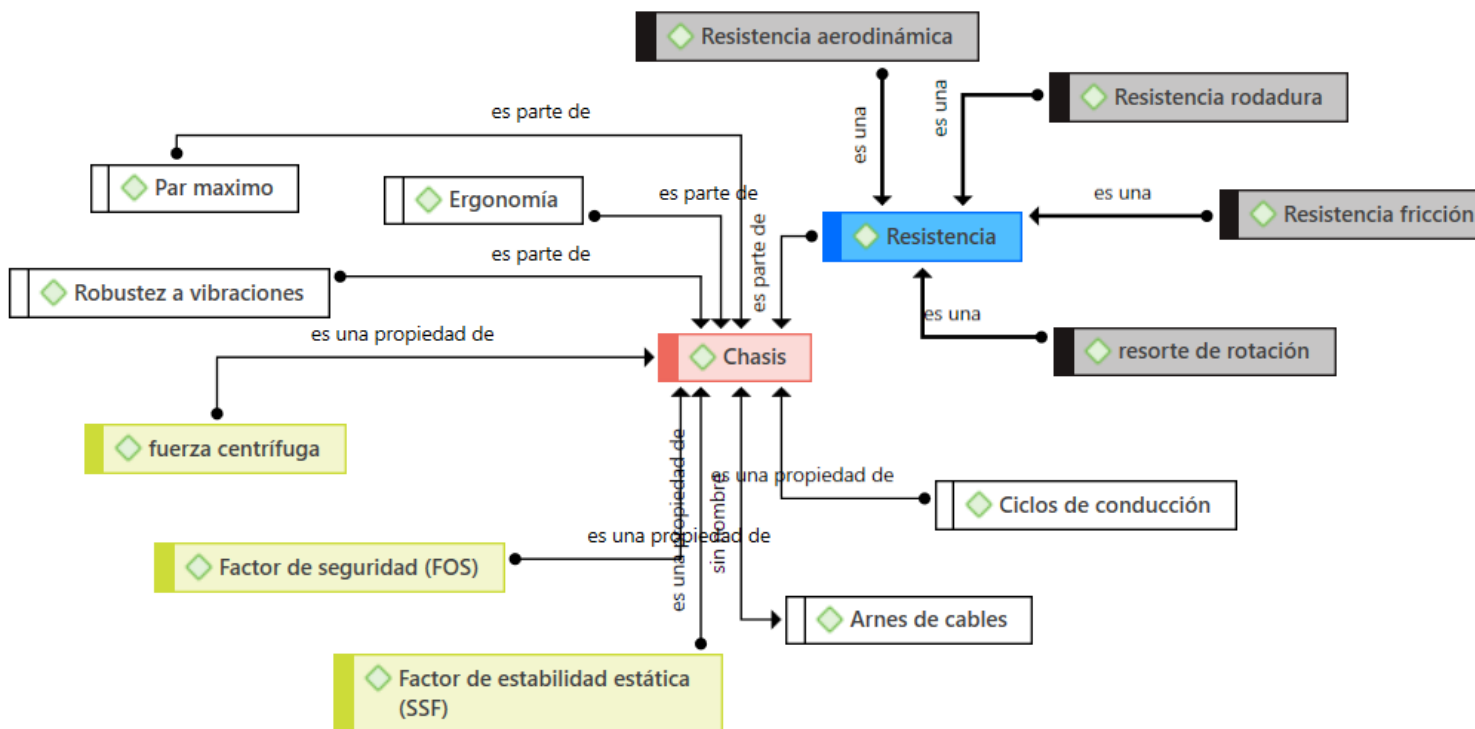


Figura 6.4: Red semántica de grupo Chasis

- El cuarto grupo de código con más citas asignadas mediante la RSL de los 84 documentos fue el de Transmisión, este grupo presenta como disposición conocimientos en áreas en sistemas térmicos, sistemas dinámicos, sistema de frenos y sistemas de control. Ahora es importante resaltar las diferentes transmisiones, como lo son: la transmisión continuamente variable, transmisión de engranajes fijos, transmisión de doble embrague; en la transmisión también se tiene que tener en cuenta la magnitud Par y sus derivados. La red semántica se observa en la Figura (6.5) y en la Tabla (8.4) (Anexos) se aprecia los códigos asignados al grupo de transmisión con su respectivo enraizamiento.
- Mediante la RSL se determinó el Control como el quinto grupo con más citas asociadas con el 10% de información encontrada, teniendo el control de lógica difusa como la cita que más predomina este grupo, seguido del controlador proporcional integral (PI), códigos como control óptimo y control predictivo son muy usados en la fabricación de controladores para el vehículo eléctrico, aunque no lo parezca, los ciclos de conducción y el Par-velocidad tienen mucha relevancia en las estrategias de control. La red semántica se observa en la Figura (6.6) y en la Tabla (8.5) (Anexos) se aprecia los códigos asignados al grupo de Control con su respectivo enraizamiento.
- La electrónica de potencia es fundamental en la fabricación de los EV, por eso es el sexto grupo con más codificaciones mediante la RSL. Los convertidores de potencia tienen múltiples funcionamientos en los vehículos eléctricos, como lo es energizar los diferentes componentes electrónicos ya sea un sistema de seguridad, iluminación, sensores, etc. También está la alimentación del BMS que maneja la carga y descarga de la batería [52]. Otro componente necesario es el inversor de potencia, el cual es el encargado de convertir la energía continua de la batería, a corriente alterna que requiere un motor eléctrico; si el diseño del vehículo tiene frenado regenerativo, el mismo inversor se encarga de transformar la energía AC proveniente del motor, a energía DC para cargar la batería. En la Figura (6.7) se muestra algunas competencias de la electrónica de potencia.

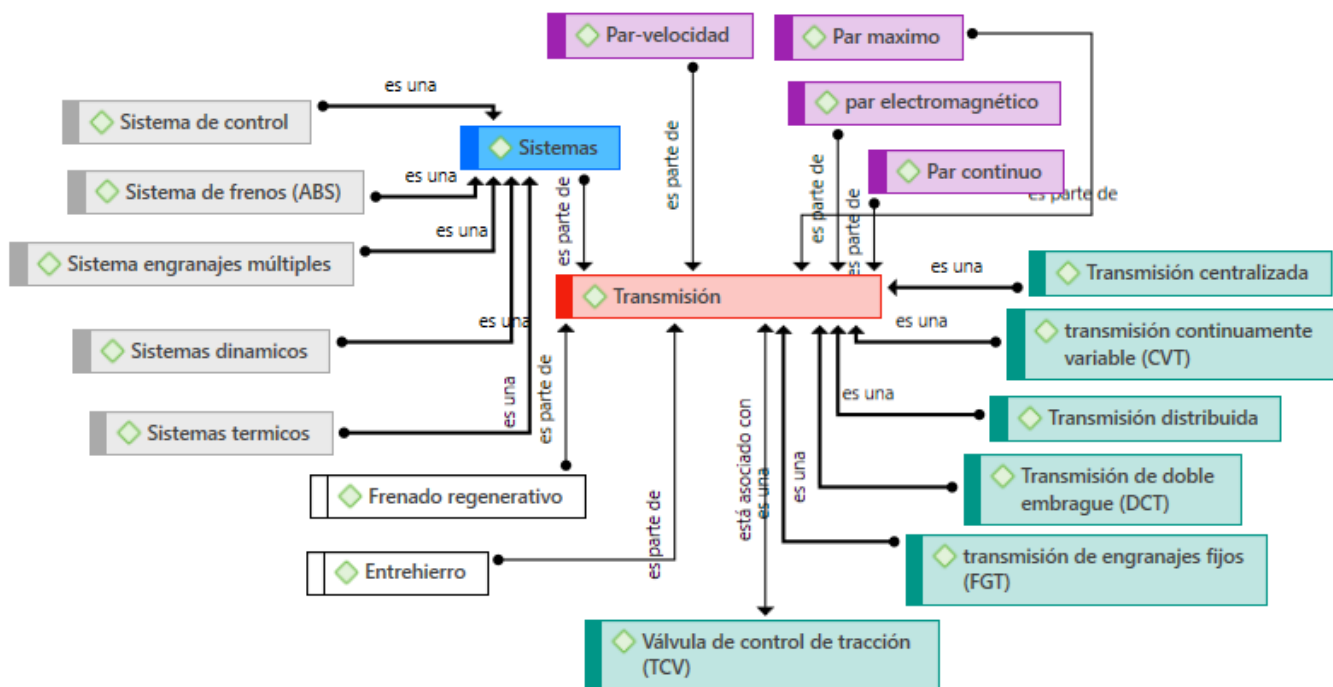


Figura 6.5: Red semántica de grupo Transmisión

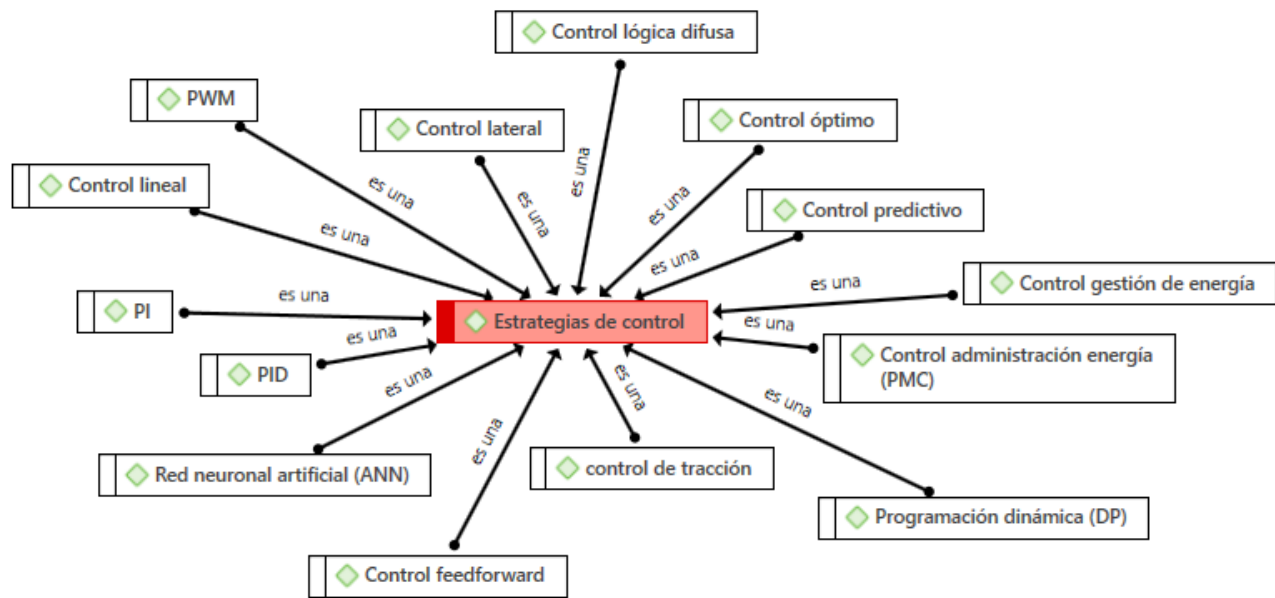


Figura 6.6: Red semántica de grupo Control

- Los otros grupos de códigos que se le realizaron una red semántica mediante la función red neuronal de Atlas.ti fueron “Algoritmos”, “Software” y “BMS”. Estos grupos, aunque no muestran tantos códigos asignados, no dejan de ser fundamentales para la fabricación de los carros baja emisiones; los algoritmos son necesarios para que las diferentes funciones del vehículo sean ejecutadas por instrucciones ya definidas, pero la función principal está relacionada con el grupo BMS, debido a que su enfoque abarca las diferentes áreas de la batería, ya sea su carga y descarga, gestión de la energía, incluso en la degradación o envejecimiento de la batería.
- El grupo de software es donde se ubican las aplicaciones para realizar pruebas, diseños, algoritmos, simulación, etc., de las diferentes áreas de control que necesita el vehículo. Una competencia necesaria que involucra diferentes grupos es el método de Análisis de Elementos Finitos (FEM) entre ellos el grupo BMS, ya que permite modelar todo tipo de estructura [53]; el BMS como se mencionó, abarca mucho las necesidades de la batería como lo es el estado de salud (SOH), la protección y seguridad, equalización, gestión eléctrica y térmica. En la Figura (6.8), (6.9) y (6.10) se muestra la red neuronal del grupo Algoritmos, Software y BMS respectivamente

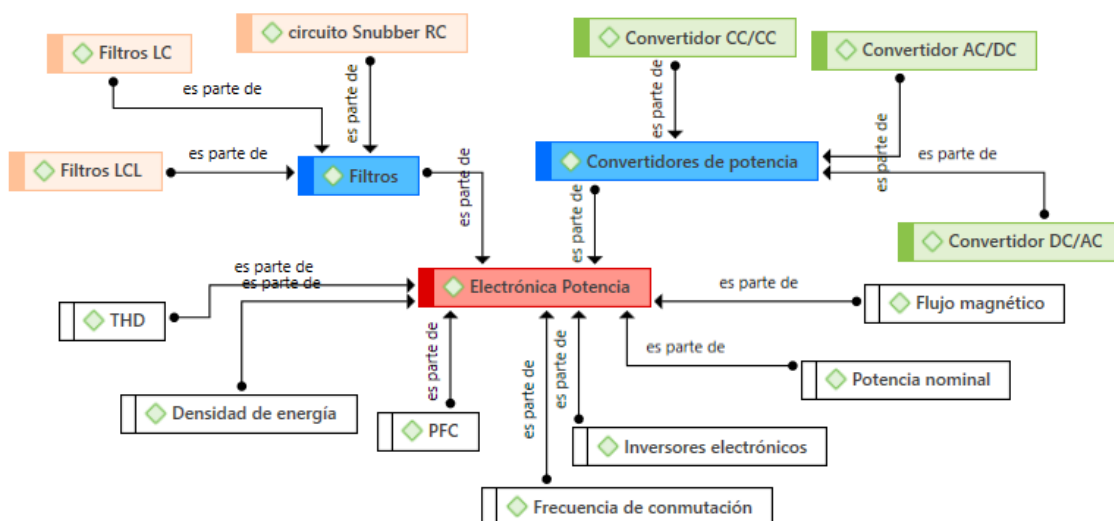


Figura 6.7: Red semántica de grupo Electrónica de Potencia

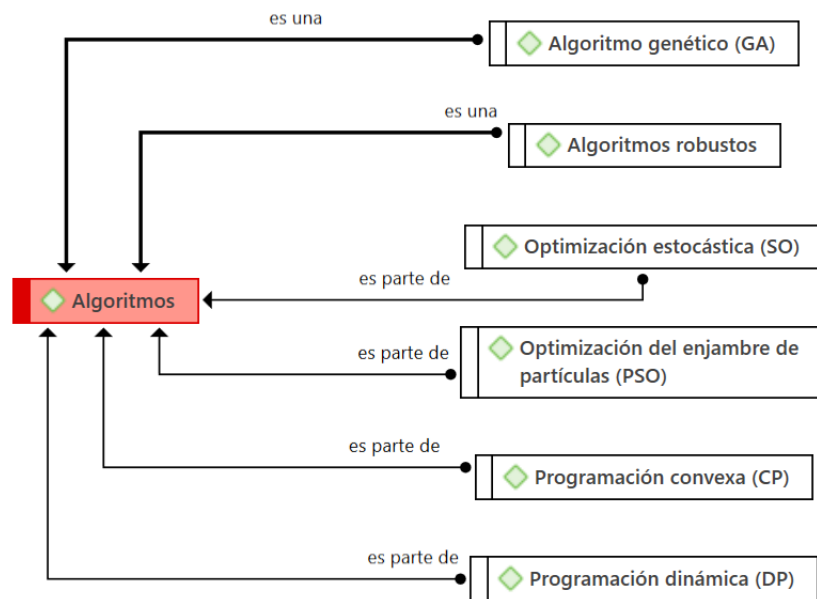


Figura 6.8: Red semántica de grupo Algoritmos

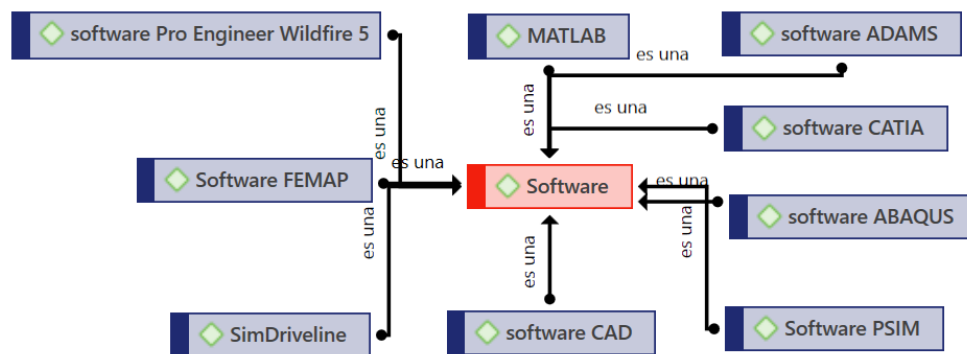


Figura 6.9: Red semántica de grupo Software

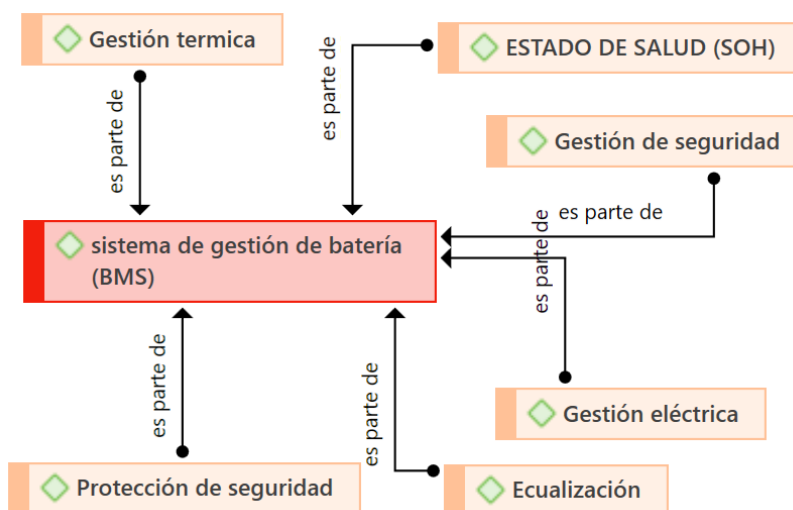


Figura 6.10: Red semántica de grupo BMS

6.2. Competencias Ingeniería

Mediante el software Atlas-ti se desarrolló una metodología similar a la RSL, esto mediante para identificar cuáles son los conocimientos actuales que las universidades enseñan a los estudiantes de posgrado principalmente en la carrera de ingeniería electrónica, la cual se realiza un enfoque para determinar las competencias, así mismo se tuvieron en cuenta las carreras de ingeniería mecánica e ingeniería química. Mediante el pensum de 17 universidades colombianas que ofertan estas carreras, se codificaron en el software Atlas.ti realizando 3 grupos de códigos, cada grupo nombrado a las carreras mencionadas. Se establecieron 67 códigos, es decir 67 conocimientos relacionadas con las capacidades tecnológicas para la fabricación de los VE. En la Tabla (6.3) se observan las 16 competencias con más enraizamiento en la codificación, y así mismo se realizó una red semántica para los 3 grupos de código. Las Figura (6.11) representa la red neuronal del grupo Ingeniería Electrónica, la Figura (6.12) representa el grupo de Ingeniería Mecánica y la Figura (6.13) representa el grupo de Ingeniería Química. A continuación, se muestra numeradamente las competencias establecidas con que los ingenieros electrónicos debe contar para el diseño de un EV:

1. Identificar programas de modelado que permita desarrollar y validar diseños de los diferentes componentes del vehículo eléctrico, como lo son convertidores de potencia, inversores, cargador de batería e incluso BMS.
2. Aplicar conceptos y estrategias de control que permita ofrecer soluciones a las diferentes necesidades de los VE como lo es regular la velocidad, estado de carga de la batería, sistema de tracción.
3. Analizar la electrónica de potencia necesaria que requiere un vehículo eléctrico para garantizar un sistema seguro hacia el bienestar social y obtener un desarrollo óptimo en la industria.
4. Emplear principios de la ingeniería electrónica básica para establecer y resolver problemáticas de diseño mediante algoritmos y modelos matemáticos.
5. Evaluar diferentes elementos semiconductores que brinden una mejor autonomía al desarrollo de un vehículo eléctrico.

Tabla 6.3: Competencias universitarias en ingeniería de Colombia

Competencia	Enraizamiento
Sistemas Dinámicos	13
Termodinámica	12
Transferencia de Calor	11
Mecánica de Fluidos	10
Métodos Numéricos y Modelado	7
Electrónica de Potencia	6
Procesamiento Digital de Señales	6
Sistemas Digitales	5
Conversión de Energía	4
Control	4
Transferencia de masa	4
Campos electromagnéticos	4
Resistencia de Materiales	4
Sistemas Embebidos	3
Telemática	3
Termoquímica	2

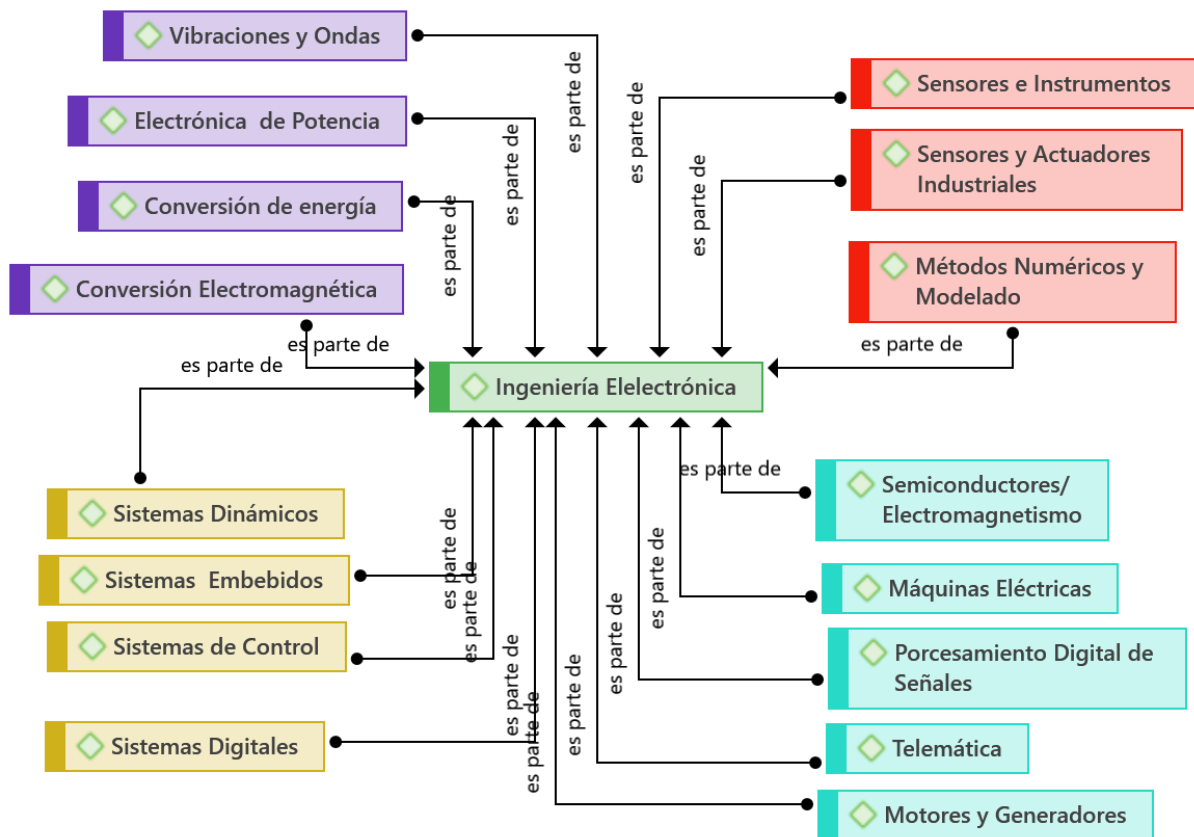


Figura 6.11: Conocimientos ING Electrónica

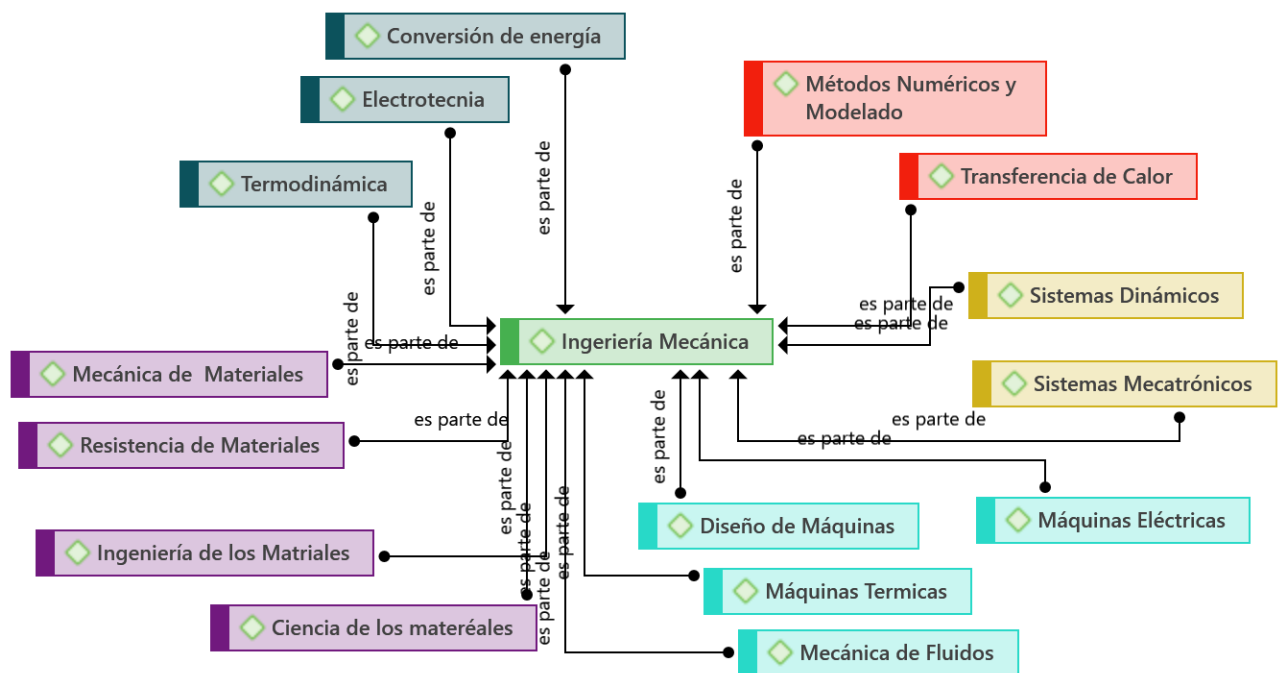


Figura 6.12: Conocimientos ING Mecánica

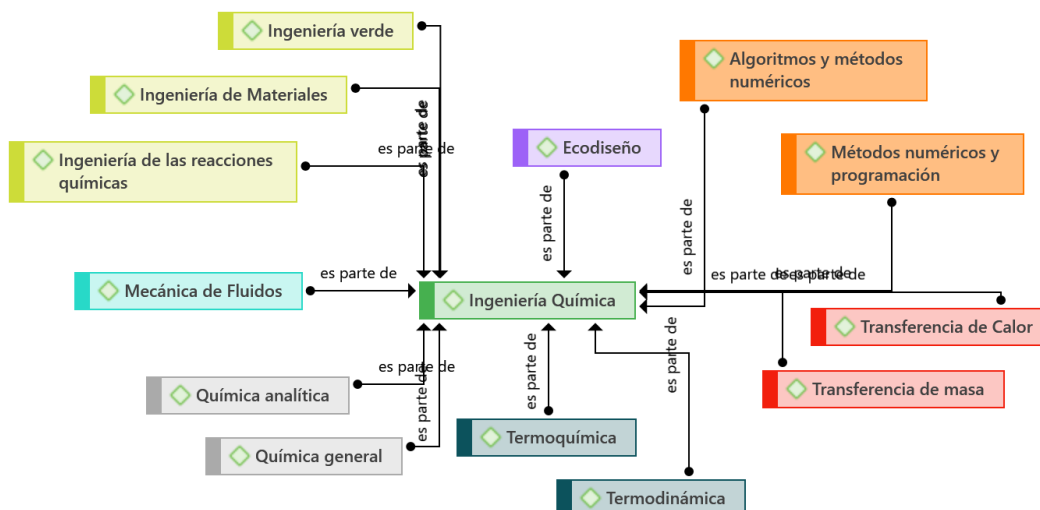


Figura 6.13: Conocimientos ING Química

6.3. Marco Regulatorio de Colombia

En el marco regulatorio de Colombia, se establece como a medida que avanza cada año desde el 2011, la Secretaria de Ambiente y Movilidad es la encargada de ejecutar los planes piloto para el despliegue de vehículos eléctricos y híbridos, conforme avanza los años proponen proyectos para que los vehículos de servicio público sean eléctricos. El 2021 sale la última resolución hasta la fecha por parte del Ministerio de Minas y Energía, el cual define el despliegue de infraestructura para cargadores eléctricos; esta infraestructura se encuentra en un patio del Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá (SITP) el cual solo está compuesto por flotas de marca BYD [54]. En la tabla (6.4) se observa los documentos más relevantes del marco regulatorio exhibido por la alcaldía de Bogotá con su respectiva definición. (Fuente de [55])

Tabla 6.4: Documentos para VEHÍCULOS ELÉCTRICOS:: Normas Aplicables (Tomada de [55])

Año	Documento	Restrictor
2011	Decreto 677 de 2011 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.	Adopta medidas para incentivar el uso del vehículo eléctrico en el Distrito Capital, se autoriza una operación piloto. Los vehículos automotores de servicio particular y los de servicio público individual impulsados exclusivamente por energía eléctrica no serán destinatarios de las restricciones de circulación establecidas por el Decreto Distrital 660 de 2001, modificado por el Decreto Distrital 58 de 2003, y el Decreto Distrital 212 de 2003, modificado por los Decretos Distritales 180 y 198 de 2004.
2019	Ley 1964 de 2019 Congreso de la República de Colombia	Genera esquemas de promoción al uso de vehículos eléctricos y de cero emisiones, con el fin de contribuir a la movilidad sostenible y a la reducción de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero.
2021	Resolución 40223 de 2021 Ministerio de Minas y Energía	Establece las definiciones, criterios de estandarización y condiciones de mercado que permitan el despliegue de infraestructura de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables y adopta las definiciones de estos, Cargador de vehículos eléctricos. Conjunto de elementos específicos para efectuar la carga de un vehículo eléctrico o híbrido enchufable mediante la conexión de este a una instalación eléctrica. Estación de carga. Infraestructura dispuesta para la carga de vehículos eléctricos o híbridos enchufables mediante, al menos, un Punto de carga. Conector para carga del vehículo eléctrico. Dispositivo que, conectado por inserción a un dispositivo de entrada en el vehículo eléctrico o híbrido enchufable, establece una conexión eléctrica entre el cargador y el vehículo con el propósito de transferir energía eléctrica e intercambiar información.

Capítulo 7

Conclusiones y Trabajos Futuros

Mediante la revisión sistemática de literatura se estableció parte de las competencias con las que deben contar profesionales y estudiantes de ingeniería electrónica. Hay que resaltar que la fabricación de un vehículo eléctrico se debe contar con múltiples profesionales, como los ingenieros químicos, los ingenieros mecánicos, ingeniero de software y claro el ingeniero electrónico, entre otras disciplinas. Las competencias se establecieron codificando los 84 documentos obtenidos de las bases de datos mencionadas, asignándolos al grupo de código con más relevancia para posteriormente realizar redes neuronales como se observa en los resultados obtenidos (6.2).

Un dato para enfatizar es que los fabricantes de vehículos eléctricos a nivel mundial no van a exponer a la gente su tecnología y procedimientos que necesitan para la fabricación de los VE, porque son muy celosos de que alguna persona duplique sus modelos. Debido a eso, las competencias que se determinaron mediante el RSL son conceptos de proyectos o propuestas para mejorar los diferentes componentes de estos vehículos; como por ejemplo aumentando la eficiencia de un motor eléctrico, realizando un cargador bidireccional de las baterías para suplir la demanda energética, diseños de chasis para vehículos pequeños y diseño de controlador para la transmisión de un VE, entre otros proyectos. Las competencias determinadas mediante el RSL se pueden relacionar con las competencias de los estudiantes de posgrado en las universidades de Colombia, como la electrónica de potencia, sistemas dinámicos, sistemas de control, transferencia de calor, termodinámica, entre otros conceptos.

También, la RSL muestra el recurso humano que se necesita para el diseño de los VE mediante los resultados presentados en (6.1); determinando que un ingeniero electrónico, aunque tenga conceptos de diseño de una batería eléctrica, es más factible que el ingeniero químico pueda conocer más el entorno al momento de fabricar las baterías debido a los conocimientos de química que debe poseer, de igual forma un ingeniero mecánico va a tener más énfasis en los diseños de motor, así mismo se puede observar en la sección de (5.1) las disciplinas necesarias para el diseño de un vehículo eléctrico.

Ahora, el marco regulatorio de Colombia muestra como los primeros decretos y resoluciones inicialmente son operaciones piloto hacia la motivación e incentiva de los compradores colombianos (6.3) para adquirir estos vehículos baja emisiones importados de otro país como lo es Estados Unidos, u otro continente como Europa y Asia; marcas como BYD, Renault, BMW, son las más cotizadas, pero la tendencia a comprar vehículos de esas marcas se debe a la alta producción de los fabricantes. Uno de los motivos de la gran producción es el apoyo del gobierno a sus empresas, como se mencionó anteriormente países como Estados Unidos y China (5.4), reciben apoyo financiero para la fabricación de carros a batería. En Colombia el último documento publicado el cual es la “Resolución 40223 de 2021 Ministerio de Minas y Energía” Abarca estrategias en el mercado que permita la infraestructura hacia las estaciones de carga para los VE y VEH como se muestra en la Tabla (6.4), pero el estado nacional colombiano no tiene proyectos que se estén ejecutando para la fabricación de carros eléctricos; por el momento solo hay visión a futuro por el presidente actual de Colombia, manifestando que Colombia fabrique sus propios vehículos eléctricos *“Queremos que las marcas que quieran importar vehículos eléctricos a Colombia, usen partes nacionales e impulsen la producción del vehículo eléctrico en Colombia”*[56]

Respecto a la pregunta problema, mediante la revisión sistemática de literatura se pudo evaluar las capacidades tecnológicas colombianas que cuenta los profesionales de diferentes profesiones, los cuales al examinar el plan de estudio de diferentes universidades colombianas se determinó que Colombia si tiene las competencias para fabricar un vehículo eléctrico, pero como se evidencio en el marco regulatorio, no cuenta con la infraestructura ni el apoyo

del gobierno para fabricarlos .

En el desarrollo del trabajo se observó como la facultad de ingeniería electrónica de la universidad Santo Tomas tiene claros conocimientos básicos respecto a lo que necesita un vehículo eléctrico para su fabricación, en el área de un ingeniero electrónico. Para tener un énfasis más profundo la facultad de ingeniería electrónica puede incorporar espacios académicos como electivas que su objetivo sea mostrar el funcionamiento de los componentes de un VE. Para que futuras generaciones formen iniciativas hacia el análisis y desarrollo para un cambio en el sector transporte de Colombia.

Capítulo 8

Anexos

Tabla 8.1: Enraizamiento Motor

Códgio	Enraizamiento
Densidad de potencia	43
Método de elementos finitos (FEM)	22
Densidad de flujo	18
Entrehierro	16
Par-velocidad	16
Par	12
Eficiencia	11
Pérdias	10
Pérdias de hierro	10
Electromagnetica	9
Mecanizado	8
Densidad par	7
Flujo magnético	7
Gestión térmica	6
Resistencia aerodinámica	6
Densidad de corriente	6
Sistema de refrigeración	6
Par electromagnético	5
Cogging	5
Energía cinética	5
Aceros eléctricos	5
Pérdidas por histéresis	5
Potencia nominal	5
Campo magnético	4
Par arranque	4
Pérdidas de cobre	4
Puente magnético	4
Conductividad termica	3
Saturación magnetica	3
Frenado regenerativo	3

Tabla 8.2: Enraizamiento Baterias

Código	Enraizamiento
Convertidore CC/CC	48
Densidad de potencia	43
Densidad de energpia	28
Estado de carga (SOC)	23
Ciclos de conducción	13
Ciclo de vida	11
Electroquímica	10
Gestión termica	8
Ecualización	8
Efecto memoria	7
Química ánodo/cátodo	7
Resisitencia	7
Caractersiticas carga/descarga	6
Modelos gestión energía	5
Potencia nominal	5
Transformador de estado sólido (SST)	5
Potencia máxima	5
Efecto de autodescarga	4
Envejecimiento batería	4
Materiales cátodo	4
Películas superficiales	4
Reacción electroquímica	4
Rendimiento térmico	3
Degradación batería	3
Soluciones electrolíticas	3
Resistencia interna	2
Aglutiante	2
Robustez a impactos	2
Dispositivos de protección	2
Fluctuación de energía	2

Tabla 8.3: Enraizamiento Chasis

Código	Enraizamiento
Arnes de cables	14
Ciclos de conducción	13
Par maximo	10
Conexiones de alto voltaje (HVC)	9
Inercia rotacional de guiñada	9
Grados de libertad (DOF)	9
Resistencia	7
Resistencia aerodinámica	6
Ergonomía	6
Resistencia rodadura	5
Estabilidad dinámica longitudinal	4
Pérdidas de cobre	4
Proceso soldadura	3
Arquitectura	3
Dirección de guiñada	3
Conducción urbano real	3
Potencia mecanica	3
Potencia mecanica	3
Conectores integrados	3
Fuerzas de fricción	3

Tabla 8.4: Enraizamiento Transmisión

Código	Enraizamiento
Entrehierro	16
Par-velocidad	16
Ciclos de conducción	13
Par maximo	10
Programación dinámica (DP)	9
Transmisión continuamente variable (CVT)	7
Transmisión manual/mecánica automática (AMT)	6
Resistencia rodadura	5
Par electromagnetico	5
Válvula de control de tracción (TCV)	5
Campo magnético	4
Pérdidas de cobre	4
Transmisión de engranajes fijos (FGT)	4
Pérdida por fricción	3
Potencia mecanica	3

Tabla 8.5: Enraizamiento Control

Código	Enraizamiento
Control lógica difusa	26
PI	18
Pa-velocidad	16
Control óptimo	14
Ciclos de conducción	13
PWM	10
PID	9
Programación dinámica (DP)	9
Control predictivo	7
Filtro Kalman	6
Control gestión de energía	6
Control administración (PMC)	6
Red neuronal artificial (ANN)	5
Control de tracción	5
Programación convexa (CP)	4
Control vectorial	3
Programación lineal (LP)	2

Tabla 8.6: Enraizamiento Electrónica de Potencia

Código	Enraizamiento
Convertidor CC/CC	48
Densidad de Energía	28
Convertidor AC/DC	13
Frecuencia de Conmutación	11
Convertidor DC/AC	9
THD	7
Flujo Magnético	7
Programación dinámica (DP)	9
Control predictivo	7
PFC	7
Bus CC	5
Diagrama de Bode	5
Potencia Nominal	5
OBC	5
Transformador de Estado Sólido (SST)	5
Rectificador AC/DC	4
Filtros LCL	3

Tabla 8.7: Enraizamiento Algoritmos

Código	Enraizamiento
Algoritmo Genético (GA)	10
Programación Dinámica (DP)	9
Algoritmo PSO	6
Optimización Estocástica (SO)	5
Programación Convexa (CP)	4
Algoritmo Evolutivos Asistidos por Sustituidos (SAEA)	3
Optimización de Enjambre de Partículas (PSO)	3
Programación Dinámica Estocástica (SDP)	3
Algoritmos de Optimización	2

Tabla 8.8: Enraizamiento Modelo Matemático

Código	Enraizamiento
Método de Elementos Finitos (FEM)	22
Grados de Libertad (DOF)	9
Método Heurístico	9
Markov Chain (MC)	5
Optimización Estocástica (SO)	5
Modelo Dinámico Multicuerpo ADAMS	4
Dinámica Lineal	3
Programación Dinámica Estocástica (SDP)	3

Tabla 8.9: Enraizamiento BMS

Código	Enraizamiento
Gestión Térmica	8
Ecualización	8
Estado de Salud (SOH)	6
Gestión de Seguridad	4
Prolongar vida de la Batería	1
Adquisición de datos	1
Gestión Eléctrica	1
Protocolos de carga	1

8.1. Documentos RSL

1. Algoritmo de contorno asistido por sustitución para el diseño óptimo de motores síncronos de imanes permanentes interiores para vehículos eléctricos. [57]
2. Análisis de Torque en una Transmisión Variable Eléctrica de Doble Rotor con Excitación Híbrida. [58]
3. Análisis del sistema de fase no mínima para la corrección del factor de potencia del cargador de batería de CA-CC Convertidor. [59]
4. Análisis dinámico de diseño y manejo de chasis de vehículos eléctricos con batería oscilante en la dirección de guiñada. [60]
5. A-Review-of-Compensation-Topologies-and-Control-Techniques-of-Bidirectional-Wireless-Power-Transfer-Systems-for-Electric-Vehicle-ApplicationsEnergies. [61]
6. Baterías y ultracondensadores para vehículos eléctricos, híbridos y de pila de combustible. [62]
7. Carga, administración de energía y mitigación de la degradación de la batería en vehículos eléctricos híbridos enchufables-un enfoque unificado y rentable. [63]
8. Cargador de baterías trifásico bidireccional para vehículos eléctricos inteligentes. [64]
9. Cargador-Baterías-Design. [65]
10. Chasis de coche eléctrico para competición Shell Eco Marathon-Diseño, modelado y análisis de elementos finitos. [66]

11. Coincidencia de parámetros del sistema de potencia del vehículo eléctrico con motor de tracción en las ruedas. [67]
12. Comparación de motores de inducción de seis y tres fases para la propulsión de vehículos eléctricos como una mejora hacia el transporte sostenible. [68]
13. Consideraciones de diseño para chasis de automóviles para la prevención del vuelco de un vehículo. [69]
14. Control de cambio de marchas y distribución de frenado para frenado regenerativo en vehículos eléctricos con transmisión de doble embrague. [70]
15. Control de conducción de vehículos eléctricos pequeños según criterios de máxima eficiencia. [71]
16. Control de tracción de vehículo eléctrico-resultados experimentales básicos utilizando el ensayo EV. [72]
17. Control predictivo modelo de conjunto de control continuo para convertidor CC-CC de tres niveles con cargas desequilibradas en estaciones de carga de vehículos eléctricos bipolares. [73]
18. Creación de un vehículo de carga eléctrico sin conductor con un moderno sistema de almacenamiento de energía. [74]
19. Desafíos en el desarrollo de baterías de iones de litio avanzadas. [75]
20. Design of Transformerless Electric Vehicle Charger with Symmetric AC and DC Interfaces. [76]
21. Dimensionamiento del tren motriz electrificado para flotas de vehículos de fabricantes de automóviles considerando los costos totales de propiedad y los escenarios de legislación de emisiones de CO₂. [77]
22. Dimensionamiento óptimo del tren motriz del vehículo eléctrico orientado al patrón de desplazamiento basado en la optimización estocástica. [78]
23. Diseño de Chasis para Prototipo de Coche Eléctrico. [79]
24. Diseño de circuitos de interfaz con modelos de baterías eléctricas. [80]
25. Diseño de coche eléctrico pequeño. [81]
26. Diseño de motor síncrono de imán permanente con rotor exterior en la rueda con densidad de par mejorada para aplicaciones de vehículos eléctricos. [82]
27. Diseño de motorización de vehículos eléctricos ligeros basado en inversor Y híbrido Si-SiC y máquina Halbach de doble rotor. [83]
28. Diseño de tren motriz de vehículo eléctrico HESS dual y control difuso basado en la optimización multiobjetivo para aumentar el rango de manejo y el ciclo de vida de la batería. [84]
29. Diseño de tren motriz eléctrico óptimo integrado basado en descomposición. [85]
30. Diseño de un convertidor CC-CC bidireccional para cargadores de vehículos eléctricos orientado a aplicaciones V2G. [86]
31. Diseño del tren motriz y optimización de la estrategia de gestión de la energía para un autocar interurbano eléctrico de celda de combustible en un área montañosa extremadamente fría. [87]
32. Diseño e implementación de un convertidor dc-dc de alta reducción mejorado para vehículos eléctricos. [88]
33. Diseño simple y liviano de un vehículo eléctrico pequeño para la sociedad de personas mayores. [89]
34. Diseño y Análisis de Chasis de Coche 'Eco'. [90]
35. Diseño y análisis de convertidores de batería reconfigurables multinivel modulares para trenes de potencia de voltaje de bus variable.[91]
36. Diseño y análisis de un imán de ferrita Syn.RM de 200 W para aplicaciones EV. [92]

37. Diseño y Fabricación de Estructuras de Carrocería y Desarrollo de Chasis de Vehículos Eléctricos (ATV) con Análisis de Simulación. [93]
38. Diseño, análisis y fabricación de una máquina síncrona lineal de imanes permanentes. [94]
39. Diseño, demostraciones y evaluaciones de impacto de sostenibilidad para vehículos eléctricos híbridos enchufables. [95]
40. Diseño, implementación y estimación de la velocidad de un motor BLDC trifásico de imán permanente de 2 kW para vehículos eléctricos ultraligeros. [96]
41. Diseño, Validación y Comportamiento Económico de un Convertidor CC-CC Elevador Intercalado Trifásico para Aplicación en Vehículos Eléctricos. [97]
42. Diseño-Baterías. [98]
43. Diseño-Controlador. [99]
44. Diseño e implementación de un DC-DC de cuatro cuadrantes Convertidor Control difuso adaptativo basado para Eléctrico Vehículo Solicitud. [100]
45. Doble entrada-doble salida DC-DC convertidor. [101]
46. Ecodiseño y mejora del rendimiento del vehículo eléctrico híbrido enchufable en terreno ondulado a través de la optimización multicriterio del tren motriz. [102]
47. Ecuación de batería de control inteligente para cadenas de baterías de iones de litio conectadas en serie. [103]
48. Efecto de enfriamiento del método de enfriamiento del aceite en motores de vehículos eléctricos con bobinado de horquilla. [104]
49. Electric-Propulsion-Motor-A-Comparative-Review-for-Electric-and-Hybrid-Electric-Vehicles. [105]
50. Electrónica de potencia y accionamientos de motor en vehículos eléctricos, híbridos eléctricos e híbridos eléctricos enchufables. [106]
51. Estado actual y tendencias futuras en tecnologías de propulsión de vehículos eléctricos. [107]
52. Estructura impulsada por gemelos digitales para baterías EV en la fabricación de automóviles. [108]
53. Estudio sobre la fabricación de válvulas de control de tracción de imanes permanentes para control electrónico de estabilidad en vehículos eléctricos. [109]
54. Estudios-de-aceros-eléctricos-de-alta-eficiencia-utilizados-en-motores. [110]
55. Gestión activa adaptativa del envejecimiento de la batería para vehículos eléctricos. [111]
56. Gestión inteligente de la batería. [112]
57. Identificación de parámetros de vehículos eléctricos. [113]
58. Inversor-Diseño-Consideraciones para máquinas de inducción de polo variable en Eléctrico vehículos. [114]
59. mejora del manejo de vehículos y la eficiencia energética de vehículos eléctricos con múltiples motores. [115]
60. Modelado y Simulación de Cargador de Vehículo Eléctrico Bidireccional Trifásico. [116]
61. Modelo de simulación de chasis de vehículos eléctricos en MATLAB-Simulink. [117]
62. Modelo de simulación y pruebas de carretera resultados comparativos de un pequeño vehículo eléctrico urbano. [118]
63. Modelo híbrido de control predictivo del reductor DC-DC convertidor. [119]
64. Optimización de la topología del rotor del motor síncrono de imán permanente interior con aplicación de acero al silicio de alta resistencia. [120]

65. Optimización de la topología y el tamaño modular del chasis de un vehículo eléctrico pequeño basado en el análisis de la contribución de la sección transversal. [121]
66. Optimización del diseño y fabricación de motores síncronos de imanes permanentes para vehículos de nueva energía. [122]
67. Procesos de fabricación avanzados para baterías de iones de litio. [123]
68. Procesos de Fabricación de arneses automotrices de alta tensión-Estado del arte, desafíos actuales y campos de acción para alcanzar un mayor nivel de automatización. [124]
69. Resumen del estado del arte en el proceso de producción de arneses de cables automotrices, investigación actual y tendencias futuras. [125]
70. Revisión de aplicaciones de transformadores de estado sólido enEléctrico VehículoEstación de carga ultrarrápida de CC. [126]
71. Revisión de las tendencias recientes en el diseño de inversores de tracción para aplicaciones de vehículos eléctricos. [127]
72. Simplifique su arnés HV-conectores uniformes de alta corriente para baterías, inversores y motores en vehículos pesados y automóviles de pasajeros. [128]
73. Sistema de almacenamiento de energía híbrido de ultracondensador de batería de vehículo eléctrico y optimización del tren motriz para un escenario de conducción urbana del mundo real. [129]
74. Sistema de control de movimiento de coche eléctrico. [130]
75. Sistema de gestión de energía y de última generación de baterías de iones de litio en aplicaciones de vehículos eléctricos-problemas y recomendaciones. [131]
76. Sistemas de almacenamiento de energía de batería, ultracondensador, pila de combustible e híbridos para vehículos eléctricos, eléctricos híbridos, de pila de combustible e híbridos enchufables. [132]
77. Tipos y configuraciones de transmisión de vehículos eléctricos-una revisión general. [133]
78. Un cargador de batería EV trifásico de alta eficiencia y alta densidad de potencia de diseño modular que utiliza control de cambio de fase dual-triple. [134]
79. Un control robusto de un impulso intercalado flotante de 4 patas convertidor para pila. [135]
80. Una revisión de las arquitecturas y las estrategias de control de los sistemas de tren motriz de acoplamiento de motor dual para vehículos eléctricos de batería. [136]
81. Una revisión de las tecnologías de eficiencia energética para aplicaciones de vehículos eléctricos. [137]
82. Una revisión sobre vehículos eléctricos Tecnologías y desafíos. [138]
83. Vehículo eléctrico con transmisión de varias velocidades-una revisión de las prestaciones y complejidades. [139]
84. Vehículos eléctricos, híbridos y de pila de combustible-arquitecturas y modelado. [140]

Bibliografía

- [1] IDEAM. *Emisiones*. 2018. URL: <http://www.ideam.gov.co/web/siac/emisionesaire#:~:text=De%20conformidad%20con%20los%20principales,se%20generan%20en%20mayor%20cantidad>.
- [2] Editorial. *Estos son los países líderes en vehículos eléctricos en el mundo – Autoexpo*. Oct. de 2020. URL: <https://autoexpo.com.co/estos-son-los-paises-lideres-en-vehiculos-electricos-en-el-mundo/> (visitado 31-08-2021).
- [3] José Gonzáles Bell. *En el país hay 5.500 estaciones de servicio de combustible que generan recaudo de impuestos por más de \$7 billones*. Santa Marta, jun. de 2019. URL: <https://www.larepublica.co/economia/en-el-pais-hay-5500-estaciones-de-servicio-de-combustible-que-generan-recaudo-de-impuestos-por-mas-de-7-billones-2875822>.
- [4] Gonzalo García. *En Noruega, las gasolineras sustituyen los surtidores por puntos de recarga - Actualidad - Híbridos y Eléctricos | Coches eléctricos, híbridos enchufables*. Oct. de 2019. URL: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/noruega-gasolineras-sustituyen-surtidores-puntos-recarga/20191014130936030794.html> (visitado 31-08-2021).
- [5] óscar Julián Restrepo Mantilla. «Contaminación en las ciudades de Colombia: Cortinas y colchones de humo». En: *el carro colombiano* (mar. de 2019). URL: <https://www.elcarrocolombiano.com/notas-de-interes/contaminacion-en-las-ciudades-de-colombia-cortinas-y-colchones-de-humo/>.
- [6] Luis Gilberto Murillo Urrutia. *Resolución 2254 de 2017 Ministerio del Medio Ambiente*. Inf. téc. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente - Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, nov. de 2017. URL: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=82634>.
- [7] Redacción Economía. *Colombia lidera el mercado de autos eléctricos en A. Latina | El Nuevo Siglo*. Jul. de 2021. URL: <https://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/07-08-2021-colombia-lidera-el-mercado-de-autos-electricos-en-latina> (visitado 01-09-2021).
- [8] EnelX. *Beneficios ambientales y económicos de los coches eléctricos | Enel X*. Jul. de 2021. URL: <https://corporate.enelx.com/es/stories/2021/06/benefits-of-electric-cars> (visitado 01-09-2021).
- [9] Redacción Motor. «Hace 130 años se patentó como invento el automóvil | Motor». En: (ene. de 2016). URL: <https://www.motor.com.co/actualidad/industria/130-anos-patento-invento-automovil/25002>.
- [10] Portafolio. *Hace 120 años circuló en Medellín, el primer carro en Colombia | Tendencias | Portafolio*. Nov. de 2019. URL: <https://www.portafolio.co/tendencias/hace-120-anos-circulo-en-medellin-el-primer-carro-en-colombia-536064> (visitado 01-09-2021).
- [11] Ruta 401. *Evolución de la autonomía de los coches eléctricos*. URL: <https://blog.reparacion-vehiculos.es/evolucion-de-la-autonomia-de-los-coches-electricos> (visitado 01-09-2021).
- [12] Ruben López Pérez. *Colombia: más lejos de eliminar motores de combustión | Economía | Portafolio*. Ago. de 2017. URL: <https://www.portafolio.co/economia/colombia-mas-lejos-de-eliminar-motores-de-combustion-508408> (visitado 02-09-2021).
- [13] David Plaza. *Clasificación de los coches por segmento y carrocería*. Mayo de 2019. URL: <https://www.motor.es/que-es/segmento> (visitado 01-10-2021).
- [14] Gilbert Mauricio García Orozco. *Segmentos en el automóvil | Pruebaderuta.com*. Jun. de 2019. URL: <https://www.pruebaderuta.com/segmentos-en-el-automovil.php> (visitado 01-10-2021).
- [15] Autos de Primera. *¿Cuales son los autos eléctricos más vendidos en Colombia durante 2021?* Mayo de 2021. URL: <https://autosdeprimera.com/noticias/noticias-nacionales/autos-electricos-mas-vendidos-colombia-2021/> (visitado 01-09-2021).

- [16] Wilmar-Roldán Javier Villarraga. *El Minuto de Dios construye el primer carro eléctrico en Colombia - Historias - Portal UNIMINUTO*. Ago. de 2019. URL: http://umd.uniminuto.edu/web/guest/historias/-/asset%7B%5C_%7Dpublisher/nlsjUBKksAOM/content/el-minuto-de-dios-construye-el-primer-carro-electrico-en-colombia/1421854?inheritRedirect=false%7B%5C%7Dredirect=http%7B%5C%7D253A%7B%5C%7D252F%7B%5C%7D252Fumd.uniminuto.edu%7B%5C%7D252Fweb%7B%5C%7D252Fguest%7B%5C%7D252Fhistori (visitado 01-09-2021).
- [17] Caracol Radio. *Aprendices del Sena construyen autos eléctricos de carreras*. Nov. de 2013. URL: https://caracol.com.co/radio/2013/11/11/tecnologia/1384170240_013002.html.
- [18] SENA. *Fórmula ECO SENA*. 2017. URL: <https://www.sena.edu.co/es-co/comunidades/aprendices/Paginas/formulaSENAEco.aspx>.
- [19] Caracol Tunja. «Primer vehículo eléctrico Latinoamérica: En Colombia fabricaron el primer vehículo eléctrico hecho en Latinoamérica | Tunja | Caracol Radio». En: *Caracol Radio* (jun. de 2021). URL: https://caracol.com.co/emisora/2021/06/19/tunja/1624063145%7B%5C_%7D477627.html.
- [20] Barbara Kitchenham. «Procedures for Performing Systematic Reviews». En: (jul. de 2004).
- [21] Bellido Felix - Vega Miguel - Sanchez Lino. *Herramientas de Evaluación Tecnológica en Gestión de la tecnología*. Mar. de 2012. URL: https://www.eoi.es/wiki/index.php/Herramientas%7B%5C_%7Dde%7B%5C_%7DEvaluaci%7B%5C_%7Bo%7D%7Dn%7B%5C_%7DTecnol%7B%5C_%7Bo%7D%7Dgica%7B%5C_%7Den%7B%5C_%7DGesti%7B%5C_%7Bo%7D%7Dn%7B%5C_%7Dde%7B%5C_%7Dla%7B%5C_%7Dtecnolog%7B%5C_%7Bi%7D%7Da (visitado 04-09-2021).
- [22] Diana Fernanda Chacón Díaz. «ESTADO DEL ARTE DEL USO DE TECNOLOGÍAS Y COMUNICACIÓN EN LA MOVILIDAD URBANA EN CIUDADES INTELIGENTESD». Tesis doct. Bucaramanga: Universidad Industrial De Santander, feb. de 2016, págs. 20-21. URL: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/161020.pdf>.
- [23] David Plaza. *Conoce todas las partes de un coche eléctrico - motor.es*. Ene. de 2022. URL: <https://www.motor.es/coches-electricos/partes-coche-electrico-202284585.html>.
- [24] stihl. *¿Qué es el efecto memoria en las baterías? | STIHL*. Jul. de 2021. URL: <https://www.stihl.es/es/guias-e-ideas-proyectos-bricolaje/mantenimiento-de-maquinas/mantenimiento-de-baterias/efecto-memoria-en-baterias>.
- [25] Carolina González Valenzuela. *Qué es una batería de litio ferrofosfato (LiFePo4) | Computer Hoy*. Sep. de 2022. URL: <https://computerhoy.com/reportajes/tecnologia/bateria-litio-ferrofosfato-lifepo4-1113315>.
- [26] auto crash. *Fabricación de baterías eléctricas: conozca las tecnologías en sus componentes y materiales - Revista Autocrash*. Oct. de 2021. URL: <https://www.revistaautocrash.com/fabricacion-de-baterias-electricas-conozca-las-tecnologias-en-sus-componentes-y-materiales/>.
- [27] Carlicia Layosa. *Cómo se fabrican los paquetes de baterías para vehículos eléctricos | Blog de MISUMI*. Jun. de 2021. URL: <https://us.misumi-ec.com/blog/how-electric-vehicle-battery-packs-are-manufactured/>.
- [28] David Plaza. *Estos son los tipos de motores para coches eléctricos que encontrarás en el mercado*. Mayo de 2022. URL: <https://www.motor.es/coches-electricos/tipos-motores-coches-electricos-202287375.html>.
- [29] J.J López. *Tipos de motores eléctricos en automóviles actuales - espíritu RACER*. Oct. de 2020. URL: <https://espirituracer.com/reportajes/tipos-de-motores-electricos-en-automoviles-actuales/>.
- [30] José M. Martín Spuch. *El motor de un coche eléctrico: tipos y funcionamiento | SoyMotor.com*. Feb. de 2021. URL: <https://soymotor.com/coches/articulos/el-motor-de-un-coche-electrico-984469>.
- [31] EvWest. *EV Controls T2-C Tesla Drive Unit Controller, EV West - Piezas de vehículos eléctricos, componentes, estaciones de carga EVSE, kits de conversión de vehículos eléctricos*. Ene. de 2021. URL: https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=1&products_id=524&osCsid=1e798e46331d684a0ef6ff4959e3d11a.
- [32] electricmotorsport. *Sevcon Gen4 DC 36-48V 550A for Brushed PM Motors*. 2021. URL: <https://www.electricmotorsport.com/ev-parts/controllers/brushed-motor-controllers/sevcon-gen4-dc-36-48v-550a-for-brushed-pm-motors.html>.

- [33] Ev West. *HPEVS Curtis 1236e-5621 48V 550 AMP Controller - Replaces 1238-5601, EV West - Electric Vehicle Parts, Components, EVSE Charging Stations, Electric Car Conversion Kits*. Mar. de 2015. URL: https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=1&products_id=349&osCsid=1e798e46331d684a0ef6ff4959e3d11a.
- [34] U.S. Department of ENERGY. *¿Cómo funcionan los automóviles totalmente eléctricos?* 2021. URL: <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>.
- [35] electricmotorsport. *CUI 20W DC-DC Converter 48V (18-75V) to 12V 1.6A - DC-DC CONVERTERS - EV PARTS*. 2022. URL: <https://www.electricmotorsport.com/ev-parts/dc-dc-converters/cui-20w-dc-dc-converter-48v-18-75v-to-12v-1-6a.html>.
- [36] electricmotorsport. *ElCon 48-320V to 12V 500W - 1000W DC-DC Converters (Select Model) - DC-DC CONVERTERS - EV PARTS*. 2021. URL: <https://www.electricmotorsport.com/ev-parts/dc-dc-converters/elcon-48-320v-to-12v-500w-1000w-dc-dc-converters-select-model.html>.
- [37] Dra Angélica Caro. «Revisiones Sistemáticas de la Literatura». En: (mayo de 2008). URL: <http://www.ubiobio.cl/miweb/webfile/media/182/presentacion/Presentaci%C3%B3n-ColoquioUBB1.pdf>.
- [38] DIEGO CALDENTEY. *Del departamento de RRHH al de Talento Humano: los cambios van más allá del nombre* / UNIR. Mar. de 2018. URL: <https://www.unir.net/empresa/revista/del-departamento-de-rrhh-al-de-talento-humano-los-cambios-van-mas-alla-del-nombre/>.
- [39] Redacción TLW. *Profesiones que Tesla busca para los empleos en sus fábricas*. Mar. de 2023. URL: <https://thelogisticsworld.com/talento-humano/cuales-son-los-perfiles-y-profesiones-que-tesla-busca-para-los-empleos-en-sus-fabricas/>.
- [40] Gabriel Guerrero. *¿Qué harán los ingenieros mecánicos cuando los automóviles sean en su mayoría eléctricos y electrónicos?* - Quora. URL: <https://es.quora.com/Qu%C3%A9-har%C3%A1n-los-ingenieros-mec%C3%A1nicos-cuando-los-autom%C3%B3viles-sean-en-su-mayor%C3%ADa-el%C3%A9ctricos-y-electr%C3%B3nicos>.
- [41] Comunidad de Electrónicos. *Mecatrónica. El auto eléctrico*. URL: <https://www.comunidadelectronicos.com/articulos/mecatronica-el-auto-electrico.htm>.
- [42] UPC School. *Enric Rodríguez Vilamitjana: «La electrónica de potencia será clave para el coche eléctrico, las renovables y los servidores de datos»* / Blog UPC School. Abr. de 2021. URL: <https://www.talent.upc.edu/blog/enric-rodriguez-vilamitjana-la-electronica-de-potencia-sera-clave-para-el-coche-electrico-las-renovables-y-los-servidores-de-datos/>.
- [43] Cameron Dickerson. *What's the Role of Electronic Engineering In EV Car Design?* 2020. URL: https://keysbest.com/whats-the-role-of-electronic-engineering-in-ev-car-design/#How_Is_Electronic_Design_Making_EV_Cars_Better.
- [44] Indeed. *20 Jobs in the Electric Car Industry (With Salaries)* / Indeed.com. Abr. de 2022. URL: <https://www.indeed.com/career-advice/finding-a-job/jobs-in-electric-car-industry>.
- [45] Gustavo Eduardo Lugones, Patricia Gutti y Néstor Le Clech. «Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina». En: (oct. de 2007). URL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5014/1/S0700876_es.pdf.
- [46] Sergio Tobón. «Formación Basada en Competencias Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica». En: *Universidad Complutense de Madrid* (2015). URL: <https://www.uv.mx/psicologia/files/2015/07/Tobon-S.-Formacion-basada-en-competencias.pdf>.
- [47] F. Eduardo Gonzáles Gil, Astrid Tibocha Niño y Karen Lorena Jiménez Guevara. «SISTEMA INSTITUCIONAL DE EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES (SEA)». En: *USTA* 2021 ().
- [48] PILAR SÁNCHEZ MOLINA. *La nueva Ley de EE UU, el mayor paquete de medidas sobre clima y energía de su historia, conllevará 100 GW solares al año a partir de 2030* - pv magazine Latin America. Ago. de 2022. URL: <https://www.pv-magazine-latam.com/2022/08/17/la-nueva-ley-de-ee-uu-el-mayor-paquete-de-medidas-sobre-clima-y-energia-de-su-historia-conllevara-100-gw-solares-al-ano-a-partir-de-2030/>.
- [49] Semana. «China acelera su dominio en la fabricación de vehículos eléctricos». En: *Semana* (abr. de 2023). URL: <https://www.semana.com/mundo/articulo/china-acelera-su-dominio-en-la-fabricacion-de-vehiculos-electricos/202343/>.

- [50] Chris Randall. *China makes deep cuts to EV subsidies - electrive.com*. Mar. de 2019. URL: <https://www.electrive.com/2019/03/27/china-makes-deep-cuts-to-ev-subsidies/>.
- [51] rojotse. *LA RED SEMÁNTICA COMO ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE*. Ago. de 2021. URL: <https://tumaestros.co/la-red-semantica-como-estrategia-de-aprendizaje/>.
- [52] Jordan Salgado et al. *El rol de la Electrónica de Potencia en la electromovilidad - Tecnología*. Oct. de 2019. URL: <https://www.electromov.cl/2019/10/08/el-rol-de-la-electronica-de-potencia-en-la-electromovilidad/>.
- [53] Giovanni Gonzalez Peñuela, Diego Velandia Manchego y Julian Carrillo León. «Algunas aplicaciones de los elementos finitos en el análisis estructural de una ménsula, una zapata sobre pilotes, cascarones y conexiones en concreto». En: *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* 17 (1 jun. de 2007), págs. 63-78. ISSN: 1909-7735. DOI: 10.18359/RCIN.1086. URL: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1086>.
- [54] Autosdeprimera. *TransMilenio recibió 172 buses eléctricos BYD que refuerzan la flota del SITP - Autos de Primera*. Feb. de 2022. URL: <https://autosdeprimera.com/transmilenio-flota-buses-electricos-byd-sitp-2022-primera-entrega/>.
- [55] Alcaldiabogota. *Documentos para VEHÍCULOS ELÉCTRICOS :: Normas Aplicables*. URL: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=26166>.
- [56] Semana. «Propuesta del Gobierno Petro les saldría carísima miles de conductores en Colombia». En: (feb. de 2023). URL: <https://www.semana.com/economia/macroeconomia/articulo/propuesta-del-gobierno-petro-les-saldria-carisima-a-miles-de-conductores-en-colombia/202313/>.
- [57] Chang-Hyun Wi y Dong-Kuk Lim. «Surrogate Assisted Contour Algorithm for Optimal Design of Interior Permanent Magnet Synchronous Motor for Electric Vehicles». En: *Journal of Electrical Engineering & Technology* (sep. de 2022). ISSN: 1975-0102. DOI: 10.1007/s42835-022-01176-2.
- [58] Joachim Druant et al. «Torque Analysis on a Double Rotor Electrical Variable Transmission With Hybrid Excitation». En: *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 64 (1 ene. de 2017), págs. 60-68. ISSN: 0278-0046. DOI: 10.1109/TIE.2016.2608768.
- [59] Mahmoud Nassary, Enric Vidal-Idiarte y Javier Calvente. «Analysis of Non-Minimum Phase System for AC/DC Battery Charger Power Factor Correction Converter». En: *Applied Sciences* 12 (2 ene. de 2022), pág. 868. ISSN: 2076-3417. DOI: 10.3390/app12020868.
- [60] Mengjian Tian et al. «Design and handling dynamic analysis of electric vehicle chassis with yaw direction oscillatable battery pack». En: *Vehicle System Dynamics* 60 (3 mar. de 2022), págs. 951-972. ISSN: 0042-3114. DOI: 10.1080/00423114.2020.1841902.
- [61] Murugan Venkatesan et al. «A Review of Compensation Topologies and Control Techniques of Bidirectional Wireless Power Transfer Systems for Electric Vehicle Applications». En: *Energies* 15 (20 oct. de 2022), pág. 7816. ISSN: 1996-1073. DOI: 10.3390/en15207816.
- [62] Andrew F. Burke. «Batteries and Ultracapacitors for Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles». En: *Proceedings of the IEEE* 95 (4 abr. de 2007), págs. 806-820. ISSN: 0018-9219. DOI: 10.1109/JPR0C.2007.892490.
- [63] Xiaosong Hu, Clara Marina Martinez y Yalian Yang. «Charging, power management, and battery degradation mitigation in plug-in hybrid electric vehicles: A unified cost-optimal approach». En: *Mechanical Systems and Signal Processing* 87 (mar. de 2017), págs. 4-16. ISSN: 08883270. DOI: 10.1016/j.ymssp.2016.03.004.
- [64] J. Gallardo Lozano et al. «Three-phase Bidirectional Battery Charger for Smart Electric Vehicles». En: *IEEE* (2011).
- [65] César C Paipa et al. «Diseño de cargador de baterías con baja distorsión armónica de corriente para aplicación en vehículos eléctricos». En: *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* 28 (oct. de 2019), págs. 706-717.
- [66] Evangelos Ch. Tsirogiannis, Georgios E. Stavroulakis y Sofoklis S. Makridis. «Electric Car Chassis for Shell Eco Marathon Competition: Design, Modelling and Finite Element Analysis». En: *World Electric Vehicle Journal* 10 (1 ene. de 2019), pág. 8. ISSN: 2032-6653. DOI: 10.3390/wevj10010008.
- [67] Wei Chen Ren et al. «Power system parameters matching of in-wheel motor drive electric vehicle». En: *E3S Web of Conferences* 257 (mayo de 2021), pág. 01044. ISSN: 2267-1242. DOI: 10.1051/e3sconf/202125701044.
- [68] Jeffin Francis et al. *Comparison of Six-Phase and Three-Phase Induction Motors for Electric Vehicle Propulsion as an Improvement Toward Sustainable Transportation*. 2019. DOI: 10.1007/978-981-13-1202-1_21.

- [69] Jatin Rajpal et al. «Design Considerations for Automobile Chassis for Prevention of Rolling over of a Vehicle». En: *Applied Mechanics and Materials* 612 (ago. de 2014), págs. 41-49. ISSN: 1662-7482. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.612.41.
- [70] Jiejunyi Liang et al. «Gearshift and brake distribution control for regenerative braking in electric vehicles with dual clutch transmission». En: *Mechanism and Machine Theory* 133 (nov. de 2019), págs. 1-22. ISSN: 0094114X. DOI: 10.1016/j.mechmachtheory.2018.08.013.
- [71] Petr Procházka et al. «Small Electric Vehicle Drive Control According to Maximal Efficiency Criteria». En: *IEEE* (2011).
- [72] Yoichi Hori, Yasushi Toyoda y Yoshimasa Tsuruoka. «Traction Control of Electric Vehicle: Basic Experimental Results Using the Test EV “UOT Electric March”». En: *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS* 34 (oct. de 1998).
- [73] Muhammad Sadiq et al. «Continuous-Control-Set Model Predictive Control for Three-Level DC–DC Converter with Unbalanced Loads in Bipolar Electric Vehicle Charging Stations». En: *Mathematics* 10 (19 sep. de 2022), pág. 3444. ISSN: 2227-7390. DOI: 10.3390/math10193444.
- [74] K Karpukhin y A Terenchenko. «Creation of a Driverless Electric Cargo Vehicle with a Modern Energy Storage System». En: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 841 (jun. de 2020), pág. 012008. ISSN: 1757-899X. DOI: 10.1088/1757-899X/841/1/012008.
- [75] Vinodkumar Etacheri et al. «Challenges in the development of advanced Li-ion batteries: a review». En: *Energy & Environmental Science* 4 (9 jun. de 2011), pág. 3243. ISSN: 1754-5692. DOI: 10.1039/c1ee01598b.
- [76] Liwei Zhou et al. «Design of Transformerless Electric Vehicle Charger with Symmetric AC and DC Interfaces». En: *IEEE*, jun. de 2021, págs. 2769-2774. ISBN: 978-1-7281-8949-9. DOI: 10.1109/APEC42165.2021.9487382.
- [77] Pier Giuseppe Anselma. «Electrified powertrain sizing for vehicle fleets of car makers considering total ownership costs and CO2 emission legislation scenarios». En: *Applied Energy* 314 (mayo de 2022), pág. 118902. ISSN: 03062619. DOI: 10.1016/j.apenergy.2022.118902.
- [78] Xingyu Zhou et al. «Commuting-pattern-oriented optimal sizing of electric vehicle powertrain based on stochastic optimization». En: *Journal of Power Sources* 545 (oct. de 2022), pág. 231786. ISSN: 03787753. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2022.231786.
- [79] Luiz Carlos Gertz et al. «Chassis Design for Electric Car Prototype». En: *SAE INTERNACIONAL* (oct. de 2014).
- [80] Yoon-Ho Kim y Hoi-Doo Ha. «Design of Interface Circuits With Electrical Battery Models». En: *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS* 44 (feb. de 1997).
- [81] P. Prochazka et al. «Design of Small Electric Car». En: *International Symposium on Power Electronics* (2012).
- [82] Mustafa Yaseen Bdewi, Mohammed Moanes Ezzaldeen Ali y Ahmed Mahmood Mohammed. «In-wheel, outer rotor, permanent magnet synchronous motor design with improved torque density for electric vehicle applications». En: *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)* 12 (5 oct. de 2022), pág. 4820. ISSN: 2722-2578. DOI: 10.11591/ijece.v12i5.pp4820-4831.
- [83] Haingoc Trang et al. «Light Electric Vehicle Motor-Drive Design Based on Hybrid Si/SiC Y-Inverter and Dual-Rotor Halbach Machine». En: *Journal of Electrical Engineering & Technology* 18 (1 ene. de 2023), págs. 367-376. ISSN: 1975-0102. DOI: 10.1007/s42835-022-01255-4.
- [84] Samuel Filgueira da Silva et al. «Dual HESS electric vehicle powertrain design and fuzzy control based on multi-objective optimization to increase driving range and battery life cycle». En: *Applied Energy* 324 (oct. de 2022), pág. 119723. ISSN: 03062619. DOI: 10.1016/j.apenergy.2022.119723.
- [85] Chyannie Amarillio Fahdzyana et al. «Decomposition-Based Integrated Optimal Electric Powertrain Design». En: *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 71 (6 jun. de 2022), págs. 6044-6058. ISSN: 0018-9545. DOI: 10.1109/TVT.2022.3156472.
- [86] M. González-Pérez et al. «Design of a bi-directional DC/DC converter for EV chargers oriented to V2G applications». En: *Renewable Energy and Power Quality Journal* 20 (sep. de 2022), págs. 198-203. ISSN: 2172038X. DOI: 10.24084/repqj20.262.

- [87] Zhaowen Liang et al. «Powertrain Design and Energy Management Strategy Optimization for a Fuel Cell Electric Intercity Coach in an Extremely Cold Mountain Area». En: *Sustainability* 14 (18 sep. de 2022), pág. 11253. ISSN: 2071-1050. DOI: 10.3390/su141811253.
- [88] Dong-Ryeol Park y Yong Kim. «Design and Implementation of Improved High Step-Down DC-DC Converter for Electric Vehicles». En: *Energies* 14 (14 jul. de 2021), pág. 4206. ISSN: 1996-1073. DOI: 10.3390/en14144206.
- [89] Nattapol Ha-Upala et al. «Simple Lightweight Design of Small Electric Vehicle for Elderly Society». En: *International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)* (nov. de 2021).
- [90] Mohd Hanif Mat y Amir Radzi Ab. Ghani. «Design and Analysis of ‘Eco’ Car Chassis». En: *Procedia Engineering* 41 (2012), págs. 1756-1760. ISSN: 18777058. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.07.379.
- [91] Jan Kacetl et al. «Design and Analysis of Modular Multilevel Reconfigurable Battery Converters for Variable Bus Voltage Powertrains». En: *IEEE Transactions on Power Electronics* 38 (1 ene. de 2023), págs. 130-142. ISSN: 0885-8993. DOI: 10.1109/TPEL.2022.3179285.
- [92] Nilutpal Sarma y Monojit Seal. «Design and analysis of a 200 W ferrite magnet Syn.RM for E.V. applications». En: IEEE, abr. de 2022, págs. 1-6. ISBN: 978-1-6654-7124-4. DOI: 10.1109/ICEPE55035.2022.9798327.
- [93] K Leelakar y S Krishnaraj. «Design and Fabrication of Body Framing and Chassis Development of Electrical Vehicle (ATV) With Simulation Analysis». En: *Journal of Physics: Conference Series* 1964 (6 jul. de 2021), pág. 062095. ISSN: 1742-6588. DOI: 10.1088/1742-6596/1964/6/062095.
- [94] MONOJIT SEAL y MAINAK SENGUPTA. «Design, analysis and fabrication of a linear permanent magnet synchronous machine». En: *Sādhanā* 42 (8 ago. de 2017), págs. 1419-1429. ISSN: 0256-2499. DOI: 10.1007/s12046-017-0687-8.
- [95] Thomas H. Bradley y Andrew A. Frank. «Design, demonstrations and sustainability impact assessments for plug-in hybrid electric vehicles». En: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (1 mayo de 2007), págs. 115-128. ISSN: 13640321. DOI: 10.1016/j.rser.2007.05.003.
- [96] Alper Kerem. «Design, implementation and speed estimation of three-phase 2 kW out-runner permanent magnet BLDC motor for ultralight electric vehicles». En: *Electrical Engineering* 103 (5 abr. de 2021), págs. 2547-2559. ISSN: 0948-7921. DOI: 10.1007/s00202-021-01279-5.
- [97] T. Saravanakumar y R. Saravana kumar. «Design, Validation, and Economic Behavior of a Three-Phase Interleaved Step-Up DC-DC Converter for Electric Vehicle Application». En: *Frontiers in Energy Research* 10 (jun. de 2022). ISSN: 2296-598X. DOI: 10.3389/fenrg.2022.813081.
- [98] Carlos Peña Ordóñez. «ESTUDIO DE BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.» UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, mayo de 2011, pág. 105.
- [99] Miguel A Durán et al. «Modelado y Diseño del Controlador para un Sistema de Tracción de un Vehículo Eléctrico». En: *Información tecnológica* 25 (6 ago. de 2014), págs. 101-108. ISSN: 0718-0764. DOI: 10.4067/S0718-07642014000600013.
- [100] Sarah Bouradi et al. «Design and Implementation of a Four-Quadrant DC-DC Converter Based Adaptive Fuzzy Control for Electric Vehicle Application». En: *Mathematical Modelling of Engineering Problems* 9 (3 jun. de 2022), págs. 721-730. ISSN: 23690739. DOI: 10.18280/mmep.090319.
- [101] Sundaramoorthy Kumaravel et al. «Dual input-dual output DC-DC converter for solar PV/battery/ultra-capacitor powered electric vehicle application». En: *IET Power Electronics* 12 (13 sep. de 2019), págs. 3351-3358. ISSN: 1755-4543. DOI: 10.1049/iet-pel.2019.0123.
- [102] Debraj Bhattacharjee et al. «Ecodesigning and improving performance of plugin hybrid electric vehicle in rolling terrain through multi-criteria optimisation of powertrain». En: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* 236 (5 jun. de 2021), págs. 1019-1039. ISSN: 0954-4070. DOI: 10.1177/09544070211027531.
- [103] Y.-S. Lee y M.-W. Cheng. «Intelligent Control Battery Equalization for Series Connected Lithium-Ion Battery Strings». En: *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 52 (5 oct. de 2005), págs. 1297-1307. ISSN: 0278-0046. DOI: 10.1109/TIE.2005.855673.
- [104] Taewook Ha et al. «Cooling effect of oil cooling method on electric vehicle motors with hairpin winding». En: *Journal of Mechanical Science and Technology* 35 (1 oct. de 2020), págs. 407-415. ISSN: 1738-494X. DOI: 10.1007/s12206-020-1240-y.

- [105] Dharmendra Singh Yadav y Manisha Manisha. «Electric Propulsion Motors: A Comparative Review for Electric and Hybrid Electric Vehicles». En: IEEE, abr. de 2022, págs. 1-6. ISBN: 978-1-6654-8316-2. DOI: 10.1109/ICDCECE53908.2022.9793099.
- [106] A. Emadi, Young Joo Lee y K. Rajashekara. «Power Electronics and Motor Drives in Electric, Hybrid Electric, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles». En: *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 55 (6 jun. de 2008), págs. 2237-2245. ISSN: 0278-0046. DOI: 10.1109/TIE.2008.922768.
- [107] Kaushik Rajashekara. «Present Status and Future Trends in Electric Vehicle Propulsion Technologies». En: *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics* 1 (1 mar. de 2013), págs. 3-10. ISSN: 2168-6777. DOI: 10.1109/JESTPE.2013.2259614.
- [108] Rodrigo Valdez Parra et al. *Digital Twin-Driven Framework for EV Batteries in Automobile Manufacturing*. Oct. de 2021. DOI: 10.3233/ATDE210096.
- [109] Hak-Sun Lee et al. «A Study on the Manufacture of Permanent Magnet Traction Control Valve for Electronic Stability Control in Electric Vehicles». En: *Applied Sciences* 11 (17 ago. de 2021), pág. 7794. ISSN: 2076-3417. DOI: 10.3390/app11177794.
- [110] Rui-lin Pei et al. «Studies of high-efficiency electrical steels used in electric vehicle motors». En: *Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)* 17 (3 jun. de 2012), págs. 319-322. ISSN: 1007-1172. DOI: 10.1007/s12204-012-1277-x.
- [111] Matteo Corno y Gabriele Pozzato. «Active Adaptive Battery Aging Management for Electric Vehicles». En: *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 69 (1 ene. de 2020), págs. 258-269. ISSN: 0018-9545. DOI: 10.1109/TVT.2019.2940033.
- [112] Can Kurtulus et al. *SuperLIB: Smart Battery Management of a Dual Cell Architecture for Electric Vehicles*. 2015. DOI: 10.1007/978-3-319-12706-4_7.
- [113] Erik Wilhelm et al. «Electric Vehicle Parameter Identification». En: *World Electric Vehicle Journal* 5 (2032-6653 mayo de 2012), págs. 1090-1099.
- [114] Elie Libbos et al. «Inverter Design Considerations for Variable-Pole Induction Machines in Electric Vehicles». En: *IEEE Transactions on Power Electronics* 37 (11 nov. de 2022), págs. 13554-13565. ISSN: 0885-8993. DOI: 10.1109/TPEL.2022.3177082.
- [115] Basilio Lenzo, Patrick Gruber y Aldo Sorniotti. *On the Enhancement of Vehicle Handling and Energy Efficiency of Electric Vehicles with Multiple Motors: The iCOMPOSE Project*. 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-38077-9_155.
- [116] Gorkem Berk Sahinler y Gokturk Poyrazoglu. «Modeling and Simulation of Three-Phase Bidirectional Electric Vehicle Charger». En: IEEE, oct. de 2021, págs. 21-27. ISBN: 978-1-6654-3512-3. DOI: 10.1109/GPECOM52585.2021.9587631.
- [117] A S Martyanov, V D Shepelev y V G Mavrin. «Electric Vehicle Chassis Simulation Model in MATLAB/Simulink». En: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 666 (3 mar. de 2021), pág. 032059. ISSN: 1755-1307. DOI: 10.1088/1755-1315/666/3/032059.
- [118] Trovão João P., Pereirinha Paulo G. y Humberto M. Jorge. «Simulation Model and Road Tests Comparative Results of a Small Urban Electric Vehicle». En: *IEEE* (2009).
- [119] T. Geyer, G. Papafotiou y M. Morari. «Hybrid Model Predictive Control of the Step-Down DC-DC Converter». En: *IEEE Transactions on Control Systems Technology* 16 (6 nov. de 2008), págs. 1112-1124. ISSN: 1063-6536. DOI: 10.1109/TCST.2008.917221.
- [120] Lingyu Gao et al. «Rotor Topology Optimization of Interior Permanent Magnet Synchronous Motor With High-Strength Silicon Steel Application». En: *IEEE Transactions on Magnetics* 57 (2 feb. de 2021), págs. 1-6. ISSN: 0018-9464. DOI: 10.1109/TMAG.2020.3027893.
- [121] Jieli Chen et al. «Topology and modular size optimization of small electric vehicle frame based on cross-section contribution analysis». En: *Structural and Multidisciplinary Optimization* 64 (6 dic. de 2021), págs. 4287-4304. ISSN: 1615-147X. DOI: 10.1007/s00158-021-03075-y.
- [122] Weiwen Ye et al. «Design optimization and manufacture of permanent magnet synchronous motor for new energy vehicle». En: *Energy Reports* 8 (nov. de 2022), págs. 631-641. ISSN: 23524847. DOI: 10.1016/j.egyr.2022.10.136.

- [123] Iratxe de Meatza et al. *GREENLION Project: Advanced Manufacturing Processes for Low Cost Greener Li-Ion Batteries*. 2015. DOI: 10.1007/978-3-319-12706-4_4.
- [124] Stefan Olbrich y Julia Lackinger. «Manufacturing Processes of automotive high-voltage wire harnesses: State of the art, current challenges and fields of action to reach a higher level of automation». En: *Procedia CIRP* 107 (2022), págs. 653-660. ISSN: 22128271. DOI: 10.1016/j.procir.2022.05.041.
- [125] Jerome Trommnau et al. «Overview of the State of the Art in the Production Process of Automotive Wire Harnesses, Current Research and Future Trends». En: *Procedia CIRP* 81 (2019), págs. 387-392. ISSN: 22128271. DOI: 10.1016/j.procir.2019.03.067.
- [126] Seyedamin Valedsaravi, Abdelali El Aroudi y Luis Martínez-Salamero. «Review of Solid-State Transformer Applications on Electric Vehicle DC Ultra-Fast Charging Station». En: *Energies* 15 (15 ago. de 2022), pág. 5602. ISSN: 1996-1073. DOI: 10.3390/en15155602.
- [127] Chandra Sekhar Goli et al. «Review of Recent Trends in Design of Traction Inverters for Electric Vehicle Applications». En: *IEEE*, jun. de 2021, págs. 1-6. ISBN: 978-1-6654-0465-5. DOI: 10.1109/PEDG51384.2021.9494164.
- [128] Dr. Thomas Schilla y Martin Schuster. «Simplify your HV-harness – uniform high current connectors for batteries, inverters and motors in heavy-duty vehicles and passenger cars». En: *IEEE Xplore* (dic. de 2010).
- [129] Ludmila C. A. Silva et al. «Electric vehicle battery-ultracapacitor hybrid energy storage system and drivetrain optimization for a real-world urban driving scenario». En: *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* 43 (5 mayo de 2021), pág. 259. ISSN: 1678-5878. DOI: 10.1007/s40430-021-02975-w.
- [130] Liudmila P. Kozlova y Olga A. Kozlova. «Electric Car Motion Control System». En: *IEEE*, ene. de 2022, págs. 708-710. ISBN: 978-1-6654-0993-3. DOI: 10.1109/ElConRus54750.2022.9755607.
- [131] Mahammad A. Hannan et al. «State-of-the-Art and Energy Management System of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicle Applications: Issues and Recommendations». En: *IEEE Access* 6 (abr. de 2018), págs. 19362-19378. ISSN: 2169-3536. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2817655.
- [132] Alireza Khaligh y Zhihao Li. «Battery, Ultracapacitor, Fuel Cell, and Hybrid Energy Storage Systems for Electric, Hybrid Electric, Fuel Cell, and Plug-In Hybrid Electric Vehicles: State of the Art». En: *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 59 (6 jul. de 2010), págs. 2806-2814. ISSN: 0018-9545. DOI: 10.1109/TVT.2010.2047877.
- [133] Dimitrios Rimpas y Paul Chalkiadakis. «Electric vehicle transmission types and setups: a general review». En: *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles* 13 (1 2021), págs. 38-56. ISSN: 1751-4088. DOI: 10.1504/IJEHV.2021.115196.
- [134] Juncheng Lu et al. «A Modular-Designed Three-Phase High-Efficiency High-Power-Density EV Battery Charger Using Dual/Triple-Phase-Shift Control». En: *IEEE Transactions on Power Electronics* 33 (9 sep. de 2018), págs. 8091-8100. ISSN: 0885-8993. DOI: 10.1109/TPEL.2017.2769661.
- [135] R. Saadi et al. «A robust control of a 4-leg floating interleaved boost converter for fuel cell electric vehicle application». En: *Mathematics and Computers in Simulation* 167 (ene. de 2020), págs. 32-47. ISSN: 03784754. DOI: 10.1016/j.matcom.2019.09.014.
- [136] Zhenzhen Wang, Jun Zhou y Giorgio Rizzoni. «A review of architectures and control strategies of dual-motor coupling powertrain systems for battery electric vehicles». En: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 162 (jul. de 2022), pág. 112455. ISSN: 13640321. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112455.
- [137] Ravindranath Tagore Yadlapalli et al. «A review on energy efficient technologies for electric vehicle applications». En: *Journal of Energy Storage* 50 (jun. de 2022), pág. 104212. ISSN: 2352152X. DOI: 10.1016/j.est.2022.104212.
- [138] Julio A. Sanguesa et al. «A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges». En: *Smart Cities* 4 (1 mar. de 2021), págs. 372-404. ISSN: 2624-6511. DOI: 10.3390/smartcities4010022.
- [139] Md Ragib Ahssan, Mehran Motamed Ektesabi y Saman Asghari Gorji. «Electric Vehicle with Multi-Speed Transmission: A Review on Performances and Complexities». En: *SAE International Journal of Alternative Powertrains* 7 (2 dic. de 2018), págs. 08-07-02-0011. ISSN: 2167-4205. DOI: 10.4271/08-07-02-0011.
- [140] C.C. Chan, A. Bouscayrol y K. Chen. «Electric, Hybrid, and Fuel-Cell Vehicles: Architectures and Modeling». En: *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 59 (2 feb. de 2010), págs. 589-598. ISSN: 0018-9545. DOI: 10.1109/TVT.2009.2033605.