



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

“Formulación de un marco regulatorio para la integración óptima del vehículo eléctrico con el sector eléctrico y la movilidad urbana de Bogotá D.C.”

Laura Marcela Hinstroza Olascuaga

Universidad Nacional de Colombia
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Bogotá D.C., Colombia

2014

Formulación de un marco regulatorio para la integración óptima del vehículo eléctrico con el sector eléctrico y la movilidad urbana de Bogotá D.C.

Laura Marcela Hinstroza Olascuaga

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Eléctrica

Director (a):

Javier Rosero García, Ph.D.,

Codirector (a):

Omar Prias Caicedo, MSc.

Línea de Investigación:

Vehículos Eléctricos

Grupo de Investigación:

Electrical Machines and Drives, EM&D

Universidad Nacional de Colombia

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Bogotá D.C., Colombia

2014

“Sé fuerte y valiente! ¡No tengas miedo ni te desanimas! Porque el Señor tu Dios te acompañará dondequiera que vayas”

Josué 1:9

“Lo importante es no dejar de cuestionar. La curiosidad tiene su propia razón de existir. No se puede hacer más que contemplar con reverencia los misterios de la eternidad, de la vida, de la maravillosa estructura de la realidad. Ya es bastante si sólo se intenta comprender un poco de ese misterio cada día. Nunca pierdas la santa curiosidad.”

Albert Einstein

Agradecimientos

Gracias a Dios.

A mi papá, mamá, hermanos y seres queridos, por su apoyo incondicional y el ánimo que me regalaron en todo momento durante la realización de este trabajo. En especial a mi esposo, por su comprensión y paciencia.

Los resultados presentados en este trabajo de tesis son fruto de dos años de trabajo en el Grupo en Máquinas Eléctricas y Drives de la Universidad Nacional de Colombia EM&D, por tal motivo, quiero expresar mis más profundos agradecimientos a sus integrantes. En primer lugar al Profesor Javier Rosero como director del grupo de investigación y de este trabajo de tesis quien ha apoyado este compromiso de investigación desde sus inicios, ha brindado los medios para realizarlo y compartido su conocimiento en cada parte de la investigación. A sus integrantes por haber participado sus conocimientos y opiniones para la realización de este trabajo, en especial a María Victoria Díaz y Sandra Téllez.

Agradezco al grupo de Consultoría de Estadística de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá y en especial a su líder John Puerto, por compartir su conocimiento y por sus aportes que contribuyeron en el cumplimiento de los objetivos de este trabajo.

Al Profesor Omar Prias quien muy amablemente compartió su conocimiento y sugerencias pertinentes con este proyecto.

A la Dirección de Investigación de Bogotá por brindar los medios y apoyar económicamente este trabajo.

Y finalmente a todas las personas que brindaron y compartieron sus comentarios y opiniones sobre este compromiso.

Resumen



Proponente:	Laura Marcela Hinestroza Olascuaga
e-mail:	lmhinestrozao@unal.edu.co
Programa:	Maestría en Ingeniería - Ingeniería Eléctrica
Director:	Javier Rosero García, Ph.D. Formulación de un marco regulatorio para la integración óptima del vehículo eléctrico con el sector eléctrico y la movilidad urbana de Bogotá D.C.
Título de la Trabajo de Grado:	
Entidad:	Universidad Nacional de Colombia
Dirección:	oficina 208, Bogotá D.C.
e-mail:	emd_bog@unal.edu.co
Teléfono:	+57 316 5000 Ext 10696:
Línea de Investigación:	Movilidad Eléctrica
Grupo de Investigación	Electrical Machines & Drives, EM&D - COL0120979
Url:	www.ing.unal.edu.co/grupos/emd/index.html

Debido al cambio climático y la reducción de las reservas del petróleo, la introducción de vehículos eléctricos (EVs) al mercado se ha convertido en una opción viable y necesaria para mitigar el impacto del sector de transporte en el medio ambiente y para promover un parque automotor más eficiente. Sin embargo, la incorporación de EVs a las ciudades trae desafíos en los niveles de regulación técnica, incentivos y políticas de gobierno, cambio en la movilidad de las ciudades, integración con la red eléctrica, nuevos esquemas en el mercado eléctrico y adopción por parte de los usuarios.

El presente documento describe el proyecto de investigación para formular un marco regulatorio, que garantice la integración óptima de EVs con el sector eléctrico y la movilidad urbana de la ciudad de Bogotá D.C. Se definen los requerimientos de regulaciones técnicas e incentivos que permitan la introducción masiva y el uso óptimo de EVs en la ciudad de Bogotá D.C.

Palabras claves: incentivos, marco regulatorio, movilidad eléctrica, vehículos eléctricos

Abstract

Due to the climate change and the reduction of oil reserves, the introduction of electric vehicles (EVs) to the market has turned into a viable and necessary option to mitigate the impact of the Transport sector on the environment and to promote a more efficient vehicles fleet. Nevertheless, the EVs integration with the cities brings challenges in all levels: technical regulation, incentives and government policies, change in the mobility of the cities, integration with the electricity grid, new schemes on the electricity market and adoption by of the user.

This document describes the research project which formulates a regulatory framework that guarantees the optimal integration of the EVs with the transport sector and the urban mobility of the city. Technical regulations and incentives are defined as a key on the process of EVs mass adoption in the city of Bogota D.C.

Keywords: electric vehicles, electrical mobility, incentives, regulatory framework,

Contenido

	Pág.
Lista de figuras.....	IX
Lista de gráficas.....	X
Lista de Siglas y abreviaturas.....	13
Introducción	15
1. Capítulo I: Panorama Nacional e Internacional del EV.....	17
1.1 Vehículos Eléctricos (EVs):	17
1.2 Sector de Transporte y su relación con los EVs	22
1.3 Estado del Arte de la Normatividad del Medio Ambiente y su relación con los EVs.....	23
1.4 Estado del Arte - Regulación Técnica aplicada a los EVs	28
1.4.1 Normatividad Colombiana	28
1.4.2 Normatividad Internacional.....	37
1.5 Estado del Arte - Incentivos para EVs	50
1.5.1 Nivel Nacional	50
1.5.2 Nivel Internacional.....	52
1.6 Necesidad de definir un marco regulatorio para EVs	58
1.6.1 Principales Retos	59
2. Capítulo II: Evaluación de la percepción del usuario sobre EVs	67
2.1 Diseño de la Metodología de Evaluación (Encuesta)	67
2.1.1 Fase I: Prueba Piloto.....	67
2.1.2 Fase II: Encuesta	68
3. Capítulo III: Modelo de Predicción Estadística de la masificación de EVs	75
3.1 Selección del Modelo de Predicción Estadística	75
3.2 Metodología.....	81
4. Capítulo IV: Marco Regulatorio técnico e Incentivos aplicados a EVs.....	86
4.1 Criterios para definir propuestas de regulaciones técnicas e incentivos aplicados a EVs.....	87
4.1.1 Regulación técnica y limitaciones técnicas existentes en la Red Eléctrica	88
4.1.2 Opinión de Expertos.....	88
4.1.3 Percepción del usuario.....	91
4.1.4 Modelo de predicción de masificación de EVs	91
4.1.5 Referencia Internacional	92
4.2 Marco Regulatorio técnico e incentivos aplicados a EVs	92
4.2.1 Plan para el fomento de la infraestructura de los EVs	94
4.2.2 Requerimientos técnicos para el desarrollo de baterías para EVs.....	103
4.2.3 Incentivos de promoción de uso de EVs	104
4.2.4 Regulación de la venta de energía y la integración de los EVs con la red eléctrica	111
4.2.5 Políticas ambientales y de eficiencia energética	111
4.2.6 Formación del recurso humano.....	112
4.2.7 Revisión del riesgo asociado a la introducción de EVs con las compañías aseguradoras	113
4.2.8 Adopción de un régimen jurídico para la integración de los EVs	113
4.2.9 Manual para el usuario de EVs	122

5.	Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....	123
5.1.	Conclusiones.....	123
5.1.1.	Evaluación de percepción del usuario sobre EVs.....	123
5.1.2.	Modelo de predicción estadística de masificación de EVs.....	124
5.1.3.	Impactos del proyecto.....	125
5.1.4.	Contribuciones del proyecto de investigación (Publicaciones).....	126
5.2.	Recomendaciones.....	126
5.2.1.	Futuros Proyectos.....	126
A.	Anexo: Resumen Lista de Estándares Internacionales aplicados a EVs.....	127
B.	Anexo: Resultados encuesta de evaluación de la percepción de los usuarios de Bogotá D.C sobre EVs.....	129
	Bibliografía.....	139

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Comparación del esquema interno de un vehículo convencional (ICE) y un BEV.....	17
Figura 1-2: Diagrama de bloques configuración típica de un BEV	18
Figura 1-3: Esquema interno de un HEV.....	18
Figura 1-4: Esquema interno de un PHEV.	19
Figura 1-5: Diagrama de bloques configuración típica de un PHEV serie.....	20
Figura 1-6: Diagrama de bloques configuración típica de un PHEV paralelo.....	20
Figura 1-7: Comparación de eficiencia energética entre un EV y un vehículo ICE [5].....	21
Figura 1-8: Consumo final de energía por sectores 2009 [6]	21
Figura 1-9: Entidades involucradas en la formulación de normas y regulaciones aplicadas a EVs y su entorno [18]	37
Figura 1-10: Conector Schuko [19].....	43
Figura 1-11: Conector SAE J1772 [19].....	43
Figura 1-12: Conector Mennekes [19]	44
Figura 1-13: Conector CCS [19]	44
Figura 1-14: Conector Scame [19].....	44
Figura 1-15: Conector ChAdeMO [19].....	45
Figura 1-16: Ubicación EVSE cuando la instalación a) requiere ventilación y b) no requiere ventilación [16].....	49
Figura 1-17: Esquema Tarifa diferencial de energía- Chile [29].....	58
Figura 1-18: Estado de la malla vial de Bogotá D. C., Fuente: Base de Datos del Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial - IDU - Diciembre de 2011 [32].....	60
Figura 2-1: Formato encuesta de evaluación percepción usuarios de EVs	70
Figura 4-1: Pirámide de niveles de carga SAE J1772 [57]	95
Figura 4-2: Tipos de EVSE según nivel de carga, a) Nivel 1-AC b) Nivel 2-AC c) Nivel 1 y 2 DC [57]	97
Figura 4-3: Curva de carga en p.u. sector Residencial-Bogotá D.C. 2006- Codensa [60]	109

Lista de gráficas

	Pág.
Gráfica 1-1: Principales sectores involucrados en la masificación de los EVs	28
Gráfica 1-2: Ejes principales involucrados en la infraestructura de recarga de los EVs.....	39
Gráfica 1-3: Costo del kWh según estrato económico.....	62
Gráfica 3-1: Metodología para obtener el modelo de predicción estadística más significativo	83
Gráfica 4-1: Principales Criterios para definir propuestas de regulaciones técnicas e incentivos aplicados a EVs	88
Gráfica 4-2: Instalación de EVSE según ubicación	96
Gráfica 4-3: Instalación de un EVSE- Nivel 1 120 VAC.....	98
Gráfica 4-4: Instalación de un EVSE- Nivel 2 240 VAC.....	98
Gráfica 4-5: Instalación de un EVSE- Nivel 1 120 VAC o Nivel 2 240 VAC con dos medidores	99
Gráfica 4-6: Instalación de un EVSE- Nivel 1 120 VAC o Nivel 2 240 VAC- con un submedidor.....	99
Gráfica 4-7: Instalación del EVSE inalámbrico en garaje de la empresa “Google”, Mountain View-California. *Esta imagen es propiedad del autor	100
Gráfica 4-8: Instalación del EVSE con pila exterior. *Esta imagen es propiedad del autor	102
Gráfica 4-9: Beneficios de un sistema inteligente de recarga y una tarifa diferenciada	108
Gráfica B-0-1: Respuesta a Pregunta No.1: “¿Cuál es su género?”	129
Gráfica B-0-2: Respuesta a Pregunta No.2: “¿Cuál es su edad?”.....	129
Gráfica B-0-3: Respuesta a Pregunta No.3: “¿A qué estrato socioeconómico pertenece?”	129
Gráfica B-0-4: Respuesta a Pregunta No. 4: “¿Cuál es su máximo nivel de educación?”	130
Gráfica B-0-5: Respuesta a Pregunta No. 5: “¿Cuántos vehículos posee?”	130
Gráfica B-0-6: Respuesta a Pregunta No. 6: “¿El motor de su vehículo funciona con...?”	130
Gráfica B-0-7: Respuesta a Pregunta No. 7: “En promedio usted se desplaza en su vehículo a una velocidad de:”	131
Gráfica B-0-8: Respuesta a Pregunta No. 8: “Habitualmente usted se desplaza durante:”	131
Gráfica B-0-9: Respuesta a Pregunta No. 9: “Habitualmente usted usa su vehículo para...”	131
Gráfica B-0-10: Respuesta a Pregunta No. 10: “Cuándo sale de su casa ¿Dónde suele parquear su vehículo?”	132
Gráfica B-0-11: Respuesta a Pregunta No. 11: “¿Tiene conocimiento en alguno de los siguientes temas?”	132
Gráfica B-0-12: Respuesta a Pregunta No. 12: “¿En promedio cada cuántos años cambia o tiene pensado cambiar su vehículo?”	133
Gráfica B-0-13: Respuesta a Pregunta No. 13: “¿Estaría usted interesado(a) en comprar un EV?”	133
Gráfica B-0-14: Respuesta a Pregunta No. 14: “¿Qué tecnología compraría?”	133
Gráfica B-0-15: Respuesta a Pregunta No. 15: “¿A qué valor (en pesos) debe subir el precio de la gasolina/diesel/gas para que usted considere comprar la tecnología escogida?”	134
Gráfica B-0-16: Respuesta a Pregunta No. 16: “¿Hasta cuánto estaría dispuesto a pagar de sobrecosto por la tecnología escogida?	134
Gráfica B-0-17: Respuesta a Pregunta No. 17: “¿Dónde le gustaría realizar la recarga eléctrica de su EV?”	135
Gráfica B-0-18: Respuesta a Pregunta No. 18: “¿Cuál es el mínimo valor de autonomía (en kilómetros) que debería tener un EV para que cumpla con sus requerimientos?”	135
Gráfica B-0-19: Respuesta a Pregunta No. 19: “¿Cuánto sería el tiempo máximo de recarga (en minutos) que usted aceptaría para un EV?”	136
Gráfica B-0-20: Respuesta a Pregunta No. 20: “Califique según importancia (3 muy importante, 2 poco importante y 1 sin importancia) ¿Cuáles son los principales aspectos que ud consideraría al momento de comprar un EV?”	136
Gráfica B-0-21: Respuesta a Pregunta No. 21: “¿Cuáles de los siguientes aspectos considera usted como una barrera para adquirir un EV? (Puede marcar varias opciones)”	137

Gráfica B-0-22: Respuesta a Pregunta No. 22: “En materia de la seguridad que deben proporcionar los EV, ordene según su importancia (del 1: menos importante al 5: muy importante) los principales aspectos que podrían preocuparle”	137
Gráfica B-0-23: Respuesta a Pregunta No. 23: “¿En qué sector es más importante aplicar la tecnología de EVs en el parque automotor de la ciudad?	138
Gráfica B-0-24: Respuesta a Pregunta No. 24: “Si usted estuviera considerando comprar un EV, ¿En cuál tipo de EV estaría más interesado?”	138

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Entidades competentes para otorgar o negar licencia ambiental	24
Tabla 1-2: Horarios de aplicación de la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental	25
Tabla 1-3: Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles dB(A)	26
Tabla 1-4: Niveles de carga según estándar Norteamericano [19].....	41
Tabla 1-5: Características Conector para EVs SAE J1772 [20]	45
Tabla 1-6: Conectores según modo de carga IEC 62196-2	46
Tabla 1-7: Conector Japonés CHAdeMO	47
Tabla 1-8: Incentivos para EVs en Colombia.....	50
Tabla 1-9: Incentivos a Nivel Internacional [21, 22, 23, 24, 25, 26].....	52
Tabla 1-10: Tarifa diferencial de energía España [27].....	57
Tabla 2-1: Error muestral y tamaño de la muestra Encuesta	70
Tabla 2-2: Patrones de movilidad según encuesta	71
Tabla 2-3: Conocimiento en Tecnologías de EVs y conceptos asociados	72
Tabla 3-1: Probabilidad de selección de un tipo de tecnología de EVs	85
Tabla 4-1: Propuestas de incentivos para la masificación de EVs	105
Tabla 4-2: Propuesta de Tarifa diferencial	110

Lista de Siglas y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
<i>m</i>	Metro	m	
<i>km</i>	Kilómetro	km	1000 m
<i>km/h</i>	Velocidad (kilómetro por hora)	km/h	
<i>h</i>	Tiempo (horas)	h	
<i>kw</i>	Kilovatio	kw	1000 J/s
<i>A</i>	Amperio	A	1 C/s
<i>V</i>	Voltio	V	1 J/C

Siglas

AC	Alternating Current- Corriente alterna
BEV	Battery electric vehicle
CCS	Combined Charging System
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
DC	Direct current- Corriente continua
EPRI	Electric Power Research Institute
EV	Electric vehicle- Vehículo Eléctrico
EVSE	Electric Vehicle Supply Equipment
FOB	Free on Board
HEV	hybrid electric vehicle
ICE	internal combustion engine
IEC	International Electrotechnical Comission
IP	Ingress Protection

- ISO** Organización Internacional de Estandarización
- JEVS** Japan Electric Vehicle Standard
- NEC** National Electrical Code
- OR** Operador de la Red
- PHEV** Plug-in hybrid electric vehicle
- RFID** Radio Frequency Identification
- SAE** Society of Automotive Engineers
- UPME** Unidad de Planeación Minero Energética

Introducción

El cambio climático y la reducción de las reservas de petróleo han aumentado el interés de la adopción de los vehículos eléctricos (EVs) en la movilidad, en todo el mundo. La necesidad de migrar hacia un parque automotor limpio ha motivado la formulación de soluciones sostenibles enfocadas en eficiencia energética, reducción del uso de combustibles fósiles y aumento de los recursos renovables de energía [1]. Por lo tanto, los EVs constituyen un factor importante para promover un entorno de vida más saludable para las personas y corresponden a una solución amigable con el ambiente.

La masificación de EVs es relevante por el alto potencial de contribuir a las reducciones globales de CO₂ en hasta un 21% para el 2050 [2]. Pero para ello, se busca que las tres cuartas partes del total de las ventas de vehículos para el año 2050 sean de alguna tecnología eléctrica enchufable. Actualmente países como Estados Unidos, Dinamarca, Noruega, Alemania, España, Japón, entre otros ya tienen proyectos asociados a EVs e incentivos gubernamentales para su promoción.

En el caso de Colombia, el principal sector de consumo de energía es el transporte. Este sector consumió el 34,9% del total de energía producida en el país en el año 2009 y su principal fuente energética corresponde en un 100% a combustible: gasolina, diesel y avigas (para el modo aéreo) [3]. Esta situación ha impulsado la formulación de planes nacionales enfocados a promover la adopción masiva de EVs en el país. Sin embargo, para lograr este objetivo se deben abordar dos temas principales: 1) La definición de políticas e incentivos públicos y 2) la formulación de un marco regulatorio y de normas técnicas para garantizar el funcionamiento óptimo de los EVs en el país y la adopción masiva por parte de las personas.

Dado el despegue de la tecnología de EVs a nivel internacional, resulta importante determinar el potencial de masificación que tendrá esta tecnología en Colombia, dados los incentivos que se vienen dando desde año 2009 y que promueven su uso.

Esta investigación se enfoca en evaluar la percepción de los usuarios sobre los EVs, como vehículo privado. Si bien la implementación de esta tecnología se requiere tanto en el sector público como privado, a través de este proyecto se propone un marco regulatorio (recomendaciones de las normas técnicas asociadas a EVs y un conjunto de incentivos para promover su uso) principalmente para el sector privado.

Estructura de la Tesis

Este proyecto se direccionó en formular un marco regulatorio técnico y una serie de incentivos para garantizar la masificación y óptima operación de los EVs en el país. El desarrollo de este proyecto se estructura en cinco (5) capítulos. Los siguientes capítulos describen el desarrollo del proyecto y el cumplimiento del objetivo principal. El *capítulo 1* presenta un marco conceptual de las tecnologías de EVs y se explican las características técnicas, restricciones y ventajas que ofrece cada tecnología de EVs. Se presenta un estado del arte de las regulaciones ambientales que deben cumplir los EVs en la ciudad de Bogotá D.C. Finalmente, se define el estado del arte de las regulaciones, normas e incentivos aplicados a EVs, a nivel nacional e internacional. El *capítulo 2* define una metodología de evaluación de la percepción que tienen los usuarios de la ciudad de Bogotá sobre los EVs. Se presenta el proceso de diseño, aplicación y análisis de los resultados obtenidos en la metodología aplicada. El *capítulo 3* presenta un estado del arte de modelos aplicados para identificar y predecir la tecnología de EVs con mayor potencial de masificación en las ciudades. Se aplica el modelo logit multinomial y con base en los resultados obtenidos en el capítulo 2, se modelan las variables en el software de simulación "R". Este modelo establece el modelo más significativo para calcular la tecnología con mayor probabilidad de ser masificada en la ciudad de Bogotá. De acuerdo con los resultados obtenidos en el capítulo 2 y 3, se definen los criterios para formular un marco regulatorio y un conjunto de incentivos para la tecnología de EVs con mayor potencial de masificación. Este análisis se presenta en el *capítulo 4*, donde se definen las propuestas de incentivos aplicados para EVs y se definen los estándares y requerimientos técnicos que los EVs deben cumplir para operar de manera óptima en la ciudad de Bogotá.

Finalmente, el *capítulo 5* recoge las conclusiones derivadas del diagnóstico, de la metodología propuesta, de su aplicación y de los resultados más importantes. De igual forma, se proponen líneas de investigación para futuros trabajos de investigación.

Los resultados obtenidos de este proyecto, están dirigidos principalmente a las entidades del sector de regulación del sector eléctrico, del sector ambiental y de la movilidad de las ciudades, quienes deben formular políticas e incentivos para promover el uso de EVs, dada la percepción del usuario de vehículos privados. Así mismo, a los grupos de investigación enfocados en el estudio de los EVs (componentes, sistemas, infraestructura asociada, etc) y su masificación y en general a cualquier usuario de los vehículos convencionales interesado en conocer más acerca de los EVs o interesado en migrar hacia una tecnología más limpia.

1. Capítulo I: Panorama Nacional e Internacional del EV

1.1 Vehículos Eléctricos (EVs):

El término de vehículo eléctrico (EV) se refiere a cualquier vehículo automotor que obtenga su tracción a través de uno o más motores eléctricos. Dependiendo de la fuente de energía que alimenta a sus motores, se tiene varios tipos de EVs:

Vehículo Eléctrico Puro o de baterías (BEV): Se alimenta 100% por un sistema de baterías que almacena la energía y alimenta uno o más motores eléctricos. Las baterías se cargan al conectar el vehículo con la red eléctrica. Adicionalmente, los BEVs pueden recargarse en parte al utilizar el frenado regenerativo. Éste modo genera electricidad a partir de la energía que normalmente se pierde en el frenado. Los BEVs no utilizan combustibles fósiles para su funcionamiento y por lo tanto no generan emisiones contaminantes. Pueden llegar a tener una autonomía de aproximadamente 160 km cuando están totalmente cargados [4]. Sin embargo, ello depende en parte por los patrones de conducción. En el caso de Colombia, en promedio una persona recorre aproximadamente 30 km [5], es decir que este tipo de EVs se ajusta a lo requerido por el usuario. Sin embargo, para largos trayectos, los BEVs deben recargarse de nuevo. El tiempo requerido para cargar baterías descargadas, requiere desde menos de 30 min hasta un día completo, dependiendo del tipo y tamaño de las baterías, así como del tipo del sistema de recarga. La Figura 1-1 ilustra el esquema interno de un BEV comparado con un vehículo convencional de combustión interna (ICE). La Figura 1-2 presenta un esquema detallado de la configuración típica de un BEV.

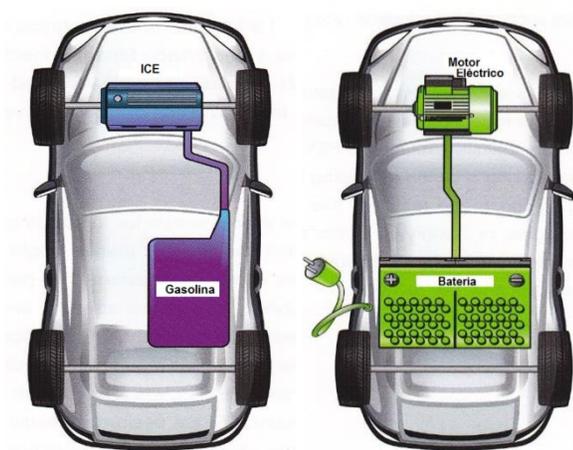


Figura 1-1: Comparación del esquema interno de un vehículo convencional (ICE) y un BEV.

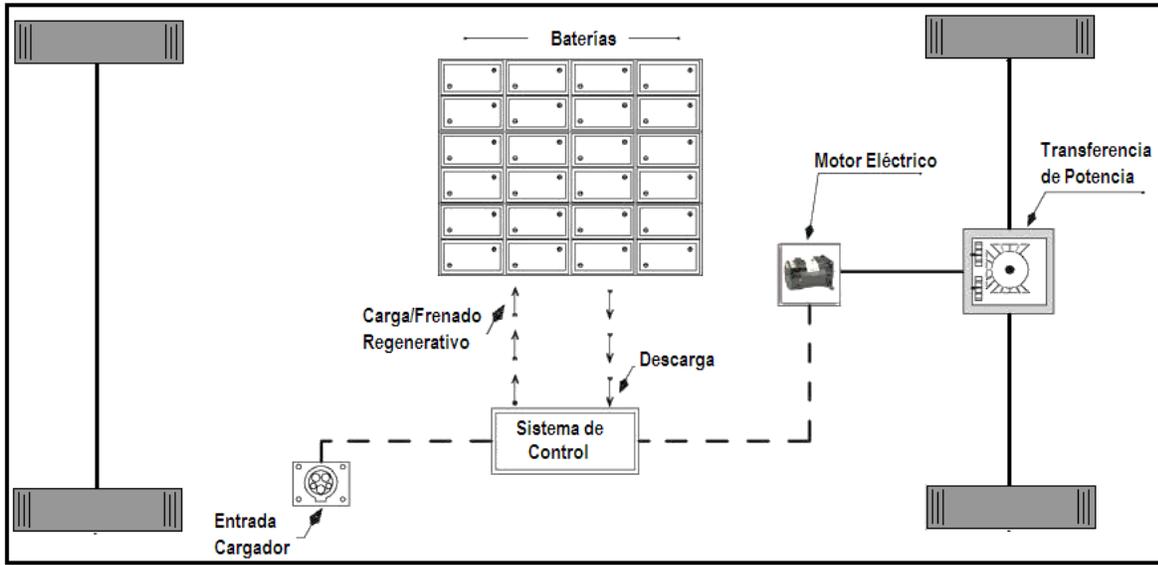


Figura 1-2: Diagrama de bloques configuración típica de un BEV

Vehículo Híbrido Eléctrico (HEV): Obtiene su tracción combinando un motor eléctrico y un motor de combustión interna. Su energía proviene ya sea de las baterías o de un combustible fósil como la gasolina, diesel, gas, etc. Para recargar las baterías no requieren de conexión con la red eléctrica, ya que éstas son recargadas por el ICE o por el frenado regenerativo. Estos vehículos reducen el consumo de combustibles fósiles y la generación de emisiones contaminantes. Su funcionamiento se basa en alcanzar un mejor rendimiento combinando ambos motores: para tramos cortos o dentro de las ciudades utilizan el motor eléctrico, ya que no requieren de altas velocidades. En el caso de carreteras o largos tramos, donde se requiere altas velocidades y se recorren grandes distancias, el vehículo utiliza el ICE y al mismo tiempo se puede recargar la batería. La Figura 1-3 muestra el esquema interno de un HEV.

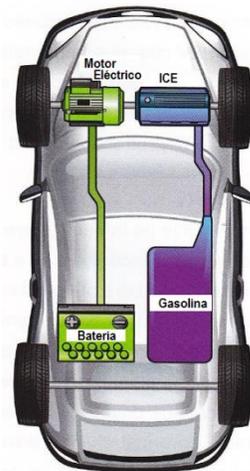


Figura 1-3: Esquema interno de un HEV.

Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable (PHEV): También conocido como vehículo eléctrico de rango extendido, utiliza como fuente de energía un conjunto de baterías que alimentan un motor eléctrico, y un combustible fósil que alimenta un ICE u otra fuente de propulsión. Comparado con vehículos convencionales, los PHEVs reducen el consumo de combustibles fósiles y la generación de emisiones contaminantes. Cuando las baterías se encuentran descargadas, los PHEVs se comportan como HEVs, consumiendo menos combustible. Los PHEVs tienen paquetes de baterías más grandes que los HEVs, manejando un rango de autonomía desde 16 km hasta aproximadamente 70 km, haciendo uso únicamente de las baterías [4]. Durante ciclos de manejo en la ciudad, la mayoría de PHEVs obtienen su energía de las baterías. El ICE alimenta el vehículo cuando la batería está muy descargada, durando aceleraciones rápidas o cuando se necesita hacer uso continuo de aire acondicionado o calefacción. Adicionalmente, PHEVs pueden conectarse a la red y recargar así sus baterías o a través del frenado regenerativo. A diferencia de los BEVs, las baterías de los PHEVs requieren menor tiempo de recarga, ya que su tamaño es menor. La Figura 1-4 presenta el esquema interno de un PHEV.

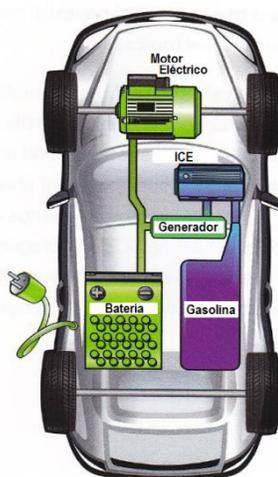


Figura 1-4: Esquema interno de un PHEV.

Los PHEVs tienen dos configuraciones de diseño, las cuales difieren en la forma cómo combinan la energía proveniente del motor eléctrico y el ICE. La configuración en *Paralelo* conecta el ICE y el motor eléctrico a las llantas a través de un acople mecánico. Tanto el motor eléctrico como el ICE pueden controlar y manejar las llantas directamente. La configuración en *Serie* utiliza sólo el motor eléctrico para manejar las llantas. El ICE se utiliza para alimentar el motor eléctrico. En algunos casos, como el *Chevy Volt* el vehículo utiliza una versión modificada en la cual, el motor eléctrico controla las llantas la mayoría del tiempo, pero cambia a una configuración en paralelo cuando las baterías están descargadas y se requieren altas velocidades. La Figura 1-5 muestra la configuración típica de un PHEV serie. La Figura 1-6 muestra la configuración típica de un PHEV paralelo.

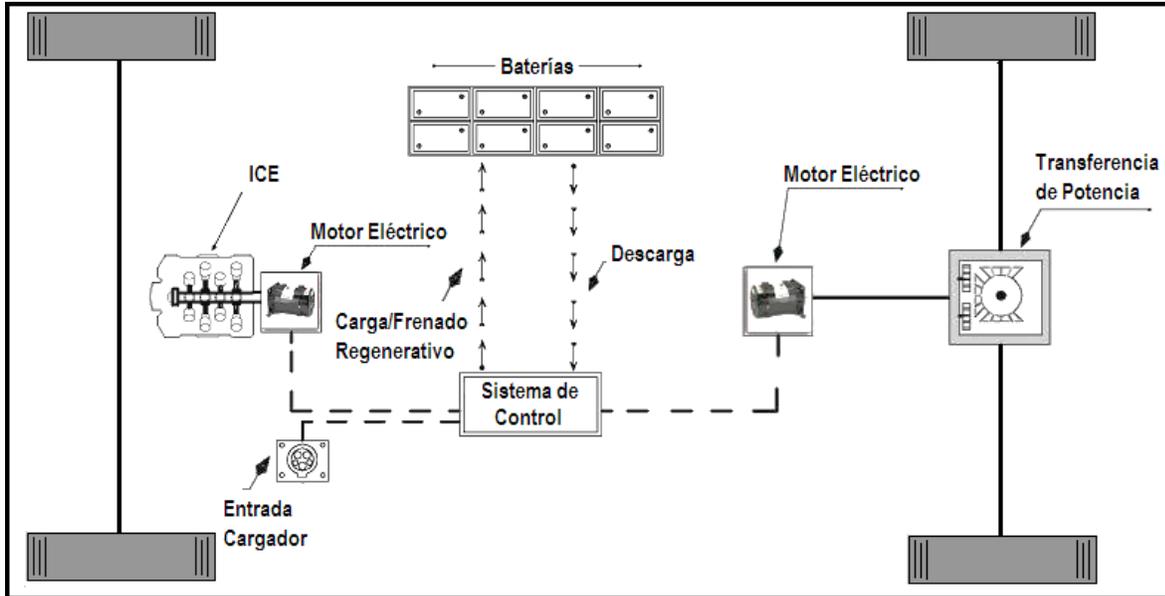


Figura 1-5: Diagrama de bloques configuración típica de un PHEV serie.

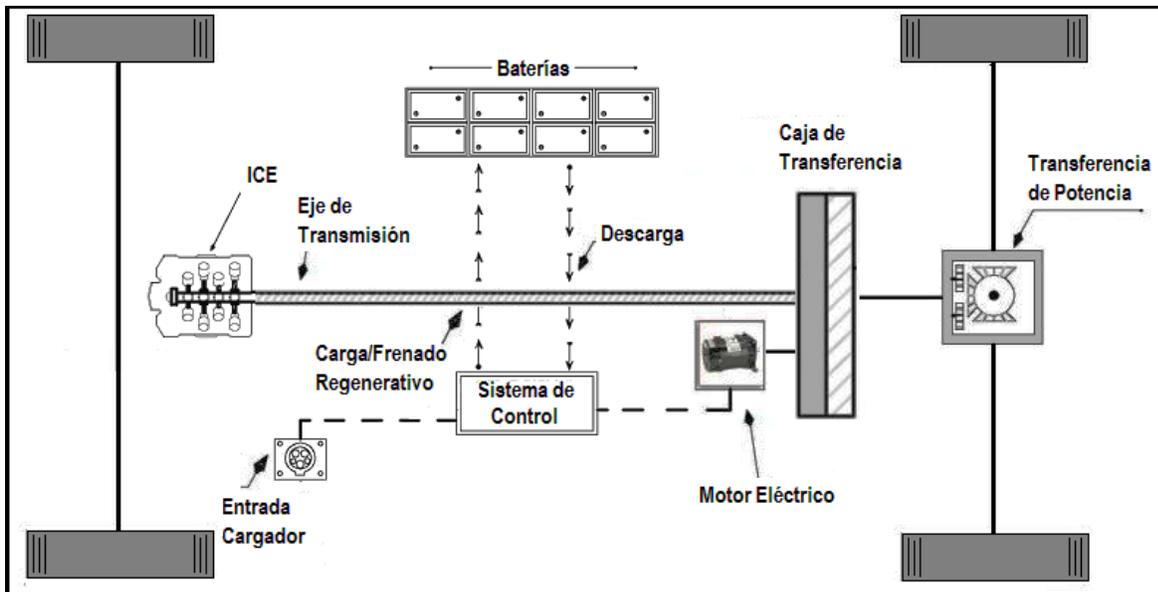


Figura 1-6: Diagrama de bloques configuración típica de un PHEV paralelo.

Por otra parte, los EVs pueden también clasificarse en las siguientes categorías [4]:

Vehículos de carreteras: Es un EV capaz de ser conducido en carreteras y vías públicas, donde se requiera alcanzar altas velocidades. Su desempeño es similar a un vehículo convencional de combustible (ICE).

Vehículos de ciudad: Es un BEV capaz de ser conducido en la mayoría de vías públicas, pero no en carreteras. La velocidad máxima que alcanza se limita a 80 km/h.

Vehículos de Barrio: También conocidos como vehículos de baja velocidad (LSV). Son BEVs cuya velocidad se limita a 40 km/h y pueden ser conducidos sólo en vías públicas con límite de velocidad de 60 km/h o menos.

Vehículos comerciales de carreteras: Incluye buses y camiones comerciales. Estos vehículos pueden ser BEVs o PHEVs. Su capacidad y desempeño se diseñan para cumplir una tarea de aplicación específica.

Finalmente se describen los beneficios ambientales que ofrecen los EVs

- Mayor eficiencia energética: La eficiencia energética del EV es casi el doble que un vehículo ICE (Ver Figura 1-7)

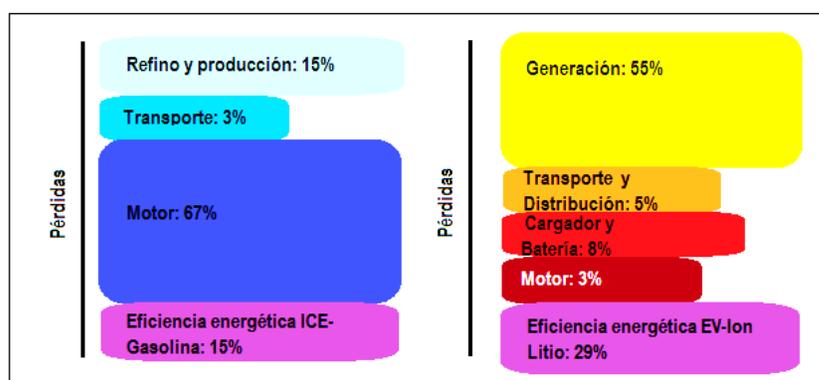


Figura 1-7: Comparación de eficiencia energética entre un EV y un vehículo ICE [5]

- Un motor eléctrico producido en serie es más compacto y más económico. No necesita circuito de refrigeración ni aceite y se elimina la caja de cambios.
- Reducción de consumo de energía final a partir de combustibles fósiles en el sector del transporte, mayor consumidor de energía a partir de combustibles fósiles en Colombia como se muestra en la Figura 1-8.

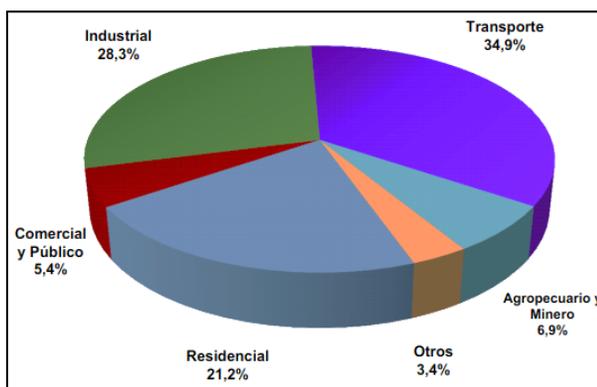


Figura 1-8: Consumo final de energía por sectores 2009 [6]

- Reducción de emisiones de CO₂ y material particulado: A nivel mundial las emisiones de CO₂ han aumentado anualmente, haciendo que el efecto invernadero sea cada vez mayor. En el caso de

Colombia, a pesar que sus emisiones han disminuido con los años, aún el sector de transporte sigue siendo el principal consumidor de energía y principal contaminante [6]. Para el año 2010, Colombia emitió 69,7 millones de toneladas de CO₂ y a nivel mundial se presentaron un total de 30276,1 millones de toneladas de CO₂ [7].

- Reducción de inversión social debido al efecto de las emisiones contaminantes del sistema de transporte en la salud y en el ecosistema: “El estudio epidemiológico de Bogotá, realizado en conjunto con la Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, analizó una muestra de 610 niños y niñas menores de 5 años expuestos a diferentes niveles de concentración de material particulado menor a 10 micras (PM10) en las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón. Los resultados evidencian la relación entre contaminación del aire por material particulado (PM) respirable y síntomas respiratorios en las localidades de Bogotá. Todos los estudios realizados han logrado cuantificar el incremento en el número de casos por enfermedad respiratoria aguda (ERA) asociados a un incremento en la concentración de contaminantes como ozono, dióxido de nitrógeno, material particulado menor a 10 micras y material particulado menor a 2,5 micras. Se encontró que por incrementos en 10 y 20 µg/m³ de la concentración diaria de PM2.5 se incrementan las consultas por enfermedades respiratorias en un 13 y 24%” [7].
- Reducción en el consumo de energía eléctrica debido a que la energía se recupera con el frenado regenerativo, proceso que recarga las baterías de los EVs.

1.2 Sector de Transporte y su relación con los EVs

La formulación de un marco regulatorio para EVs es de importancia no sólo para el sector eléctrico (dado el impacto que puede tener esta nueva carga sobre la red eléctrica) o para el sector ambiental (con el fin de reducir la contaminación del aire y auditiva de las ciudades), sino también del sector transporte.

El Ministerio de Transporte es la cabeza del Sector Transporte, el cual está constituido por el Ministerio, El Instituto Nacional de Vías (INVIAS), la Agencia Nacional de Infraestructuras (ANI), la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (AEROCIVIL) y la Superintendencia de Puertos y Transporte (SUPERTRANSPORTE).

El Ministerio de Transporte, es el organismo del Gobierno Nacional encargado de formular y adoptar las políticas, planes, programas, proyectos y regulación económica del transporte, el tránsito y la infraestructura, en los modos carretero, marítimo, fluvial, férreo y aéreo del país.

En el desarrollo del marco constitucional, el Congreso de la República ha expedido a su vez un marco legal cuyo objeto es el de unificar los principios y criterios que deben servir de fundamento para la regulación y reglamentación del transporte y su operación en el territorio nacional, y son fundamentalmente:

- La Ley 105 de 1993 “Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las entidades territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones” y
- La Ley 336 de 1996 “Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Transporte”, soportadas todas en la siguiente premisa: “Existirá un servicio básico de transporte accesible a todos los usuarios (...)”

De esta manera, el Ministerio de transporte, debe garantizar el desarrollo y mejoramiento del transporte, tránsito y su infraestructura, de manera integral, competitiva y segura. Por lo tanto, la incursión de los EVs en el sector de transporte, se convierte en una estrategia para mejorar la eficiencia del parque automotor, reducir la dependencia del combustible fósil, promover el uso de tecnologías amigables con el medio ambiente, generar empleo a través de las nuevas líneas (mantenimiento, reparación, líneas de ensamblaje) asociadas a los EVs y que no existen en el país.

1.3 Estado del Arte de la Normatividad del Medio Ambiente y su relación con los EVs

La movilidad eléctrica surge de la necesidad de conservar el medio ambiente y optimizar la utilización del petróleo y los recursos energéticos. El petróleo es la principal materia prima para obtener gasolinas líquidas y también son utilizados en el mundo doméstico e industrial (Lubricantes, ácido sulfúrico, asfalto, plásticos, entre otros). Los vehículos que utilizan estas gasolinas como fuentes de energía, desperdician su capacidad en calor. Los EVs son amigables con el medio ambiente dado que no emiten dióxido de carbono, tienen baja liberación de calor, manejan bajos niveles de ruido audible, entre otros. A continuación se analizan las principales normas y regulaciones aplicadas al medio ambiente y su relación con los EVs. Se hace énfasis en el impacto de los EVs en la reducción de emisiones contaminantes y de ruido, así como la disposición final de las baterías de estos vehículos junto con las entidades involucradas.

- **Principales entidades involucradas**

El decreto 1220 de 2005, define como autoridades ambientales competentes para otorgar o negar licencia ambiental, las entidades se muestran en la Tabla 1-1:

Tabla 1-1: Entidades competentes para otorgar o negar licencia ambiental

Entidades competentes	
 <p>Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible República de Colombia Libertad y Orden</p>	<p>Rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores [8]</p>
 <p>Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca</p>	<p>Ente corporativo de carácter público, integrado por las entidades territoriales, encargadas de administrar -dentro del área de su jurisdicción- el medio ambiente y los recursos naturales renovables, y propender por el desarrollo sostenible del país [9]</p>
 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. SECRETARÍA DE AMBIENTE</p>	<p>Secretaria distrital de ambiente y las entidades territoriales delegatarias de las Corporaciones Autónomas Regionales, pertenecientes a Municipios, distritos y áreas metropolitanas.</p>

- **Regulaciones relacionadas con el impacto ambiental de los EVs**

A continuación se presenta un análisis de las normativas aplicadas para prevenir la contaminación del aire, auditiva y a la disposición adecuada de residuos peligrosos, como lo constituyen las baterías de los EVs.

Contaminación del aire

“Colombia tiene una larga tradición en materia de acciones para el control de la contaminación del aire: en 1967 se instalaron las primeras redes para el monitoreo, en 1979 el Congreso de la República aprobó el Código Sanitario Nacional y en 1982 se adoptaron los estándares de calidad y se desarrolló una regulación específica para Bogotá. Sin embargo, el país no cuenta con lineamientos nacionales para la formulación de estrategias coordinadas, eficientes y equitativas, dirigidas a prevenir y controlar la contaminación del aire. Por lo tanto, Colombia necesita lineamientos generales a la luz de los cuales se puedan diseñar políticas y estrategias nacionales y locales para la prevención y el control de la contaminación del aire” [10].

Particularmente, los EVs, constituyen fuentes móviles de emisión, sin embargo comparados con los vehículos ICE convencionales, los EVs reducen la contaminación del aire al mitigar la emisión de gases contaminantes al ambiente.

En el caso de los vehículos convencionales, para el año 2002 la gasolina se convirtió el combustible que mayores emisiones de CO generó al ambiente, mientras que el Diesel generó mayor cantidad de NOx al igual que el gas natural vehicular (GNV) [10].

Mediante la **Resolución 650 de 2010**, se definió el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, para que las autoridades ambientales y los particulares que miden calidad del aire, cuenten con una herramienta para diseñar sistemas de vigilancia de calidad del aire o campañas de monitoreo, cumpliendo con los más altos estándares de calidad.

La **Resolución 910 de 2008**, reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres así como los requisitos y certificaciones a las que están sujetos los vehículos y demás fuentes móviles, sean importadas o de fabricación nacional.

Finalmente, cabe resaltar que la **Resolución 3500 de 2005**, establece las condiciones mínimas que deben cumplir los Centros de Diagnóstico Automotor para realizar las revisiones técnico-mecánica y de gases de los vehículos automotores que transiten por el territorio nacional.

Contaminación Auditiva

“Dentro de la problemática ambiental de las grandes ciudades, el ruido es considerado uno de los impactos ambientales que más afectan a la población en forma directa, causando problemas auditivos y extra auditivos. En Bogotá las fuentes móviles (tráfico rodado, tráfico aéreo, perifoneo) aportan el 60% de la contaminación auditiva. El 40% restante corresponde a las fuentes fijas (establecimientos de comercio abiertos al público, pymes, grandes industrias, construcciones, etc) [11].

“La exposición continua al ruido puede ocasionar los siguientes problemas extra auditivos (No están directamente asociados a la pérdida de la audición, pero si a la alteración de la tranquilidad y bienestar de las personas): Estrés, pérdida del sueño (insomnio), ansiedad, depresión, cambios en el comportamiento (conductas agresivas) y baja productividad” [11].

El ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial, a través de la **Resolución No. 627 de 2006**, estableció la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Para efectos de la aplicación de esta resolución, se establecen los siguientes horarios de la Tabla 1-2:

Tabla 1-2: Horarios de aplicación de la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental

Diurno	Nocturno
De 7:01 a 21:00 horas	De 21:01 horas a 7:00 horas

En la Tabla 1-3 se presentan los estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles ponderados (dB(A)):

Tabla 1-3: Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles dB(A)

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Diurno	Nocturno
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas	65	55
	Zonas con usos institucionales		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana	55	50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales		

Disposición Final de las baterías

Uno de los retos a enfrentar con la introducción masiva de los EVs, es la disposición final de sus baterías, las cuales debido a su tamaño y densidad de energía tienen un impacto negativo sobre el medio ambiente.

Particularmente, el **decreto 4741 de 2005** “Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”, define el término de disposición final como: “Es el proceso de aislar y confinar los residuos o desechos peligrosos, en especial los no aprovechables, en lugares especialmente seleccionados, diseñados y debidamente autorizados, para

evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente”. De acuerdo con la “Política Ambiental para la gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos” formulada en el año 2005 por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, “los residuos o desechos peligrosos (RESPEL) comprenden aquellos residuos que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas pueden causar riesgo para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera RESPEL a los envases, recipientes y embalajes que hayan estado en contacto con ellos”. Para la fabricación de baterías se utilizan diferentes mezclas de electrolitos y metales pesados que por sus características físico-químicas pueden ser nocivos tanto para los seres humanos como para el medio ambiente. Entre las materias primas catalogadas como peligrosas que son aprovechadas para la elaboración de pilas y/o baterías se encuentran [12]: Zinc, Cadmio, Mercurio, Plomo, Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida y Soluciones básicas o bases en forma sólida.

El **decreto 1220 de 2005** establece que las Corporaciones Autónomas Regionales, de Desarrollo Sostenible, los grandes centros urbanos y las autoridades ambientales tienen la potestad de otorgar o negar la licencia ambiental para la construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, recuperación y/o disposición final de residuos o desechos peligrosos.

Así mismo, el gobierno nacional expidió la **ley 430 de 1998** por medio de la cual se regula todo lo relacionado con la prohibición de introducir desechos peligrosos al territorio nacional, en cualquier modalidad y con la responsabilidad por el manejo integral de los generados en el país y en el proceso de producción, gestión y manejo de los mismos.

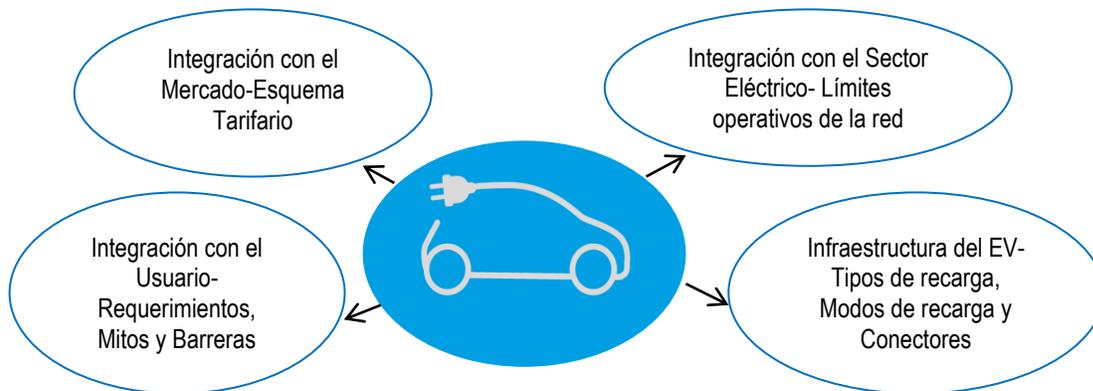
En el caso de los EVs, las baterías más utilizadas son a base de iones de Li (Litio), de Pb (Plomo) ácido, de NiMH (Níquel-hidruro metálico) y NiCd (Níquel Cadmio). La capacidad de almacenamiento de energía de estas baterías depende de su tipo y tamaño. La capacidad de almacenamiento de las baterías anteriores se tienen los siguientes valores: 16,8 kWh para las baterías de Pb ácido, 34,56 kWh para las baterías de iones de Li, 27,36 kWh para las baterías de NiMH y 5,5 kWh para un HEV con una pequeña batería de NiMH [12].

Aunque desde mediados de los años 90 los fabricantes de baterías han realizado avances para reducir la cantidad de contenidos peligrosos en las pilas y baterías (en especial los de mercurio, plomo y cadmio), estas no dejan de representar una amenaza para el medio ambiente. Es por esto que la correcta disposición de las pilas y baterías usadas permite la recuperación de materiales en procesos de reciclaje y evita que los residuos peligrosos sean liberados inadecuadamente en fuentes hídricas, en rellenos sanitarios o incluso como partículas en el aire cuando se utilizan métodos de incineración en su disposición final [13].

1.4 Estado del Arte - Regulación Técnica aplicada a los EVs

Los EVs, su masificación y comercialización en Colombia, sólo pueden ser garantizados si se cuenta con una regulación técnica, conjunto de incentivos y políticas que definan los requerimientos mínimos técnicos de operación de éstos y motiven al usuario en su compra. Actualmente en Colombia no hay una posición definida respecto a la regulación técnica a la que deben estar sujetos los EVs entrantes al país para su comercialización. "Si bien es cierto que hoy en día la mayor parte de los componentes por separado son regulados y estandarizados, se requiere establecer directrices específicas para vehículos eléctricos en su conjunto" [14]. Por tal razón, es necesario definir desde el punto de vista regulatorio qué aspectos y qué criterios deben ser evaluados al importar los vehículos eléctricos, que permitan estandarizar los requisitos técnicos mínimos que deben tener y las características de la tecnología que va a operar en el país, con el fin de facilitar su uso y comercialización. La formulación y adopción de un marco regulatorio facilitará la incorporación de los EVs en Colombia. Inicialmente se va explicar qué se ha hecho internacionalmente en normatividad de EVs y tomar como referencia la experiencia en otros países, donde la incorporación del vehículo eléctrico se encuentre en un estado más avanzado. Lo anterior permitirá definir qué tipo de regulaciones técnicas se ajustan mejor a las condiciones de movilidad y del sector eléctrico del país, para que los EVs puedan operar de forma óptima.

Se presenta una recopilación de carácter bibliográfico sobre las diferentes regulaciones y estándares, que se han definido a través de los años, sobre EVs, a nivel Nacional e Internacional, específicamente en los aspectos que se presentan en la Gráfica 1-1; **Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



Gráfica 1-1: Principales sectores involucrados en la masificación de los EVs

1.4.1 Normatividad Colombiana

Actualmente en Colombia, no existe ningún tipo de regulación sobre estandarización de los requerimientos técnicos para los EVs. Según [14], "la formulación de estándares técnicos, tiene que ser promovida por el

Ministerio de Minas y Energía, por medio de la Comisión de Regulación de Energía Eléctrica y Gas (CREG) quien determinará la regulación, planeación, coordinación y seguimiento de todas las actividades relacionadas con la prestación del servicio de energía eléctrica para los modos de transporte que incorporen tecnología de tracción eléctrica, además de los incentivos empresariales, que establezcan medidas arancelarias que reduzcan el gravamen para la importación de la tecnología”. En la revisión bibliográfica realizada, se encuentra que las regulaciones técnicas Colombianas, no incluyen especificaciones técnicas para EVs como un sistema de componentes interconectados. En éstas, cada uno de sus elementos es analizado independientemente, para usos generales. De esta manera, se encuentran normas técnicas para: motores eléctricos, conductores, baterías, medidas de seguridad, cargadores para baterías, clavijas y tomacorrientes para EVs.

A continuación se presentan las secciones de la Norma Técnica Colombiana NTC 2050, principalmente las secciones 511-8 y 511-9, referentes a los equipos para sistemas de carga externos a los EVs, ubicación de los cargadores para las baterías y disposición de los conectores. En la sección 625, se presentan principalmente los requerimientos y disposiciones de los equipos utilizados para realizar la recarga de EVs, niveles de tensión y corriente utilizados y algunos conductores utilizados para las recargas. Cabe aclarar que esta norma no aplica para motocicletas, bicicletas o vehículos similares, ni los vehículos eléctricos todoterreno autopropulsados como: carretillas industriales, grúas, elevadores, carritos de golf, equipo de apoyo en tierra a aeronaves, tractores, yates y similares.

Sección 511-8. Equipo para carga de baterías [15]:

Los cargadores de baterías, sus equipos de control y las baterías que se estén cargando, no deben estar ubicados dentro de lugares clasificados en el Artículo 511-3 de clase I (Hasta una altura de 0,5 m sobre el nivel del suelo, fosos o depresiones bajo el nivel del suelo, áreas adyacentes a lugares definidos o con ventilación de presión positiva, áreas adyacentes por permiso especial, surtidores de combustible y equipos portátiles de alumbrado).

Sección 511-9. Carga de EVs [15]:

- a) Generalidades:** Todos los equipos y alambrado eléctricos para carga de vehículos deben estar instalados según la Sección 625 de la norma NTC 2050, excepto lo modificado en los siguientes apartados b) y c). Los cordones flexibles deben ser de un tipo aprobado para uso extrapesado.
- b) Ubicación de los conectores:** No debe haber conectores instalados en lugares Clase I tal como los define el Artículo 511-3.

c) Conectores de clavija para los vehículos: Cuando haya conectores de clavija para la conexión directa a los vehículos, el punto de conexión no debe estar en un lugar de Clase I, tal como lo define el Artículo 511-3 y, si el cordón está suspendido del techo, debe estar colocado de modo que la posición más baja de la punta de la clavija quede como mínimo a 0,15 m por encima del suelo. Cuando exista un dispositivo automático que recoja el cordón y la clavija hasta donde no puedan sufrir daños físicos, no se exige un conector adicional en el cable o en la salida.

Con respecto a las tensiones utilizadas a nivel residencial, comercial e industrial se tiene que:

Sección 625 - Equipos para Sistemas de Carga de EVs [16]:

625.1. Alcance: Las disposiciones de esta Sección cubren a los conductores y equipos eléctricos externos a los vehículos eléctricos y que sirven para conectarlos a una fuente de alimentación por medios conductivos o inductivos y a la instalación de los equipos y dispositivos para la carga de vehículos eléctricos.

625-2. Definiciones:

- **Batería hermética para EVs:** Batería herméticamente sellada compuesta de una o más celdas electroquímicas recargables que no tiene salida de gases, que no permite la adición de agua o electrolito ni tiene medios para medir la densidad del electrolito.
- **Conector de EVs:** Dispositivo que actúa por conducción o inducción y que, conectado a un dispositivo de entrada en el vehículo eléctrico, establece conexión con una fuente de alimentación.
- **Equipo de suministro para EVs:** Los conductores, incluidos los puestos a tierra, los no puestos a tierra y los de puesta a tierra de los equipos, los conectores para vehículos eléctricos, clavijas y otros accesorios, dispositivos, salidas de fuerza o aparatos instalados específicamente para suministrar energía eléctrica desde las instalaciones de los predios hasta los vehículos eléctricos.
- **Vehículo eléctrico:** Vehículo tipo automotor para uso en carretera, como automóviles para pasajeros, autobuses, camiones, furgones y similares, propulsados fundamentalmente por un motor eléctrico que toma corriente de un sistema recargable de baterías, celda de combustible, montaje fotovoltaico u otra fuente de energía eléctrica.

625-4. Tensiones:

Si no se especifica otra cosa, los equipos de los que trata esta Sección se deben alimentar desde sistemas de corriente alterna con tensión nominal de 120, 120/240, 208Y/120, 240, 480Y/277, 480, 600Y/347 o 600 V.

625-5. Certificados o etiquetados: Todos los materiales eléctricos, dispositivos, accesorios y equipos asociados deben estar certificados o etiquetados.

625-9. Conectores para EVs: Los conectores para vehículos eléctricos deben cumplir lo establecido en los siguientes apartados (a) hasta (d):

- (a) **Polaridad.** Los conectores para vehículos eléctricos deben tener polaridad y una configuración que no sea intercambiable con tomacorrientes de otros sistemas eléctricos del predio. Los conectores certificados para vehículos eléctricos protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente, que cumpla lo establecido en la Sección 250, no deben ser intercambiables con conectores para vehículo eléctrico del tipo con puesta a tierra.
- (b) **Construcción e instalación.** Los conectores para vehículos eléctricos deben estar contruidos e instalados de modo que se evite el contacto accidental de las personas con partes del equipo de suministro del vehículo sus baterías que puedan estar energizadas.
- (c) **Acople.** El acople entre el conector para vehículos eléctricos y el dispositivo de entrada debe tener un medio adecuado que evite su desconexión accidental.
- (d) **Polo de puesta a tierra.** El conector de suministro para los vehículos eléctricos debe tener un polo de puesta a tierra que sea el primero que se conecte y el último que se desconecte con el dispositivo de entrada del vehículo.

Excepción: Los conectores certificados para vehículos eléctricos protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente que cumpla lo establecido en la Sección 250.

625-13. Equipo de suministro para EVs: Se permite que este equipo esté sujeto o se pueda conectar mediante cordón y clavija. El equipo no debe tener partes energizadas expuestas.

625-14. Capacidad nominal: El equipo de suministro para vehículos eléctricos debe tener una capacidad nominal suficiente para la carga que deba servir. A efectos de esta Sección, se considera que la operación para la recarga de un vehículo eléctrico supone una carga continua.

625-15. Rótulos: El equipo de suministro para vehículos eléctricos debe llevar un rótulo que indique "Para uso con vehículos eléctricos" ("For Use with Electric Vehicles").

625-16. Medios de acople: Los medios de acople con el vehículo deben ser de tipo conductivo o inductivo. Las clavijas, conectores de cordón, acoplamientos y dispositivos de entrada deben estar certificados o etiquetados para ese uso.

625-17. Cables: Los cables de los equipos de suministro para vehículos eléctricos deben ser de Tipo EV, EVJ, EVE, EVJE, EVT o cable flexible de Tipo EVJT. La longitud total del cable no debe superar los 7,6 m.

Se permite otro tipo de cables y conjuntos certificados como adecuados para ese fin, incluyendo conjuntos híbridos con cables opcionales de comunicaciones, señales y de fibra óptica.

625-18. Enclavamiento: Los equipos de suministro para EVs deben estar dotados con un medio de enclavamiento que desenergice el conector para vehículo y su cable del EVs siempre que el conector se desacople del vehículo.

625-19. Des-energización automática del cable. El equipo de suministro para EVs o la combinación cable - conector del equipo debe estar dotado de un medio automático que desenergice los conductores del cable y el conector del vehículo eléctrico si se produce alguna tensión mecánica que pudiera llevar a la rotura del cable o a la separación del cable del conector, con la consiguiente exposición de partes energizadas.

625-21. Protección contra sobrecorriente: El dispositivo de protección contra sobrecorriente de los alimentadores y circuitos ramales de los equipos de suministro para EVs, debe ser para uso continuo y tener una capacidad nominal no menor al 125 % de la carga máxima del equipo de suministro. Cuando haya conectadas al mismo alimentador o secundario cargas no continuas, la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser menor a la suma de todas las cargas no continuas más el 125 % de las continuas.

625-22. Protección de las personas contra falla a tierra: El equipo de suministro para EVs debe tener un sistema certificado que proteja a las personas contra descargas eléctricas. Cuando la corriente a tierra supere cierto valor preestablecido, que debe ser menor a la corriente necesaria para que se active el dispositivo de protección de sobrecorriente del circuito de suministro, el sistema debe desenergizar el equipo de suministro dentro de un periodo preestablecido. Si se utiliza un equipo de carga de EVs conectado con cordón y clavija, el interruptor de circuito por falla a tierra para protección de las personas debe formar parte integral de la clavija o estar ubicado en el cable de alimentación y a una distancia no mayor de 30 cm de la clavija.

625-23. Medios de desconexión: Los equipos de suministro para EVs de más de 60 A o más de 150 V a tierra, nominales, deben tener un medio de desconexión instalado en un lugar fácilmente accesible y que se pueda bloquear en posición de abierto.

625-24. Puesta a tierra: Todos los equipos e instalaciones eléctricas deben estar conectados equipotencialmente y puestos a tierra según lo establecido en la Sección 250 de la Norma NTC 2050.

625-25. Pérdida de la fuente primaria. Se debe instalar un medio que evite que, cuando haya pérdida de tensión desde la red pública de energía u otro sistema o sistemas eléctricos, la energía eléctrica no pueda

volver desde el equipo del vehículo hasta el sistema de alambrado de la propiedad. No se permite utilizar un EVs como fuente para suministro de reserva.

625-28. Ubicación de los equipos de alimentación para EVs en lugares peligrosos (clasificados): Cuando haya instalado un equipo de alimentación para vehículos eléctricos en un lugar peligroso (clasificado), se deben aplicar las disposiciones de las Secciones 500 a 516 de la Norma NTC 2050.

625-29. Ubicación de los equipos de alimentación para EVs en locales cubiertos: Se entiende por locales cubiertos, entre otros, los garajes integrados, anexos o separados de las viviendas, los aparcamientos cerrados y subterráneos, los garajes públicos con o sin taller de reparación y edificaciones agrícolas.

- (a) **Ubicación:** El equipo de alimentación para vehículos eléctricos debe estar ubicado de modo que se pueda conectar directamente al vehículo.
- (b) **Altura:** Si no está específicamente certificado para ese uso y lugar, el medio de conexión del equipo de alimentación para EVs debe estar ubicado o guardado a una altura no menor a 0,5 m y no mayor a 1,2 m sobre el nivel del piso.
- (c) **Ventilación necesaria:** Cuando se requiera, se debe instalar ventilación mecánica. La ventilación debe incluir el equipo de alimentación y el equipo mecánico de salida de aire, debe estar permanentemente instalada y comprende desde la toma de aire hasta la salida al exterior. La ventilación mecánica debe tener un tamaño adecuado para suministrar el caudal mínimo, en metros cúbicos por minuto, por cada plaza de aparcamiento equipada para cargar un EVs. Esto permite una ventilación suficiente para cualquier tipo de configuración del equipo de suministro para EVs y de los espacios para carga de los vehículos. La ventilación mecánica debe estar enclavada eléctricamente con el equipo de carga de modo que funcione durante todo el ciclo de carga. El equipo de suministro para EVs, los tomacorrientes y las salidas de fuerza, deben estar claramente rotulados con un aviso que indique "Para usar con todos los vehículos eléctricos" ("For Use with All Electric Vehicles").

Excepción: Los tomacorrientes monofásicos de 125 V y 15 o 20 A, ubicados en los espacios de carga de EVs que estén identificados con el rótulo "Para usar con todos los vehículos eléctricos" ("For Use with All Electric Vehicles"), deben tener un interruptor y estar enclavadas eléctricamente con el sistema de ventilación mecánica a través del interruptor del circuito de suministro del tomacorriente.

- (d) **Ventilación no necesaria:** Cuando el vehículo eléctrico tenga baterías herméticas o esté certificado o etiquetado como apto para cargarlo en locales cerrados, no es necesaria ventilación mecánica. El equipo de suministro para EVs, los tomacorrientes y las salidas de fuerza deben estar claramente rotulados con el aviso "Para usar sólo con vehículos eléctricos que no requieran ventilación" ("For Use Only with Electric Vehicles Not Requiring Ventilation").

625-30. Ubicación de los equipos de alimentación para EVs en lugares exteriores. Los lugares exteriores para carga de vehículos eléctricos son, entre otros, los estacionamientos y vías residenciales, estructuras de estacionamiento abiertas, bahías y plazas de estacionamiento e instalaciones comerciales de carga.

- (a) **Ubicación:** El equipo de suministro para EVs debe estar ubicado de modo que se pueda conectar directamente al vehículo.
- (b) **Altura:** Si no está específicamente certificado para ese uso y lugar, el medio de acople (conexión) del equipo de suministro para EVs debe estar ubicado o guardado a una altura no menor a 0,6 m y no mayor a 1,2 m sobre la superficie de parqueo.

Excepción: Los equipos de suministro portátiles conectados con cordón y clavija a salidas de tomacorriente monofásicas de 125 V y 15 o 20 A.

Por otra parte, el RETIE, en su sección 20-7, presenta los requisitos que deben cumplir los cargadores para baterías de los EVs. Esta sección especifica lo siguiente:

Sección 20-7: Cargadores de baterías para EVs [17]:

Los cargadores de baterías para EVs se clasifican según el modo de recarga de acuerdo con la IEC 61851, así:

- **Modo 1:** La conexión del EV a la red eléctrica se realiza directamente por medio de un tomacorriente monofásico o trifásico tipo doméstico, con una puesta a tierra incorporada. Tanto el cargador, el sistema de control y el cable hacen parte del vehículo.
- **Modo 2:** La conexión del EV a la red eléctrica se realiza por medio de un tomacorriente monofásico o trifásico tipo doméstico a través de un monitor de recarga, que puede tener incorporado o no el cable de recarga. La carga se limita a 10 A.
- **Modo 3:** La conexión del EV a la red eléctrica se realiza a través de una base con tomacorrientes especiales que se alimenta desde un circuito dedicado. El sistema de monitoreo de la recarga está incorporado a la base.
- **Modo 4:** Es el caso típico de estaciones de carga. La conexión del EV a la red eléctrica se realiza en corriente continua, en tiempo corto. El cargador se encuentra fijo y tiene las funciones de monitoreo de recarga y protección.

Sección 20-7-1: Requisitos de producto [17]:

Los equipos destinados a la carga de baterías de vehículos automotores de tracción eléctrica (EV), deben cumplir los siguientes requisitos adaptados de las normas IEC 61851-1, SAE J1772, UL 2594, UL 2231, UL 991, UL, 1998, UL 2251 y demostrarlo mediante *Certificado de Conformidad de Producto*:

- (a) Ser diseñados según las tensiones normalizadas en Colombia y para ser conectados a la instalación eléctrica domiciliaria, instalaciones eléctricas industriales, estaciones de carga o sitios de parqueo.
- (b) El cargador debe contar con los sistemas de protección que impidan accidentes a las personas o el daño del sistema de carga del vehículo o de la red de alimentación.
- (c) Marcado y etiquetado: Debe tener una placa con marcación legible y permanente con la siguiente información, parámetros que deben ser verificados mediante pruebas en el proceso de certificación:
 - Número de fases
 - Tensión Nominal de la fuente
 - Tensión máxima y mínima de la carga
 - Rata de carga
 - Marca registrada o nombre del productor en Colombia o del importador
 - Potencia consumida
 - Factor de potencia
 - Distorsión armónica

Sección 20-7-2: Requisitos de instalación [17]:

En la instalación se deben cumplir los preceptos de la norma IEC 61851-1 o de la sección 625 de la Norma NTC 2050, especialmente los siguientes:

- (a) Los cargadores de baterías de EVs deben ser revisados técnicamente con la periodicidad que recomiende el productor o por lo menos una vez al año si el productor no determina la frecuencia de revisión, para validar su funcionalidad.
- (b) En los modos de carga 3 y 4 deben tomarse las precauciones para prevenir la alimentación accidental de EV al punto fijo de alimentación.
- (c) Separación eléctrica: Una fuente no puesta a tierra que abastece un EV, debe tener una separación simple.
- (d) Se debe proteger el equipo de influencia externas tales como:
 - Presencia de agua: Cuando el punto de conexión está instalado al aire libre, el equipo será seleccionado con un grado de protección de al menos IPX4 para proteger contra salpicaduras de agua

- Presencia de cuerpos extraños sólidos : Cuando el punto de conexión está instalado al aire libre, el equipo deberá ser seleccionado o provisto de un grado de protección de al menos IP4X con el fin de proteger contra el ingreso de objetos pequeños
- Impacto: El equipo instalado en las zonas públicas y sitios de parqueo debe estar protegido contra daños mecánicos (impacto de la severidad media)
- La protección básica del equipo debe cumplir las siguientes opciones:
 - o Cada punto de conexión deberá estar protegido individualmente por un interruptor diferencial con una corriente residual de funcionamiento que no exceda de 30 mA a excepción de los circuitos que utilizan la medida de protección de la separación eléctrica. Los dispositivos seleccionados deben desconectar todos los conductores activos, incluidos el neutro.
 - o Dispositivo de protección contra sobrecorriente: Cada punto de conexión deberá ser suministrado por un circuito individual protegido por un dispositivo de protección contra sobrecorrientes.
- Cada enchufe o conector de vehículo debe estar situado lo más cerca posible del lugar de estacionamiento EV para su carga.
- Un enchufe o conector de vehículo deberá suministrar carga a un solo vehículo eléctrico.

En cuanto a normas para motores eléctricos, se encuentra la **NTC 2805**, se refiere a las máquinas eléctricas rotatorias y sus especificaciones nominales y características de funcionamiento. La **NTC-IEC 34-5**, presenta los grados de protección provistos para el diseño integral de las máquinas eléctricas rotatorias (código IP). Esta norma aplica a la clasificación de grados de protección suministrada por los encerramientos de las máquinas eléctricas rotatorias.

En el tema de sistemas de almacenamiento, la **NTC 978**, se aplica para baterías tipo plomo ácido y establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse las baterías tipo plomo-acido usadas en automotores, lanchas, tractores y aplicaciones de arranque, encendido e ignición equipados con sistema de carga regulado. Asimismo, la **NTC 978** abarca las baterías de arranque plomo ácido y los requisitos y métodos de ensayo.

Para conductores para baterías, se encuentra la **NTC 1955**, la cual establece requisitos para cable de batería de baja tensión, previsto para uso a una tensión de sistema nominal de 50 V valor eficaz, o menos en los sistemas superficiales eléctricos de vehículos.

1.4.2 Normatividad Internacional

“En el ámbito internacional existen muchas normas relacionadas con el EVs y sus implicaciones en la sociedad y más directamente sobre los usuarios del vehículo. En general, y debido a la tendencia masificación del vehículo en algunos países europeos, se han ido desarrollando y adoptando normas con el fin de establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, así como el buen funcionamiento de los componentes de los vehículos. Estas medidas pretenden eliminar cualquier barrera técnica al comercio, de modo que los requisitos se encuentren estandarizados y puedan ser aplicados en cualquier país” [18].

A nivel internacional se identifican entidades involucradas en la formulación de normas y regulaciones aplicadas a EVs y su entorno (Ver Figura 1-9).

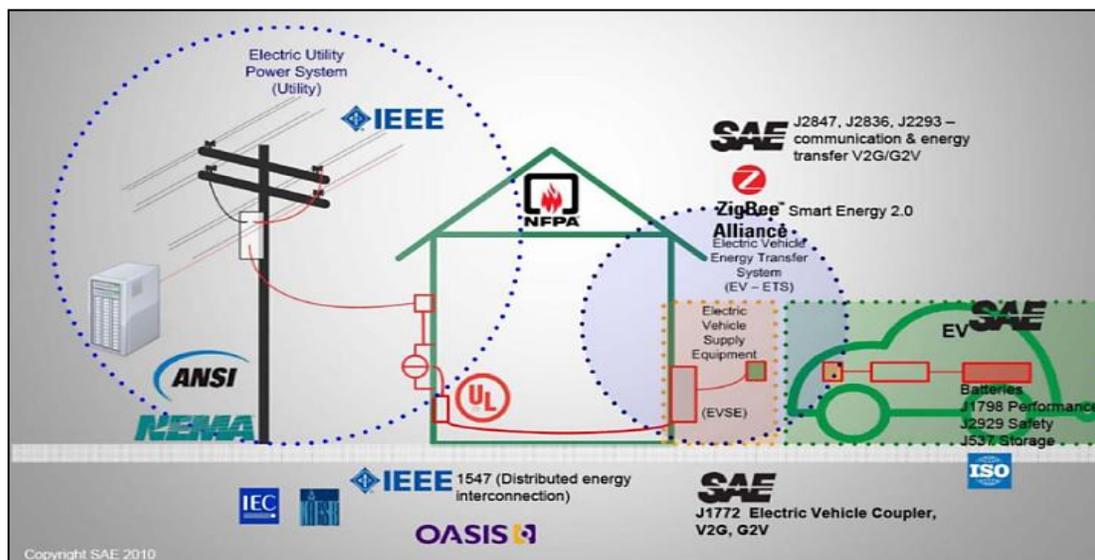


Figura 1-9: Entidades involucradas en la formulación de normas y regulaciones aplicadas a EVs y su entorno [18]

A continuación se presentan un conjunto de normas internacionales que sirven de referencia para la implementación de los sistemas de recarga para EVs en Colombia:

- **Seguridad asociada al uso de los EVs**

Reglamento No. 100 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE/ONU) — Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos con relación a los requisitos específicos del grupo motor-propulsor eléctrico [18]:

Las Naciones Unidas (CEPE/ONU, 2011) han adoptado la primera regulación internacional sobre seguridad de los vehículos híbridos y totalmente eléctricos. Este reglamento contempla condiciones mediante las cuales se asegure que los usuarios no se pondrán en contacto accidental con los cables de alta tensión. Se

establecen también medidas de seguridad para evitar que los vehículos arranquen cuando están siendo recargados. Se definen los requisitos generales de uso, indicando al conductor, entre otras cosas, si el sistema eléctrico está encendido para evitar que el vehículo se ponga en marcha. En este reglamento se prescribe además, una prueba estandarizada o 'test manual' para revisar el nivel de protección de todo el vehículo.

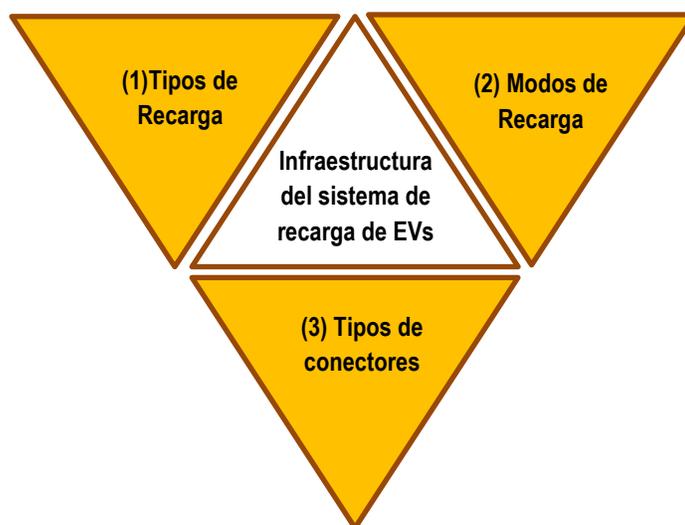
Este reglamento es de carácter internacional, para que los fabricantes puedan vender sus vehículos, acogidos a los requisitos allí contemplados y puedan ser comercializados no sólo en la Unión Europea sino en otros mercados importantes, como Corea del Sur, Japón y Rusia.

Norma ISO 6469-2009: Requisitos de Seguridad para EVs [18]:

Esta norma establece los requisitos mínimos que deben tener en cuenta los fabricantes a la hora de realizar los diseños de los vehículos de propulsión eléctrica y proporciona un marco con la información necesaria para el personal de seguridad y de servicios de emergencias que atienden accidentes relacionados con estos vehículos. La primera parte de la versión de la norma ISO 6469-1:2009, especifica los requisitos de seguridad de los sistemas de almacenamiento de energía recargable (RESS) de los vehículos de tracción eléctrica, incluidos los BEVs, los vehículos de pila de combustible (FCV) y los HEV, para la protección de las personas dentro y fuera del vehículo y del entorno del mismo. La segunda parte de la norma (ISO 6469-2:2009), define los requisitos para los medios de seguridad operacional y la protección contra los fallos relacionados con los riesgos específicos para los vehículos de propulsión eléctrica. La tercera parte de la norma (ISO 6469-3:2009), especifica los requisitos para los sistemas de propulsión eléctrica y sistemas conectados por conducción auxiliar para la protección de las personas dentro y fuera de un vehículo eléctrico.

- ***Infraestructura de los Sistemas de Recarga de EVs***

La infraestructura de los sistemas de recarga de los EVs, hace referencia al conjunto de elementos o servicios que se consideran necesarios para el funcionamiento, y en este caso, para la correcta recarga de las baterías de los EVs. La Gráfica 1-2 define los principales ejes relacionados con la infraestructura de los sistemas de recarga de los EVs.



Gráfica 1-2: Ejes principales involucrados en la infraestructura de recarga de los EVs

(1) Tipos de Recarga: Se relacionan con la potencia del punto de recarga, que se asocia con la duración de la recarga. Entre mayor sea la potencia de la infraestructura de recarga menor tiempo se requerirá para la recarga. La rapidez de la recarga se obtiene según el tipo de corriente eléctrica (alterna o continua) y los niveles de tensión, obteniendo distintos niveles de potencia eléctrica.

Estándar Norteamericano:

El EPRI, a través del NEC, en la sección 625, clasifica los diferentes tipos de recarga descritos a continuación [16]:

- **Tipo 1 - Sistemas de carga lenta o convencional - AC:** Tensión estándar de 120 VAC, comúnmente se encuentra disponible a nivel residencial o comercial. Debido a que a este nivel de tensión se proveen potencias bajas (Máxima de 1,4 kW), los tiempos de carga son prolongados, aproximadamente entre 8 y 24 horas.
- **Tipo 2 - Sistemas de carga semi-rápida - AC:** Este nivel de carga utiliza una tensión de 240 V-AC monofásico bifilar, es utilizado con mayor facilidad en el sector privado y público. El nivel de carga semi-rápida requiere un tiempo de carga entre 4 y 8 horas.
- **Tipo 3 - Sistemas de carga rápida - DC:** El nivel de carga rápida es implementado en aplicaciones comerciales y públicas, y es semejante a una estación comercial de gasolina. Este tipo de sistema de carga utiliza un nivel de tensión de 480 VAC trifásicos. El nivel de carga rápida requiere un tiempo de carga de aproximadamente 20 minutos.

Estándar Europeo:

En el caso Europeo, se definen cuatro (4) modos de carga, a través de la norma internacional IEC 61851-1 "Electric Vehicle Conductive Charging System"- Part 1: General Requirements, 2010 [19]:

- **Recarga Convencional:** La carga convencional monofásica emplea la intensidad y voltaje eléctricos del mismo nivel que la propia vivienda, es decir, 16 A y 230 VAC. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de cargas es de aproximadamente 3,7 kW.
Con este nivel de potencia, el proceso de carga de la batería tarda aproximadamente 8 horas. Esta solución es óptima, fundamentalmente, para recargar el vehículo eléctrico durante la noche en un garaje de una vivienda unifamiliar o garaje comunitario.
- **Recarga Semirápida:** Aplica para niveles de potencia que implican una carga con una duración de unas 4 horas aproximadamente. Emplea 32 A de corriente y 230 VAC de tensión. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de cargas es de aproximadamente 7,3 kW. Con este nivel de potencia, el proceso de carga de la batería tarda unas 4 horas. Esta solución es óptima, fundamentalmente, para recargar el vehículo eléctrico durante la noche en un garaje de una vivienda unifamiliar o garaje comunitario.
- **Recarga Rápida:** Emplea una mayor cantidad de corriente y, además, entrega la energía en corriente continua, obteniéndose una potencia de salida del orden de 50 kW. Debido a esto, las exigencias a nivel eléctrico son mayores que en la recarga convencional, lo que puede implicar la necesidad de adecuación de la red eléctrica existente. Con este nivel de potencia, el proceso de carga del 65% de la batería tarda aproximadamente 15 minutos. Desde el punto de vista del cliente, se asemeja a sus hábitos actuales para recargar de combustible, un vehículo convencional.

(2) Modos de Recarga: Se relacionan con los protocolos de comunicación entre el punto de recarga y el vehículo. Su impacto está en el nivel de control del proceso de carga entre el punto de recarga y el vehículo.

Estándar Norteamericano:

El EPRI, a través del NEC, en la sección 625, clasifica los diferentes niveles de carga descritos en la Tabla 1-4.

Tabla 1-4: Niveles de carga según estándar Norteamericano [19]

Nivel de Carga	Tensión	Corriente	Potencia	Tiempo de recarga estimado	Autonomía	Potencia equivalente
1- AC	120 V 120 V	12 A 16 A	1,4 kW 1,9 kW	PHEV: 7 hrs (SOC- 0% a full carga) BEV: 17 hrs (SOC- 20% a full carga)	3,2- 8 km por cada hora de carga	Tostadora
2- AC	240 V	80 A	19,2 kW	Para un cargador on board de 3,3 kW: BEV: 7 hrs (SOC- 20% a full carga) Para un cargador on board de 7 kW: BEV: 3,5 hrs (SOC- 20% a full carga) Para un cargador on board de 20 kW: BEV: 1,2 hrs (SOC- 20% a full carga)	16- 32 km por cada hora de carga	Secadora de ropa
1 DC-Carga rápida- EVSE incluye un cargador off-board	200-450 V DC	80 A	36 kW	Para un cargador off board de 20 kW: PHEV: 22 min (SOC- 0% a 80%) BEV: 1,2 hrs (SOC-20% a 100%)	~100- ~130 km	5 a 10 aires acondicionados
2 DC-Carga rápida- EVSE incluye un cargador off-board	200-450 V DC	200 A	90 kW	Para un cargador off board de 45 kW: PHEV: 10 min (SOC- 0% a 80%) BEV: 20 min (SOC-20% a 80%)		26 casas unifamiliares

Estándar Europeo:

La Norma IEC 61851-1:2002 e IEC 62196-1:2004 contempla los aspectos generales del sistema conductivo de carga para EVs. Establece los diferentes modos de carga que se pueden adoptar para la recarga de los EVs [19]:

- **Modo 1 - AC:** Infraestructura de recarga en tomacorriente convencional, que maneja una corriente de hasta 16 A y de hasta 250 VAC monofásico o 480 VAC trifásico. No existe comunicación entre la infraestructura de recarga y el vehículo. Sólo utiliza los conductores de potencia y de tierra de protección.
- **Modo 2 - AC:** Infraestructura de recarga en tomacorriente convencional, que maneja una corriente máxima de 32 A y de hasta 250 VAC monofásico o 480 VAC trifásico. Utiliza los conductores de potencia y de tierra de protección, junto con una función piloto de control que sirve para verificar la correcta conexión del vehículo a la red y un sistema de protección para las personas contra la descarga eléctrica (DCR, dispositivo de corriente residual) como parte de la caja de control integrada en el cable.
- **Modo 3 - AC:** Infraestructura de recarga con un tomacorriente especial que cuenta con un hilo piloto de comunicación integrado. Los dispositivos de control y protecciones ya se encuentran dentro del propio punto de recarga. La recarga utiliza un SAVE (Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico) dedicado, dotado de al menos un tomacorriente para uso exclusivo para recarga de EVs. La base del tomacorriente tiene 5 ó 7 hilos conductores, según norma IEC 62192-2. Las funciones de control y protección están en el lado de la instalación fija y maneja máximo una corriente de 64 A por fase para sistemas trifásicos (480 VAC).
- **Modo 4 - DC:** Infraestructura de recarga con convertidor a corriente continua. El EV se conecta a la red de Baja Tensión BT (AC) a través de un equipo que incluye un cargador externo que realiza la conversión AC/DC en la instalación fija. Las funciones de control y protección están en el lado de la instalación fija. Este modo sólo aplica para carga rápida o muy rápida, manejando una corriente de hasta 400 A para potencias entre 50 kW y 150 kW.

(3) Tipos de conectores: Relacionado con la configuración del conector, la cual influye en la compatibilidad del punto de recarga con el EV. El tipo de conector es la clavija para la conexión de la recarga del EV. Existen distintas marcas y modelos que presentan distintas configuraciones de número de entradas y para las comunicaciones con EV. Sin embargo, no hay estandarización.

Los más comunes son: tomacorriente tipo doméstico sin comunicaciones (convencional); tomacorriente con 3 entradas (tierra, fase y neutro) y 2 pins para comunicaciones; y tomacorriente con 5 entradas (tierra, tres fases y neutro) y 2 pins para comunicaciones.

Los tipos de conectores todavía no están estandarizados a nivel mundial. Existen varias clavijas, con diferente tamaño y propiedades. Ha habido un intento de unión entre los fabricantes alemanes y los norteamericanos con el sistema combinado, pero no se han puesto de acuerdo con los franceses y los japoneses [19].

- **Conector doméstico tipo schuko:** Se refiere a un conector cuya clavija responde al estándar CEE 7/4 Tipo F y es compatible con los tomacorrientes convencionales de Europa. Tiene dos bornes y toma de tierra y soporta corrientes de hasta 16 A, solo para recarga lenta y sin comunicación integrada (Ver Figura 1-10).



Figura 1-10: Conector Schuko [19]

- **Conector SAE J1772, o Tipo 1:** Es un estándar norteamericano, y es específico para EVs. Mide 43 mm de diámetro (Ver Figura 1-11). Tiene cinco bornes, los dos de corriente, el de tierra, y dos complementarios, de detección de proximidad (el coche no se puede mover mientras esté enchufado) y de control (comunicación con la red).
 - o Nivel 1: Hasta 16 A, para recarga lenta
 - o Nivel 2: Hasta 80 A, para recarga rápida



Figura 1-11: Conector SAE J1772 [19]

- **Conector Mennekes, o Tipo 2:** Es un conector alemán de tipo industrial, VDE-AR-E 2623-2-2, a priori no específico para EVs, mide 55 mm de diámetro (Ver Figura 1-12). Tiene siete bornes, los cuatro para corriente (trifásica), el de tierra y dos para comunicaciones.
 - o Monofásico, hasta 16 A, para recarga lenta
 - o Trifásico, hasta 63 A (43,8 kW) para recarga rápida



Figura 1-12: Conector Mennekes [19]

- **Conector único combinado o CCS (Combined charging system):** Representa una solución estándar entre fabricantes norteamericanos y alemanes (Ver Figura 1-13). Tiene cinco bornes, para corriente, protección a tierra y comunicación con la red. Admite recarga tanto lenta como rápida.



Figura 1-13: Conector CCS [19]

- **Conector Scame, o Tipo 3:** Conector conocido como EV Plug-in Alliance, principalmente apoyado por los fabricantes franceses (Ver Figura 1-14). Tiene cinco o siete bornes, ya sea para corriente monofásica o trifásica, tierra y comunicación con la red. Admite hasta 32 A (para recarga semi-rápida).



Figura 1-14: Conector Scame [19]

- **Conector CHAdeMO:** Estándar de los fabricantes japoneses (Mitsubishi, Nissan, Toyota y Fuji). Es el acrónimo de "CHArge de MOve", que se traduce como "carga para moverse". Está pensado específicamente para recarga rápida en corriente continua. Tiene diez bornes, toma de tierra y comunicación con la red. Admite hasta 200 A de intensidad de corriente (para recargas ultra-rápidas) (Ver Figura 1-15). Es el de mayor diámetro, tanto el conector como el cable.



Figura 1-15: Conector ChAdeMO [19]

Estándar Norteamericano:

La norma SAE J1772, hace referencia a los conectores eléctricos para EVs. Su principal finalidad es precisar un conductor estándar de carga para EVs que incluya las características físicas y eléctricas del conector, los requisitos de funcionamiento, requisitos dimensionales de la entrada del vehículo y el conector de acoplamiento.

Los conectores cumplen con las características mostradas en la Tabla 1-5 según cada nivel de carga.

Tabla 1-5: Características Conector para EVs SAE J1772 [20]

Nivel	Configuración	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)
Nivel 1 - AC		120	12	1,4
Nivel 2 - AC		120	16	1,9
Nivel 2 - AC		240	80	19,2
Nivel 1 - DC (Sistema combinado de carga)		200-450	80	36

Tabla 1-5: (Continuación)

Nivel	Configuración	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (kW)
Nivel 2 - DC (Sistema combinado de carga)		200-450	200	90

De la Tabla 1-5, se identifican dos tipos de conectores (Nivel 1 y 2-DC) que son una variante del conector para el nivel 2-AC y tienen incorporados un par de terminales para la carga en corriente continua con alto desempeño. Se relaciona con un nivel de carga rápida y es implementado en aplicaciones comerciales y públicas.

Estándar Europeo:

La Tabla 1-6 presenta los diferentes conectores asociados a los modos de carga según la IEC 62196-2 “Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for a.c. pin and contact-tube accessories”

Tabla 1-6: Conectores según modo de carga IEC 62196-2

Conector	Modo
	1

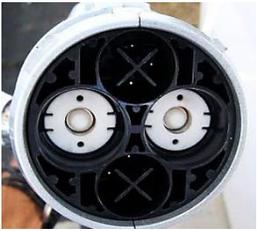
Tabla 1-6: (Continuación)

Conector	Modo
	2
	3
	Combo 2: Este conector es una extensión del conector para Modo 2. Tiene dos pines adicionales incorporados para carga de alto desempeño en corriente continua. Su tensión de operación es de 750 V-DC con una corriente de hasta 200 A.

Estándar Japonés:

La norma Japonesa JEVS (Japan Electric Vehicle Standard) G105-1993, presenta los detalles técnicos del conector que utiliza un protocolo de recarga de EVs, a través de corriente continua (CHAdeMO). Está diseñado para cumplir también con el estándar IEC-62196-2.

Tabla 1-7: Conector Japonés CHAdeMO

Conector	Modo
 	4

Ubicación del Equipo de suministro de Energía para los EVs (EVSE):

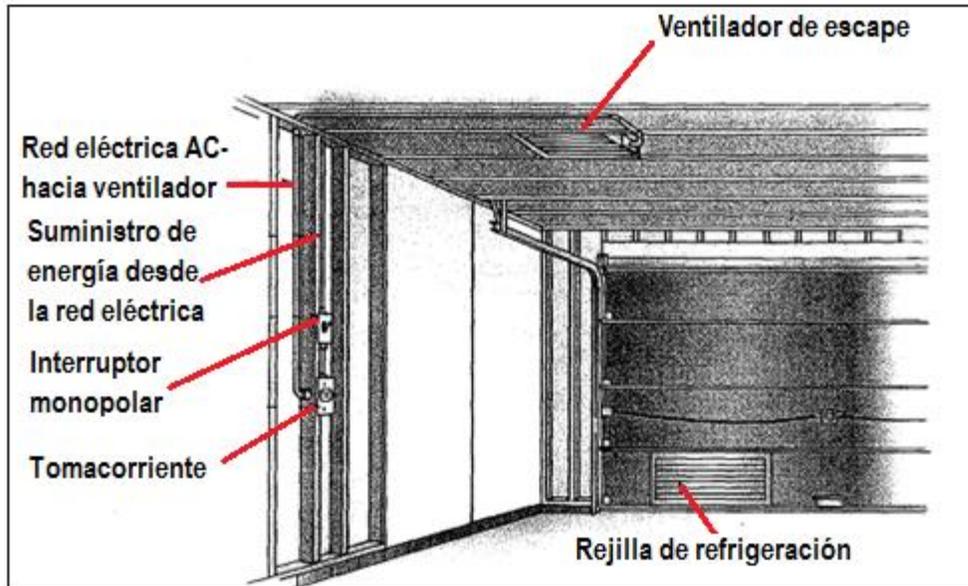
Un EVSE es el equipo o conjunto de equipos utilizados para entregar energía eléctrica proveniente de la red eléctrica a los EVs enchufables. El EVSE mantiene un canal de comunicación con el EV, con el fin de garantizar que el suministro de energía sea apropiado y seguro. Todo vehículo eléctrico enchufable requiere un EVSE. Los EVs deben cargarse regularmente, ya que en el caso de los PHEVs implica minimizar la cantidad de gasolina que consumen. Hay dos tipos de EVSE, los cuales difieren en la rapidez con que cargan un vehículo y de la ubicación, ya que pueden instalarse en instalaciones privadas o públicas.

El primer tipo se refiere a los niveles de carga 1 y 2, los cuales proveen corriente alterna (AC) al vehículo. El vehículo cuenta con sistema interno de carga (on-board) que convierte la corriente alterna (AC) a corriente directa (DC), necesaria para recargar las baterías.

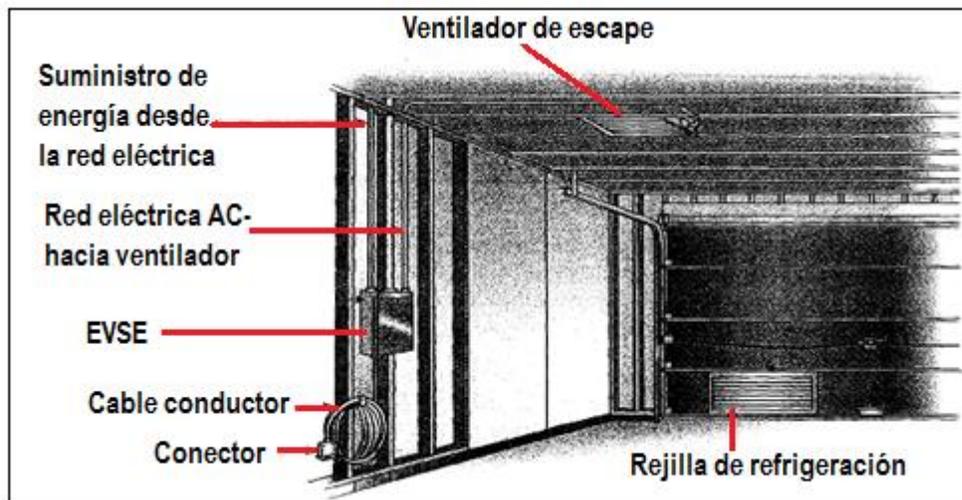
El segundo tipo se refiere al nivel de carga rápida en DC, el cual provee corriente directa (DC) al vehículo. El EVSE se encuentra fuera del vehículo (off-board) y cuenta con un sistema externo que provee la corriente directa al vehículo. Específicamente en la sección 625-11, se presentan los requisitos técnicos y de ubicación del equipo de suministro de energía (EVSE) entre la red y los EV, dispuestos a continuación [16]:

- Tensiones AC nominales: 120, 120/240, 208Y/120, 240, 480, 600Y/347 V
- Todos los equipos asociados al EV deben estar rotulados
- Conexión de conductor de Tierra
- Niveles de Carga: 1, 2, 3
- Longitud Conductor de conexión: Máx. 7,5 m
- Interruptor de seguridad: desconexión automática
- Ubicación del EVSE a una altura no menor a 45 cm del suelo y no mayor a 1,2 m

El NEC define la ubicación del EVSE, si se requiere ventilación o no, especialmente cuando las baterías son de ácido de Plomo o Zinc. En ambos casos se debe cumplir un mínimo nivel de ventilación y una máxima concentración de hidrógeno debido a las baterías por debajo de 10000 ppm (Ver Figura 1-16).



a)



b)

Figura 1-16: Ubicación EVSE cuando la instalación a) requiere ventilación y b) no requiere ventilación [16]

En el Anexo. A, se presenta una lista general de códigos y estándares aplicados a los EVs, definidos por instituciones Norteamericanas.

1.5 Estado del Arte - Incentivos para EVs

Según el diccionario de la Real Academia Española, la palabra “incentivo” hace referencia a un estímulo que se ofrece a una persona, grupo o sector de la economía con el fin de elevar la producción y mejorar los rendimientos. En materia de la masificación de los EVs en el mercado, tanto a nivel nacional como internacional se ha promovido el uso de este tipo de tecnologías, a través de la promulgación de decretos, acuerdos, políticas de incentivos para el usuario. Este tipo de incentivos son necesarios para promover la compra de EVs en Colombia.

1.5.1 Nivel Nacional

- **Normativa Arancelaria y Tributaria**

Actualmente no se han definido beneficios tributarios que cobijen a las empresas que utilicen EVs en el país. Sin embargo, se han establecido algunas medidas de beneficios tributarios para la promoción e implementación de transporte que utilicen tecnologías de tracción eléctrica. Desde el año 2009 Colombia promueve el uso de EVs principalmente a través de la exención de impuestos de importación para su compra.

La definición de arancel se asocia al tributo que se aplica a los bienes, que son objeto de importación o exportación. Generalmente, se añaden al valor del bien como un porcentaje de su valor, o pueden ser "específicos" como una cantidad determinada por unidad de peso o volumen.

La Tabla 1-8 presenta la lista de políticas de incentivos relacionadas con reducción de aranceles, que se han dado en el país y las entidades involucradas en su promulgación.

Tabla 1-8: Incentivos para EVs en Colombia

Año	Incentivo	Entidad
2009	Decreto 358-2009. Se modifica el arancel de aduanas (a 0%), asignado a un contingente de 100 Vehículos con motor eléctrico. Hasta Dic-2009	 Ministerio de Hacienda y Crédito Público República de Colombia

Tabla 1-8: (Continuación)

Año	Incentivo	Entidad
2010	<p>Decreto 2439-2010. Se modifica el arancel de aduanas (a 0%), para un contingente de 100 Vehículos con motor eléctrico. Hasta Dic-2010</p> <p>Decreto 4115-2010. Se modifica el arancel de aduanas (a 0%), para un contingente de 100 Vehículos con motor eléctrico. Hasta Dic-2011</p> <p>Proyecto de Ley (No. 023 de 2010): “Por medio de la cual se establecen medidas para la promoción e implementación de modos de transporte que incorporen tecnología de tracción eléctrica”:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Artículo 4°. <i>Incentivo empresarial.</i> Los Ministerios de Hacienda y Crédito Público y el de Comercio, Industria y Turismo, establecerán medidas arancelarias que reduzcan el gravamen para la importación de la tecnología, equipos y vehículos asociados al sistema de transporte que utilice para su tracción energía eléctrica, el cual estará comprendido entre el cero por ciento (0%) y el cinco por ciento (5%). - Artículo 5°. <i>Exenciones en el impuesto sobre vehículos.</i> Las asambleas departamentales y los concejos municipales y distritales, podrán fijar exenciones comprendidas entre el diez por ciento (10%) y el cuarenta por ciento (40%) en el impuesto sobre vehículos automotores, cuando estos vinculen o incorporen tecnologías de tracción eléctrica. - Artículo 6°. <i>Estímulos al uso.</i> Los Alcaldes Municipales y Distritales, adoptarán medidas que incentiven el uso de vehículos que incorporen tecnología de tracción eléctrica, entre las cuales podrán contemplar la eliminación de restricciones de circulación o pico y placa y la creación de zonas de estacionamiento. 	 <p>Ministerio de Hacienda y Crédito Público República de Colombia</p> 
2011	<p>Decreto 2658-2011- Se extiende el arancel de aduanas (a 0%), para el contingente de 161 EVs que no se importaron entre 2009 y 2010. Hasta Dic-2011</p> <p>Decreto 4931-2011- Se extiende el arancel de aduanas (a 0%), para el contingente de 161 EVs que no se importaron entre 2009 y 2011. Hasta Dic-2012</p>	 <p>Ministerio de Hacienda y Crédito Público República de Colombia</p>  <p>Ministerio de Comercio, Industria y Turismo República de Colombia</p> <p>Libertad y Orden</p>
2012	<p>Plan Acción 2012-2016: Se propone la transición del transporte público convencional (a gasolina y diesel), a gas y electricidad.</p> <p>Decreto 407-2012: Autorización de una operación piloto, dentro de la jurisdicción del Distrito Capital, de 50 vehículos automotores de transporte público individual de propulsión exclusivamente eléctrica, con una temporalidad de cinco (5) años contados a partir de la matrícula del vehículo.</p>	 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</p>  <p>BOGOTÁ HUMANA</p>  <p>Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible República de Colombia</p> <p>Libertad y Orden</p>

Tabla 1-8: (Continuación)

Año	Incentivo	Entidad
2012	Resolución 778 -2012, Resolución 186-2012- Reconversión tecnológica del parque automotor y promoción de la utilización de vehículos eléctricos e híbridos en los sistemas de transporte masivo en 0,33 % a 2015	 <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.</p> <p>BOGOTÁ HUMANA</p> <p>Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible República de Colombia</p> <p>Libertad y Orden</p>
2013	Decreto 2909-2913: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arancel de 0% para 750 EVs/año durante 3 años ▪ Arancel de 5% para 750 PHEVs de menos de 3 litros/año durante 3 años ▪ Aplica para: buses, taxis, automóviles, camperos y camionetas ▪ Importación anual de 100 estaciones de carga pública (electrolineras) con 0% de arancel durante un periodo de 3 años ▪ Los vehículos híbridos y eléctricos y su cargador no pueden superar los U\$52.000 FOB para acceder al beneficio. 	 <p>CONFIS</p> <p>Consejo Superior de Política Fiscal</p> <p>Ministerio de Comercio, Industria y Turismo República de Colombia</p> <p>Libertad y Orden</p>

1.5.2 Nivel Internacional

“Los incentivos gubernamentales para los vehículos eléctricos enchufables han sido establecidos por varios gobiernos de todo el mundo como un incentivo financiero para los consumidores a esta clase de vehículos. La cantidad de estos incentivos por lo general depende del tamaño de la batería y la capacidad eléctrica del vehículo. Algunos países han extendido los beneficios a los vehículos de pila de combustible y a los vehículos eléctricos híbridos” [15]. La Tabla 1-9 presenta un resumen de los principales incentivos que se han definido a nivel internacional, por país.

Tabla 1-9: Incentivos a Nivel Internacional [21, 22, 23, 24, 25, 26]

País	Incentivo	Año
Alemania 	BEV y PHEV están exentos de pagar el impuesto anual de circulación Exención fiscal para quienes compren EV con emisiones inferiores a 50 gCO ₂ /km Los EV (y los que emitan menos de 50 gCO ₂ /km) podrán aparcar en zonas especiales de estacionamiento y podrán circular por áreas restringidas a otros vehículos, así como por los carriles reservados a los autobuses	Desde 2010- Por un periodo de 5 años desde fecha de su primera matrícula
Austria 	EV están exentos del impuesto de consumo de combustible y del impuesto mensual de circulación HEV y otros vehículos de fuentes alternativas reciben bonos de hasta €800 por reducción de emisiones de CO ₂	Desde 2008 Hasta Ago-2012

Tabla 1-9: (Continuación)

País	Incentivo	Año
Bélgica 	<p>Descuento del 30% en impuesto sobre la renta por compra del vehículo incluyendo VAT(value added tax), por un valor máximo de €9510</p> <p>Deducción de hasta 40% en impuestos para inversiones en estaciones de recarga externa de acceso público, por un valor máximo de €250</p> <p>En la región de Vallonia el gobierno ofrece un eco-bono de €4500 para vehículos registrados antes de Dic-31-2011</p> <p>Vehículos que emitan menos de 105 CO2 kg/km obtienen descuento de 4100 EUR en el impuesto de registro</p>	<p>No aplica para PHEV Hasta Dic-2012</p>
Canadá 	<p>Provincia Columbia Británica: Es legal manejar un vehículo eléctrico de baja velocidad (Low speed vehicle-LSV) en la vía de transporte público</p> <p>Provincia Ontario: Existe un descuento desde CAD 5000 (aprox. US\$ 5050) para EV de 4 kWh hasta CAD 8500 (aprox. US\$ 8650) para BEV de 17kWh o más, para su compra o leasing para BEV nuevos</p> <p>Asignación de placa verde exclusiva para BEV e híbridos. Estos vehículos podrán utilizar las vías carpool (vías para vehículos con mínimo 2 pasajeros) hasta 2015 sin importar el número de pasajeros</p> <p>Pueden hacer uso de las estaciones de recarga y parqueaderos de la provincia</p> <p>Provincia Quebec: Existe un descuento de hasta CAD 8500 (aprox. US\$ 8650) para BEV nuevos de mínimo 4kWh</p> <p>Existe un descuento de CAD 1000 (aprox. US\$ 969,86) para EV híbridos nuevos</p> <p>Todos los EV con altas capacidad de baterías serán elegibles para un descuento/reembolso de CAD 8000 (aprox. US\$ 7758,92)</p>	<p>A partir de Jul-2010 Disponibles para los primeros 1000 EV Hasta Mar-31-2013 o hasta agotar presupuesto</p> <p>A partir de Ene-2012</p> <p>Hasta 2015 Máximo número de vehículos: 10000 BEV y PHEV 5000 HEV convencionales</p>
China 	<p>Incentivo de hasta 60000 yuan (aprox. US\$ 9281) para BEVs particulares y 50000 yuan (aprox. US\$ 7634) para PHEVs en cinco ciudades: Shanghai, Shenzhen, Hangzhou, Hefei y Changchun</p> <p>El subsidio se paga directamente al vendedor y no al consumidor</p>	<p>Para las primeras 50000 unidades vendidas</p>
Costa Rica 	<p>Eliminación del impuesto al consumo para EV (vehículos convencionales pagan el 30%)</p> <p>Exclusión impuesto importación para EV</p>	<p>Desde 2006</p> <p>Desde Ene-2013</p>
Dinamarca 	<p>Los BEV con un peso menor de 2000 kg están exentos del pago del impuesto de registro del vehículo. No aplica para los EV híbridos</p> <p>BEV no paga impuesto de matriculación</p>	<p>Desde 2011</p>

Tabla 1-9: (Continuación)

País	Incentivo	Año
España 	<p>Subsidio del 25% del precio de compra, con valor máximo de: €2.000 para vehículos con autonomía exclusivamente eléctrica no superior a los 40 km y no inferior a 15 km, €4.000 para vehículos con autonomía exclusivamente eléctrica superior a 40 km e inferior o igual a 90 km y €6.000 EUR para vehículos con autonomía exclusivamente eléctrica superior a 90 km</p> <p>Subsidio del 25% del precio de compra, con valor máximo entre €15000 y €30000 para otros tipos de EV como: buses y vans</p>	<p>Hasta 2013. El descuento aplica para el valor antes de impuestos que conste en la factura, del vehículo completo incluidas sus baterías, que se propulsen total o parcialmente con electricidad</p>
Estados Unidos 	<p>Crédito Fiscal Federal de hasta US\$7500 para comprar BEV distribuidos así: US\$ 2500 más US\$417 por cada kwh de capacidad de la batería por encima de los 5 kwh (la porción del crédito determinado por la batería no puede exceder los US\$ 5000)</p> <p>Los propietarios de EV también pueden utilizar los carriles HOV (High Occupancy Vehicle) de California sin cumplir con la restricción de ocupación</p> <p>Crédito por parte del ARRA (American Recovery and Reinvestment Act of 2009) del 10% del costo total de conversión de un vehículo convencional a un PHEV, con un valor máximo de US\$ 4000</p> <p>Crédito Fiscal Federal del 30% del costo total de comprar e instalar una estación de recarga residencial, con un valor máximo de US\$1000 por cada estación. El crédito se amplía hasta US\$ 30000 para grandes instalaciones (empresas comerciales)</p>	<p>Desde 2009 hasta 2015</p> <p>Hasta Dic-31-2011</p>
Estonia 	<p>Subsidio para los primeros 500 EV particulares</p>	<p>Desde 2013</p>
Francia 	<p>Reembolso de hasta € 5000 por compra de EV (BEV y PHEV) nuevos con emisión igual o menor de 60gCO₂/km</p> <p>Reembolso de hasta € 2000 por compra de HEV y vehículos a GNV nuevos con emisión hasta de 125gCO₂/km Zonas parqueo gratis</p> <p>Reembolso de hasta € 7000 por compra de EV (BEV y PHEV) nuevos con emisión igual o menor de 20gCO₂/km</p> <p>Reembolso de hasta € 5000 por compra de EV (BEV y PHEV) nuevos con emisión entre 20 y 50gCO₂/km</p>	<p>Desde Ago-2012</p> <p>Limitado al 30% del costo total del vehículo incluyendo VAT y el precio de la batería si es alquilada</p>
Grecia 	<p>EV (BEV, PHEV y HEV) están exentos de impuesto de registro del vehículo</p>	<p>Desde 2011</p>

Tabla 1-9: (Continuación)

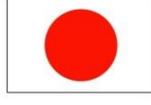
País	Incentivo	Año
Inglaterra 	<p>Subsidio de 25% del valor de compra de un EV, con un valor máximo de £5.000 (aprox. US\$7800). Pueden solicitar estas ayudas del gobierno los compradores de flotas, tanto públicas como privadas</p> <p>Subsidio de 20% del valor de compra de PEVs, con un valor máximo de £8.000 (aprox. US\$ 12167,6)</p>	<p>Desde Ene-2011</p> <p>Desde Feb-2012</p>
Irlanda 	<p>Subsidio de € 5000 para compra de EV nuevos</p> <p>Descuento de hasta € 2500 en el impuesto de registro del vehículo para BEV, PHEV y HEV</p>	<p>Desde Dic-2008</p> <p>Hasta Dic-2010</p>
Italia 	<p>EV están exentos del impuesto anual de circulación</p> <p>Reducción de hasta 75% en impuesto de consumo</p> <p>Acceso a zonas de parqueo gratis y libre recarga</p> <p>Subsidio de 35% del valor de compra de un EV, con un valor máximo de €2000, especialmente para motos</p>	<p>Desde 2011- Por un periodo de 5 años desde fecha de su primera matrícula</p>
Japón 	<p>Subsidio de compra para EV nuevos de 100000 yen (aprox. US\$ 1100) para modelos estándares o pequeños y de 50000 yen (aprox. US\$ 550) para modelos mini</p> <p>Subsidio para camiones y buses que cumplan los valores de eficiencia y criterios de emisión varían entre 200000 yen (aprox. US\$ 2100) a 900000 yen (aprox. US\$ 9600)</p> <p>Subsidios para usuarios que entreguen su vehículo usado (registrado mínimo 13 años antes) por un EV nuevo por valor de 250000 yen (aprox. US\$ 2700) para modelos estándares o pequeños y de 125000 yen (aprox. US\$ 1300) para modelos mini</p> <p>Hay subsidio para camiones y buses que cumplan los valores de eficiencia y criterios de emisión varían entre 400000 yen (aprox. US\$ 4300) a 1800000 yen (aprox. US\$ 19000)</p>	<p>Desde 2009 hasta 2010</p>
Luxemburgo 	<p>Incentivo de € 3000 para EV que emitan 60 gCO₂/km o menos y que tengan contrato de electricidad a partir de energía renovable</p>	<p>Hasta Dic-2011</p>
Mónaco 	<p>Subsidio del Gobierno de hasta € 9000 por valor de compra de EV</p> <p>EV tienen acceso gratis a parqueaderos públicos</p>	<p>Desde 2011</p>
Noruega 	<p>BEV están exentos de pagar: impuesto de compra, impuesto de circulación, tarifas de parqueaderos públicos y peajes. No aplica para PHEV</p> <p>Acceso gratis a parqueaderos públicos</p> <p>Pueden utilizar carriles de buses</p>	<p>Hasta 2017</p>

Tabla 1-9: (Continuación)

País	Incentivo	Año
Países Bajos 	Exención de impuesto de registro y de circulación para BEV y PHEV HEV están exentos de impuesto de registro y de circulación, siempre y cuando emitan menos de 95 gCO ₂ /km para vehículos a diesel o menos de 110 gCO ₂ /km para vehículos a gasolina Acceso gratis a parqueadero reservado para BEVs	Desde 2010
Portugal 	Subsidio de compra por valor de € 5000 para los primeros 5000 EV nuevos vendidos en el país Incentivo de € 1500 si el usuario entrega su vehículo usado como parte del pago del nuevo EV EV están exentos del impuesto de registro del vehículo	Desde 2011
República Checa 	EV para propósito de negocios están exentos de impuesto de circulación	Desde 2011
Rumania 	Incentivo de hasta el 25% del valor de comprar de un EV, con valor máximo de € 5000 Entrega de seis (6) bonos de más de €5000 por entregar vehículo usado a cambio de un EV	Desde 2011
Suecia 	Exención del impuesto anual de circulación para BEV y PHEV con un consumo de energía de 37 kWh/ 100 km o menor y para HEV con emisiones iguales o menores a 120 gCO ₂ /km. Reducción del impuesto de registro un 40% para BEV, PHEV y HEV, con un valor máximo anual de 16000 SEK (aprox. € 1868,99)	Desde Ene-2012- Por un periodo de 5 años desde fecha de su primera matrícula

- **Tarifa Diferenciada**

Una de las principales preocupaciones de los usuarios de EVs son los costos asociados a éstos, incluyendo: costo de adquisición, costo de mantenimiento, costo de repuestos y costos del kwh. Particularmente, en este último aspecto, se han dado cambios en el costo de la tarifa del kwh. A continuación, se presentan dos (2) casos donde ya se ha implementado una tarifa diferencial de energía según la hora.

España

Real Decreto 647/2011: A través de este decreto se crea un nuevo peaje de acceso supervalle que deberán pagar los consumidores con suministros con tensiones hasta 1 kV y potencias contratadas de entre 10 y 15

kW para la recarga del vehículo eléctrico. Dicha tarifa súper valle puede ser contratada tanto por empresas como por particulares.

Este nuevo peaje de acceso estará comprendido en 3 periodos, como se muestra en la Tabla 1-10:

Tabla 1-10: Tarifa diferencial de energía España [27]

Periodo	Tarifa
P1 (13:00-23:00)	97,6 €/MWh
P2 (23:00-01:00-01 y 7:00-13:00)	76,39 €/MWh
P3 (01:00-07:00)	54,14 €/MWh

Las tarifas se distribuyen de tal forma que en el período de mayor demanda de energía eléctrica sea más caro, pero que durante el período supervalle (de 1 a 7 de la mañana) sea mucho más económico. De esta manera resulta más económico recargar EVs durante la noche, periodo en el que la demanda eléctrica suele descender. La recarga de los EVs en este periodo supervalle contribuirá a facilitar la integración de la generación eléctrica en régimen especial, especialmente con las energías renovables. Además, el suministro de electricidad a este tipo de vehículos permitirá mejorar la eficiencia global del sistema eléctrico mediante una adaptación de su curva de demanda. Dado que la recarga de los vehículos se realizará principalmente por la noche cuando no están en uso y coincidirá con las horas valles de la demanda del sistema. Así, el EV consumirá electricidad en horas de menores costes y permite reducir el gasto energético del uso del EVs respecto al tradicional de combustión interna [27].

Por otra parte, se define la actividad del “gestor de cargas” que se asemeja a la figura del comercializador. La figura del gestor de carga se creó con el objetivo de convertir los servicios de recarga energética en una nueva actividad liberalizada. La regulación permite a estas figuras vender electricidad, una actividad hasta ahora restringida a las comercializadoras eléctricas. Así, los gestores son consumidores habilitados para la reventa de energía eléctrica para servicios de recarga energética de vehículos eléctricos. El gestor de cargas realiza servicios de recarga energética para EVs. Los gestores de cargas del sistema llevarán a cabo su actividad de recarga de los EVs de los consumidores en instalaciones propias por lo que es previsible que esta actividad se realice como negocio secundario en establecimientos como aparcamientos públicos o grandes centros comerciales [28].

Chile

La Compañía Chilena de Electricidad (CHILECTRA), empresa distribuidora de energía eléctrica en Chile, ofrece a sus clientes una tarifa llamada “Tarifa Horaria Diferencial Flex”, la cual diferencia el cobro de energía en tres tramos: día, noche y punta. [29]

Esta tarifa se basa en la tarifa BT-1 (normal), que está regulada por la comisión nacional de energía (CNE) y sólo aplica para empalme Monofásico hasta 16 kW. En el caso de clientes trifásicos, éste debe solicitar visita de vendedor de programado (Chilectrahogar), sujeto a presupuesto y validación (Ver Figura 1-17).

Beneficios de la tarifa:

- 30% de descuento, en Horario Nocturno, los 365 días del año.
- Sin límite de invierno (Abril a Septiembre)
- Mayor control en el consumo de energía en el hogar.
- Sin recargo sábados, domingos y festivos fijos (Días festivos que se celebran siempre en la misma fecha, y por lo tanto, no varían de un año a otro.)
- Los equipos eléctricos, como por ejemplo de calefacción (acumulador) o Termos Eléctricos, se pueden programar para que su consumo de energía sea en el horario más económico.

Para acceder a esta tarifa hay que ser cliente residencial. El dueño del inmueble o con su autorización es quien solicita el servicio y quien firma el Contrato de Suministro Eléctrico.



Figura 1-17: Esquema Tarifa diferencial de energía- Chile [29]

1.6 Necesidad de definir un marco regulatorio para EVs

La implementación de EVs, ya sea como una nueva tecnología o como un nuevo campo de aplicación de las tecnologías existentes, trae consigo desafíos en el ámbito de normalización. Especialmente, en campos de tecnología, tales como motores eléctricos, convertidores de potencia, baterías, cargadores y tecnologías

automotrices en general, cada una de ellas con sus propios requerimientos y limitaciones en el ámbito de la normalización [14]. Por tal razón, se deben desarrollar normas consistentes con el fin de evitar la proliferación costosa de las piezas y de software y la incompatibilidad entre los fabricantes existentes. Para ello, el apoyo tanto del gobierno nacional como internacional, es fundamental para el desarrollo de normalización liderado por la cooperación industria-universidad.

En Europa, hoy día la normalización y la interoperabilidad entre fabricantes son de particular importancia. Los conductores europeos pueden tener la seguridad de que pueden conducir de un país a otro sin encontrar sistemas de recargas incompatibles. Sin embargo, en el caso de los sistemas de carga rápida existe una competencia en normalización, ya que hay dos modos de carga, uno de ellos el protocolo CHAdeMO adoptado por la industria japonesa y el otro el sistema combinado de recarga (CCS) de la SAE y adoptado por EE.UU. y los fabricantes de Alemania [18].

En el caso de Colombia, no existe una posición definida respecto a la regulación que deben cumplir los EVs entrantes al país. Si bien es cierto que en la actualidad la mayor parte de los componentes están regulados por separado, es necesario establecer estándares específicos para los EVs como un conjunto [18]. Por lo tanto, se deben definir desde el punto de vista regulatorio qué aspectos y con base en qué criterios los EVs deben ser evaluados al importarlos. Como se trata de una nueva tecnología, debe venir respaldada por un reglamento que garantice la estandarización de requisitos técnicos mínimos y necesarios para que los EVs operen de forma óptima en el país. Esto no sólo facilita su uso, sino también su comercialización en el mercado. La formulación y la adopción de un marco regulatorio facilitarán la integración de los EVs en Colombia. Para lograrlo, el primer paso es estudiar lo que se ha hecho en el país en términos de regulación de EVs y después de haber definido esto, se puede tomar la experiencia en otros países como una referencia (no herencia), donde la introducción de EV está en una etapa más avanzada y estudiada.

1.6.1 Principales Retos

Los EVs entrantes a Bogotá D.C. deben ajustarse a una serie de condiciones propias de la ciudad, que pueden afectar el desempeño, eficiencia y operación de éstos. Por lo tanto, los EVs deben poder operar bajo estas restricciones sin verse afectados, sobre todo porque no han sido diseñados para trabajar bajo las condiciones de las ciudades colombianas. Las principales restricciones y retos están relacionados con:

A. Condiciones de topografía de Bogotá D.C.

La región donde se encuentra la ciudad de Bogotá DC se conoce como "altiplano Cundiboyacense", está rodeada de grandes montañas de norte a sur de la ciudad. En términos de superficie, Bogotá es la ciudad

más grande de Colombia y uno de las más grandes de América Latina. Se encuentra entre las treinta (30) ciudades más grandes del mundo y es la tercera capital más alta de América del Sur, con una ubicación a 2 625m sobre el nivel del mar, luego de Quito y La Paz [30]. El desempeño de los EV se ve afectado por la topografía de las ciudades [31]. Es decir, grandes lomas o pendientes generan un impacto directo en la forma en que la batería se carga y descarga a través del tiempo. En esta investigación, el modelo de consumo del EV fue validado con dos tipos de ciclos de conducción y en modo de velocidad constante, concluyendo que la altitud influye de manera significativa en el consumo de energía de la batería, ya que la energía se drena de manera diferente según sea el perfil de altitud del recorrido: con grandes altitudes el consumo es mayor que en terrenos planos. Teniendo esta referencia de investigación, se concluye que cualquier EV dispuesto a circular por la malla vial de Bogotá D.C., podría disminuir su rendimiento, sobre todo en los ciclos de uso de las baterías, debido a que varias localidades de la ciudad se encuentran ubicadas sobre la montaña.

B. Condiciones de la malla vial

En Colombia, las condiciones de las vías en las ciudades difieren significativamente de las que hay en otros países, como el caso de EE.UU y países europeos. En el caso de Bogotá D.C., la malla vial de la ciudad cuenta con más de 15,000 km, incluyendo vías del sistema de transporte masivo público. El denominado subsistema vial, que representa el 95% de la malla vial, está compuesto por vías arterias, intermedias y locales. El diagnóstico de las vías está asociado al estado de condición de cada una, medido con el Índice de Condición de Pavimento (PCI) que varía desde cero (0), para un pavimento en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado, así: $PCI \leq 25$ (Vías en mal estado), $26 \leq PCI \leq 55$ (Vías en regular estado) y $PCI \geq 56$ (Vías en buen estado) [32]. Con base en lo expuesto anteriormente, el estado de la malla vial de Bogotá se encuentra en un 51% en mal estado (Ver Figura 1-18):



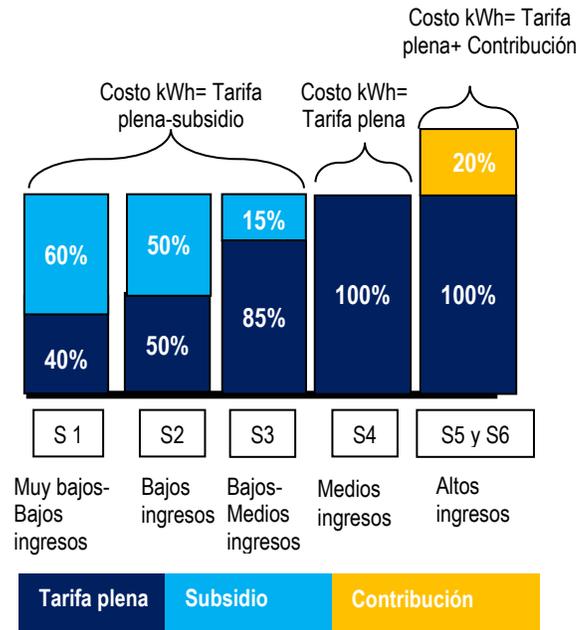
Figura 1-18: Estado de la malla vial de Bogotá D. C., Fuente: Base de Datos del Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial - IDU - Diciembre de 2011 [32]

Las cifras presentadas anteriormente, indican que se requieren altas inversiones para que la malla vial de la ciudad logre un estado de calidad apropiado y permita la implementación de EV sin afectar su eficiencia y desempeño en la ciudad.

C. Regulación del Mercado Eléctrico

Si hay una introducción masiva de EVs, es muy probable que la mayoría de los ciudadanos quieran recargar su vehículo en su casa o en el trabajo. Si esto sucede, muchos EVs estarían conectados a la red al mismo tiempo y los picos de carga aumentarían en gran proporción. Según [34], si no se tiene un control de la recarga de los EVs, la potencia pico en la curva de carga no se podrá controlar. Esto podría tener un impacto negativo en la red de distribución, especialmente en redes antiguas que necesitarían inversiones en infraestructura para mantenerse estables durante horas pico. Varios estudios han demostrado que si la recarga de las baterías se controla como es modelada en [35], bajo un esquema de “gestión de la demanda”, la recarga de EVs puede redistribuirse de horas pico a horas valle, a través de una distribución de carga. De esta forma, la potencia máxima de la curva de carga de la ciudad disminuiría y el control de la carga de EV aplanaría la curva de carga, teniendo varios picos al día [36, 37]. Este método tiene la principal intención de motivar al consumidor para que consuma menos energía durante las horas de mayor demanda (horas pico), de tal forma que traslade su horas de consumo a horas de poca actividad (horas valle), como en la noche o los fines de semana, cuando el precio del kWh es más baja, por lo que la factura de la luz puede ser reducido, en países con tarifa diferenciada.

Por otra parte, en el caso de Colombia, no existe una regulación asociada a la tarifa de energía aplicada para la recarga de EVs. Actualmente, la tarifa para el consumo de electricidad es establecida por la Comisión de Regulación de Gas y Energía (CREG) y es diferente para usuarios regulados y no regulados. El mercado regulado, que es contratado directamente y suministrado por las empresas de distribución, se aplica a los usuarios industriales, comerciales y residenciales con potencia instalada por debajo de 0,1 MW. En este mercado, la estructura de la tarifa es establecida por la comisión reguladora y el precio de kWh se cobra mensualmente, manteniendo el mismo valor en todo el mes. Por su parte, en el mercado no regulado, los consumidores con potencia instalada mensual mayor a 0,1 MW pueden negociar libremente y contactar con un comercializador o generador del mercado mayorista, a través de contratos de corto o largo plazo. En el caso del sector residencial, dependiendo del estrato socioeconómico en el que una persona viva, así será el subsidio que recibe sobre su tarifa mensual o por el contrario, la contribución que debe hacer sobre su tarifa mensual. Esto lo promulga, la ley 1117 de 2006, la cual define un subsidio del 60%, para estrato 1, del 50% para estrato 2 y del 15% para estrato 3. El estrato 4 paga la tarifa plena. Estrato 5 y 6, pagan una contribución del 20% sobre su tarifa. La Gráfica 1-3 ilustra el esquema del costo del kWh según estrato económico.



Gráfica 1-3: Costo del kWh según estrato económico

Bajo el esquema tarifario existente, no se puede identificar si un usuario de un EV, de estrato 6, carga su vehículo en casa de un familiar, amigo o colega de estrato 1, para pagar menos por el consumo de energía eléctrica. Ello indica que se requiere establecer una tarifa diferente para el cobro de la energía consumida por los EVs o que se debe implementar un sistema inteligente de identificación de cargas, que reconozca cuando se trata de un EV y asocie una tarifa específica a su consumo.

Esto significa que sería necesario establecer nuevos esquemas de tarifas para el cobro de la energía consumida en la recarga de los EV. En otros países, el cobro se incluye en la tarifa de energía mensual y el usuario tiene la opción de tener una tarifa diferenciada dependiendo de la hora de recarga. También está el esquema donde el usuario “paga lo consumido” a través de tarjetas de créditos, cuando la recarga se haga en centros comerciales, vía pública o parqueaderos públicos. O simplemente como incentivo a usar EVs, se permite la recarga gratuita de estos vehículos en ciertas zonas dispuestas por el estado.

Por esta razón, la masificación de EVs y su impacto sobre la red, depende principalmente de la flexibilidad de los usuarios (de qué tanto las personas están dispuestas a cambiar sus hábitos y adaptarse a esta nueva tecnología, conociendo sus limitaciones) y del precio asignado al cobro del kWh para los EVs, una de las principales barreras que tienen los usuarios para adquirir un EV.

D. Limitaciones en el desarrollo de Tecnología

Colombia, como país importador, no produce desarrollo tecnológico y no tiene fabricación y empresas de investigación en tecnologías de EVs. Por lo tanto, en el proceso de formular un marco regulatorio para esta

tecnología, el gobierno y grandes empresas deben realizar altas inversiones en transferencia de tecnología y conocimiento de los países desarrollados. Así como se debe fortalecer la cooperación entre Industria y Universidad, para fomentar el desarrollo de patentes en las áreas asociadas a EV.

E. Patrones de Conducción

Las personas están acostumbradas a conducir alrededor de 600 a 700 kilómetros antes de tener que recargar con combustible su vehículo [38]. Con la implementación de EV, habría un cambio de recargar con combustible el vehículo una vez a la semana, a recargar un EV todos los días. Esto modificaría los hábitos del conductor. Este debe adaptarse a nuevas rutinas de conducción, sujetas a la autonomía y recarga de baterías cada vez que sea necesario. Sin embargo, la introducción de EV representa una ventaja para las personas que viven en el campo, lejos de estaciones de gasolina, ya que si el vehículo se recarga continuamente en la casa del cliente podría reducir o eliminar totalmente la necesidad de visitar las estaciones de servicio. Actualmente, los vehículos convencionales - ICE siguen proporcionando un rango de autonomía prolongado para largos viajes, comparado con EVs. Por ello, las personas pueden sentirse prevenidas de adaptarse a un EV, pero factores como reducción de contaminación del medio ambiente y fomento de ciudades sostenibles, pueden hacer que las personas reconsideren esta posición.

Los patrones de conducción de las personas deben adaptarse a las actuales tecnologías de EV y todo lo que ello implica. En el caso de los BEVs, manejan un rango de autonomía menor que los ICE y ello puede ocasionar que las personas se sientan estresadas por quedarse sin energía, en especial si no hay estaciones de recarga rápida o estaciones de intercambio de baterías en la vía. Para el caso de los PHEVs, se tiene un rango de autonomía mayor gracias a un segundo tanque de combustible. Sin embargo, en caso de blackouts de energía, la batería no se podría recargar.

Una de las formas de controlar el impacto de los EVs en las redes de distribución, es identificando patrones de conducción, características, tiempo de carga y los porcentajes de penetración en el mercado de los EVs [39]. Particularmente, los patrones de conducción son importantes debido a que el impacto en la red de distribución, depende de dónde y cuándo los vehículos están siendo recargados. Durante el día, el vehículo puede estar en diferentes lugares, por ejemplo, en el garaje de la casa, en el trabajo, en un centro comercial, en la vía pública o en parqueaderos públicos. La incógnita principal es saber dónde y cuándo requerirán recargar su batería y cuántos de ellos lo harán de forma simultánea. Conociendo estos puntos de recarga, se podrían identificar dónde pueden producirse inestabilidades de la red y picos de carga y con ello, donde la red necesita refuerzo de infraestructura. Otro aspecto a tener en cuenta es cómo influenciar o modificar los patrones de conducción en las ciudades. En el caso de Bogotá D.C., el principal objetivo de los conductores es moverse en la menor cantidad de interrupciones o posibles inconvenientes. Sin embargo, las condiciones

de tráfico impiden que éste propósito se cumpla y aumentan la probabilidad de que los conductores sean agresivos mientras conducen. Esta situación se refleja en estudios que muestran que el error humano está implicado entre el 70% y el 90% de los accidentes [40]. De esta forma, se puede concluir que se debe formar y capacitar a los usuarios para seleccionar el EV más adecuado, modificar hábitos de consumo y de conducción que permitan darle un mayor desempeño a los EV.

F. Condiciones de Seguridad del tráfico

Las leyes de tránsito en Colombia, que incluyen la designación de los límites de velocidad, son a menudo ignoradas o muy poco acatadas por parte de los conductores. Esto crea condiciones peligrosas no sólo para los conductores, sino también para los peatones en las ciudades [41]. Por otra parte, estadísticas de Movilidad de Bogotá D.C. revelan que en el año 2011, se produjeron 34.115 accidentes de tráfico, en donde 11.241 de ellos involucraron al menos una persona lesionada y el 77,61% fueron causados por choques entre vehículos y el 12,32% causado por atropellos a peatones. Estas cifras indican que la introducción masiva de EV a la ciudad de Bogotá D.C., debe garantizar condiciones de seguridad para los usuarios, quienes están expuestos a accidentes y fallas técnicas de los EV. Se debe garantizar que los conductores conozcan y cumplan las mínimas condiciones de seguridad para manejar un EV y así evitar accidentes, que requieren un tratamiento diferente a accidentes con vehículos convencionales.

G. Condiciones de la Red de Distribución de energía eléctrica

En Colombia, el 64 % de la generación de energía se produce a partir de recursos hidráulicos, el 30,8% de recursos térmicos, el 4,8% de recursos menores y renovables y el 0,4% de recursos de cogeneración [41]. Por lo tanto, el país cuenta con una generación limpia y es por ello, que el mayor sector consumidor de combustibles fósiles no corresponde a la generación, sino al sector de transporte. Sin embargo, el proceso de migrar hacia parque automotor eléctrico, trae consigo retos en infraestructura eléctrica. Para garantizar la viabilidad de los EV en la ciudad de Bogotá D.C., se deben investigar los impactos que los EV tienen sobre la red de distribución, en términos de cantidad de potencia demandada, en tecnologías de sistemas de gestión necesarias para atender esa demanda, reglamentación para tarifas de energía, requerimientos en infraestructura de los sistemas de recarga y cargadores, mínima exposición de riesgo de las personas, costos de inversión que sean viables técnica y financieramente para el usuario y para el operador de la red.

En el caso del usuario, es importante saber cómo se van a recargar las baterías de los automóviles, ya que la tendencia es que la recarga se hace en casa. Pero en el caso de Bogotá D.C., hay viviendas en propiedad horizontal en donde el medidor está lejos del parqueadero. Asimismo, para el usuario es importante saber en qué proporción aumentará su consumo de energía. En el caso de Bogotá D.C., el aumento sí sería alto, pues el consumo habitual en hora pico está entre 1,2 y 1,3 kW y con el cargador de baterías del EV aumentaría

entre 3,5 kW y 7 kW [42], que representa aumento en la tarifa de energía. Además, en el caso de edificios y conjuntos residenciales, si el 25 % de los vehículos se vuelven eléctricos se puede alcanzar la capacidad máxima del transformador, que perderá vida útil si se sobrecarga. Por otra parte, una preocupación adicional del usuario, es la exposición a riesgos eléctricos al manipular los sistemas de recarga y cargadores de los EV. Por ello, se debe asegurar una alimentación confiable. Así por ejemplo, dado que según el modo de carga hay que convertir la corriente alterna, que se distribuye normalmente, en corriente directa, el manejo de puestas a tierra es muy importante. Estas son el medio de drenaje que necesita la mayoría de los equipos eléctricos, el mecanismo por el cual se envía la corriente a tierra cuando hay una condición de falla que sirve de protección al equipo pero sobre todo limita la exposición del cuerpo humano a una tensión letal.

En el caso del operador de red, es necesario realizar el planeamiento eléctrico de la red de distribución, para identificar cuánto potencia será demandada por esta nueva tecnología y los puntos específicos de ubicación de las subestaciones de tracción (sistemas de recarga). Se deben identificar las instalaciones requeridas (en residencias, en la calle, en centros comerciales, etc.), cómo incide esa demanda en el consumo global de la ciudad y cómo afecta el desempeño de las redes eléctricas, pues, si crece la demanda, se pueden generar desbalances de tensión, sobrecarga en los circuitos y generación de corrientes armónicas en el sistema. De esta forma, si no hay un sistema de gestión y la demanda aumenta desmesuradamente, el operador de la red tendría que empezar a cambiar su infraestructura, con altos requerimientos de inversión e implicaciones tarifarias (aumento para el usuario final), que se determinan con base en el costo de la infraestructura del sistema de distribución. Para evitar el sobredimensionamiento de las subestaciones, se deben tener en cuenta dos eventos que habitualmente no se consideran en el diseño de EV: la diversidad de la carga y las demandas coincidentes. Las cuales se refieren al hecho de que no todo el mundo consume lo máximo al mismo tiempo, sino que se da por coincidencia, es decir, las demandas son coincidentes.

H. Percepción del Cliente

A la hora de seleccionar un vehículo convencional para su uso privado, el cliente considera aspectos como: costo, apariencia, eficiencia y comodidad. En este sentido, los ICE tienen una amplia variedad de modelos y sus sistemas asociados (partes, repuestos, motores, etc.) ya se encuentran bien desarrollados [41]. En el caso de los EV, al seleccionar un tipo de tecnología, algunos aspectos a tener en cuenta pueden ser: costo de la batería, costo de la energía al recargar, mantenimiento, reparación y disponibilidad de piezas, rango de autonomía y tiempos de recarga. Dado que se trata de una tecnología emergente, todos sus sistemas asociados deberán ajustarse a los requerimientos de los usuarios y ello hará que el costo final del vehículo sea más elevado comparado a uno convencional. Sin embargo, de los aspectos más importantes por los cuales las personas piensan en migrar de un ICE a un EV, es su aporte a la reducción de emisiones contaminantes. Esto se debe a que los EV utilizan un motor eléctrico, que es más silencioso y más eficiente

que un motor de combustión en el que se pierde una gran cantidad de la energía en forma de calor. Para acelerar la adopción masiva de los EV en Colombia y en el mundo, se requiere capacitar al conductor, para que conozca y se familiarice con las diferentes tecnologías de EV. En el caso de Bogotá D.C., luego de realizar una encuesta para evaluar la percepción de las personas ante la entrada de EV a la ciudad, se concluyó que esta situación de desconocimiento es predominante entre los usuarios participantes [43].

2. Capítulo II: Evaluación de la percepción del usuario sobre EVs

La masificación de los EVs depende del usuario y de su disposición para adaptarse a esta nueva tecnología. Por tal razón, se hace necesario identificar los requerimientos, mitos y barreras que tiene el usuario o cliente de la ciudad de Bogotá, para adquirir un EV. Para ello, se desarrolló una metodología de evaluación, a través de una encuesta, con el fin de: identificar el potencial usuario de EVs y la tecnología potencial de EVs para operar en la ciudad de Bogotá D.C. Específicamente, se evaluaron los siguientes aspectos: patrones de manejo, rutinas de manejo, conocimiento sobre las tecnologías de EVs, disposición al cambio de su vehículo convencional, requerimientos, mitos y barreras para adoptar un EV, entre otros. A continuación se presenta la implementación de la metodología, los resultados obtenidos y el análisis de éstos.

2.1 Diseño de la Metodología de Evaluación (Encuesta)

2.1.1 Fase I: Prueba Piloto

A través de la prueba piloto, se buscó identificar las personas potenciales de comprar un EV. Por tal razón, una persona que asista a un concesionario de venta de vehículos es porque tiene el interés inmediato o a corto plazo de comprar un vehículo y basados en este criterio, se seleccionó el tipo de espacio y de personas a encuestar. Para determinar cuáles concesionarios visitar, se adquirió la lista de estos locales comerciales, legalmente registrados en la Cámara de Comercio de Bogotá D.C. (CCB) y con base en esa lista se utilizó el método estadístico de muestreo aleatorio simple, por medio del cual al total de concesionarios registrados en la ciudad (385 concesionarios), se les asigna un número aleatorio y luego se establece un orden de mayor a menor, se toma una muestra del 10% que incluía los primeros 39 concesionarios de la lista. De esta forma, en los concesionarios elegidos se tomó como criterio entrevistar a personas mayores de edad (18 años). En total, 195 participantes (135 hombres y 60 mujeres) aceptaron dar sus opiniones sobre la temática.

Definición de las preguntas: Las preguntas se enfocaron en aspectos como: patrones de conducción, indicadores de movilidad, conocimientos sobre EVs, disposición para adquirir un EV, interés a corto, mediano o largo plazo en adquirir un EV y principales expectativas de los EVs.

Los 195 participantes fueron entrevistados de manera presencial, a través de 28 preguntas que incluían respuestas: abiertas, cerradas o de calificación en escala de 1 a 5. Dichas preguntas evaluaron (4) aspectos:

- **Parte I- Identificación de cliente:** Preguntas enfocadas a determinar el perfil o las características de posibles potenciales usuarios de EVs en cuanto a: género, edad, ingreso promedio mensual, nivel de educación, entre otras.
- **Parte II- Conocimiento sobre EVs:** Preguntas enfocadas a evaluar qué conocimiento tiene el usuario sobre EVs y sus conceptos asociados. Específicamente, si la persona conoce sobre los diferentes tipos de tecnologías de EVs, los modos y tiempos de carga, rango de autonomía, velocidades máximas, precios, entre otros aspectos.
- **Parte III- Requerimiento, Mitos y Barreras del usuario:** Preguntas enfocadas a identificar los principales aspectos (positivos y negativos) que el usuario tendría en cuenta a la hora de comprar una tecnología de EVs, cuáles son los mínimos requisitos que debe cumplir un EV para poder adquirir uno.
- **Parte IV- Interés del Usuario en los EVs:** Preguntas enfocadas a conocer qué tan dispuestas están las personas a adquirir un EV, en cuánto tiempo (años), qué sobrecosto estarían dispuestas a pagar, en qué sector consideran que es más importante implementar esta tecnología y qué tipo de modelo de vehículo comprarían.

Tiempo empleado entre aplicación y digitación de los resultados: 04-Mayo 2013 a 03-Junio 2013

A partir de los resultados obtenidos en la prueba piloto y por recomendación de los encuestadores y de los encuestados, se realizaron cambios en las preguntas de la encuesta final a aplicar.

2.1.2 Fase II: Encuesta

Determinación del tamaño de la muestra: A través de la asesoría del grupo de Consultoría del programa de Estadística de la Universidad Nacional de Colombia, se determinó el tamaño de la muestra para aplicar la encuesta final. Para este cálculo se tuvo en cuenta que el error muestral no sobrepasara el 10%, principalmente para no exceder los costos presupuestados. Así mismo, tomar un error mayor al asignado, ocasionaría resultados no confiables.

Teoría del Muestreo [44]: Uno de los propósitos de la estadística inferencial es estimar las características poblacionales desconocidas, examinando la información obtenida de una muestra, de una población. El punto de interés es la muestra, la cual debe ser representativa de la población objeto de estudio. Una población está formada por la totalidad de las observaciones en las cuales se tiene cierta observación y una muestra es un subconjunto de observaciones seleccionadas de una población.

Errores en el Muestreo: Cuando se utilizan valores muestrales o estadísticos para estimar valores poblacionales o parámetros, pueden ocurrir dos tipos generales de errores: el *error muestral* y el *error no muestral*. El error muestral se refiere a la variación natural existente entre muestras tomadas de la misma población. Cuando una muestra no es una copia exacta de la población; aún si se ha tenido gran cuidado para asegurar que dos muestras del mismo tamaño sean representativas de una cierta población, no se espera que las dos sean idénticas en todos sus detalles. Los errores que surgen al tomar las muestras no pueden clasificarse como errores muestrales y se denominan errores no muestrales. El sesgo de las muestras es un tipo de error no muestral. El sesgo muestral se refiere a una tendencia sistemática inherente a un método de muestreo que da estimaciones de un parámetro que son, en promedio, menores (sesgo negativo), o mayores (sesgo positivo) que el parámetro real. El sesgo muestral puede suprimirse, o minimizarse, usando la aleatorización. La aleatorización se refiere a cualquier proceso de selección de una muestra de la población en el que la selección es imparcial o no está sesgada; una muestra elegida con procedimientos aleatorios se llama muestra aleatoria. Los tipos más comunes de técnicas de muestreo aleatorios son el muestreo aleatorio simple, el muestreo estratificado, el muestreo por conglomerados y el muestreo sistemático.

Si una muestra aleatoria se elige de tal forma que todos los elementos de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionados, entonces se llama muestra aleatoria simple. El muestreo estratificado requiere de separar a la población según grupos que no se traslapen llamados estratos, y de elegir después una muestra aleatoria simple en cada estrato. La información de las muestras aleatorias simples de cada estrato constituiría entonces una muestra global. El muestreo sistemático es una técnica de muestreo que requiere de una selección aleatoria inicial de observaciones seguida de otra selección de observaciones obtenida usando algún sistema o regla.

Error muestral de la encuesta: Del número total de concesionarios registrados ante la Cámara de comercio de Bogotá D.C., que son 384 en total, se pueden agrupar según el tamaño de la empresa, en cuatro (4) grupos: Grandes, medianas, pequeñas y micro empresas.

Para determinar la muestra de los concesionarios, en los cuales se aplicará la encuesta ya modificada, se parte del error muestral que esperamos obtener en los resultados. Para seleccionar este criterio, se tiene en cuenta el presupuesto acordado para la aplicación de la encuesta. Por tal razón, se toma como error muestral, un valor del 10%, que corresponde a realizar la encuesta en cuarenta y siete (47) concesionarios (tamaño de la muestra), como lo indica la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Error muestral y tamaño de la muestra Encuesta

Error Muestral	Medianas empresas	Piloto Medianas empresas	Micro-Empresas	Piloto Micro-Empresas	Pequeñas-Empresas	Piloto Pequeña-Empresas	Grandes Empresas	Total	Prueba Piloto	Total Encuesta
5%	25	3	93	20	65	16	5	188	39	149
6%	23	3	73	20	57	16	5	158	39	119
7%	21	3	58	20	49	16	5	134	39	95
8%	20	3	46	20	43	16	5	114	39	75
9%	18	3	38	20	38	16	5	99	39	60
10%	16	3	32	20	33	16	5	86	39	47

Metodología de Aplicación de la Encuesta: La prueba piloto se modificó de tal forma que el formato de la encuesta final quedó con 24 preguntas. Ésta fue aplicada en 47 concesionarios, para un total de 137 personas. El formulario constó de una (1) página y evaluó los mismos aspectos de la prueba piloto (Ver Figura 2-1)

The image shows a detailed survey form with multiple sections. It includes demographic questions, Likert-scale questions (e.g., '¿Qué tan importante es...?'), and a visual question at the bottom showing different EV models (Tesla, Nissan Leaf, etc.) for identification. The form is organized into columns and rows, with various input fields for text, numbers, and selections.

Figura 2-1: Formato encuesta de evaluación percepción usuarios de EVs

El número total de personas encuestadas se obtuvo de manera aleatoria siguiendo un método de muestreo aleatorio simple, donde de manera aleatoria se escoge al participante a encuestar. En este caso, teniendo el tamaño de la muestra de 47 concesionarios se procedió a investigar las horas de más alta concurrencia de los concesionarios durante la semana con el fin de aplicar las encuestas en ese tiempo. Con esta información se seleccionó el día y las dos (2) horas con mayor concurrencia. Durante ese tiempo, se aplicó la

encuesta cada tres (3) clientes. De esta forma, en promedio por concesionario se lograron encuestar de tres (3) a cuatro (4) personas.

Resultados obtenidos: El Anexo B presenta los resultados obtenidos en cada una de las preguntas de la encuesta aplicada.

Análisis de los Resultados: Los resultados obtenidos permiten concluir de forma general lo siguiente:

Parte I- Identificación de cliente:

- El 67% de los participantes fueron hombres
- El 65% tiene una edad entre los 18 y 37 años
- El 74% de los participantes pertenecen a un estrato 3 o 4
- El 50% de los participantes son profesionales universitarios
- El 50% tiene actualmente al menos (1) vehículo convencional y el 92% concuerda que su(s) vehículo(s) utilizan como energético la gasolina

La Tabla 2-2 muestra el patrón de movilidad de los usuarios en la ciudad y se puede ver que el 66% de los participantes utiliza su vehículo para ir al trabajo y recorre una distancia promedio diaria entre 20 y 60 km, conduciendo a una velocidad promedio entre 41 y 60 km/h. Lo trayectos anteriores requiere un tiempo de viaje diario entre 1 y 2 horas.

Tabla 2-2: Patrones de movilidad según encuesta

Patrones de Movilidad	Indicador	%
Tiempo de viaje diario	Entre 1 y 2 horas	52
Distancia (km) diaria	20-60	50
Velocidad diaria (km/h)	41-60	46%
Principal motivo de Viaje	Ir al trabajo	66

Por otra parte, el 76% de los participantes afirman que usualmente parquean su vehículo en su trabajo o en un parqueadero público (donde paga una tarifa por el tiempo de parqueo).

Parte II- Conocimiento sobre EVs:

Algunas encuestas revelan que hay un alto nivel de desconocimiento de las diferentes tecnologías de EVs y sus capacidades actuales [45]. Por lo tanto, si se quiere acelerar la adopción de EVs al nivel mundial, es necesario promover la adquisición de conocimiento de las diferentes tecnologías de EVs por parte del usuario y su familiarización con el vehículo.

En el caso de Bogotá D.C., esta situación es predominante entre los usuarios encuestados como se evidencia en la Tabla 2-3. La tabla muestra que el 64% de los participantes no tiene conocimiento sobre tecnologías de EVs y conceptos asociadas a éstos.

Tabla 2-3: Conocimiento en Tecnologías de EVs y conceptos asociados

Conocimiento en Tecnologías de EVs y conceptos asociados	Pregunta: ¿Tiene usted conocimiento sobre alguno de los siguientes temas?	
	Sí	No
Aspecto		
Vehículo Eléctrico de Baterías (BEV), Vehículo Eléctrico Híbrido (HEV), Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable (PHEV)	35%	65%
Rango aproximado de un EV (km)	41%	59%
Rango de velocidad aproximado de un EV (km/h)	46%	54%
Tiempo de carga aproximado de un EV	22%	78%
Precio de compra de un EV	45%	55%
Regulaciones técnicas en el país aplicadas a EVs	22%	78%
Incentivos económicos por parte del estado o de empresas privadas que promuevan el uso de EV	28%	72%

Parte III- Requerimientos, Mitos y Barreras del usuario:

Esta encuesta se indagó a los participantes sobre las necesidades que deben cubrir los EVs y cuáles son las principales razones por las cuales una persona estaría o no dispuesta a adquirir uno. En este caso, los resultados indican que en promedio el 93% de los participantes califica que la principal barrera para adquirir un EV, es el precio de compra de los EVs en primer lugar y luego, la falta de conocimiento de esta tecnología con un 87%.

Por su parte, el 64% de los participantes indicó que el principal aspecto que considerarían al momento de comprar un EV, sería porque éstos representan una tecnología amigable con el medio ambiente. El segundo aspecto más importante, es el precio de compra del EV, en un 61%. El tercer lugar, los costos y la facilidad del mantenimiento y reparación asociado a los EVs y el cuarto lugar, corresponde en un 54% al costo de recarga de los EVs.

En cuanto a los requerimientos que deben cumplir los EVs, para que el usuario adquiera uno, la encuesta reveló que al 55% de los participantes le gustaría (en caso de comprar un EV) recargar su vehículo en su casa. Así mismo, el 52% de los participantes afirma que un EV debe tener un rango entre 40 km y 200 km,

para poder adquirir uno. Por otra parte, el 77% de los participantes estaría dispuesto a recargar su EV, si ello requiere entre 30 minutos y 6 horas como máximo.

En materia de seguridad, el 52% de los participante afirma que en materia de seguridad, el aspecto que más les preocupar, es la seguridad en el manejo del sistema de recarga de los EVs.

Otros requerimientos que tiene el usuario están relacionados con el modelo de EV que estaría dispuesto a comprar. El 39% de los encuestados concuerda que un vehículo familiar para cinco pasajeros (estilo sedan o hatchback) se adapta mejor a sus necesidades.

Parte IV- Interés del Usuario en los EVs:

Desde el año 2009, el gobierno ha emitido varios decretos relacionados con la reducción de aranceles a cero (0%) para importar EV. Esto vehículos importados están conformados por flotas de vehículos de taxis, buses de transporte público y vehículos para uso interno de las empresas.

Esta situación concuerda con los resultados obtenidos de este estudio, los cuales indican que el 61% de los participantes considera que el sector más importante donde se debe implementar la tecnología de EVs, es el transporte público: Buses de Servicio Público, Taxis, SITP (Sistema interconectado de transporte público: Transmilenio, alimentadores,etc.)

Por otra parte, esta encuesta indica que el 79% de los participantes están interesados en comprar un EV y en caso de hacerlo, el 53% compraría una de tecnología PHEV. Esto indica que en el proceso de migrar de un vehículo ICE a un EV, el PHEV se ajusta mejor a las necesidades del usuario. Esto debido a que un PHEV combina un motor de combustión interna energizado por un combustible y un motor eléctrico alimentado de la red, lo cual provee confianza en términos de rangos, autonomías y tiempos de recarga.

Finalmente, los resultados obtenidos permiten identificar el perfil del potencial usuario de EVs, en la ciudad de Bogotá D.C., al cual se le atribuyen las siguientes características:

Perfil del Potencial usuario de EVs en Bogotá:

- Hombre
- 28-37 Años
- Estrato 3 y 4
- Nivel Profesional-Pregrado
- Propietario de (1) Vehículo convencional a Gasolina
- Su vivienda tiene parqueadero

- La velocidad promedio diaria de conducción es de 41-60 km/h
- En promedio al día usted se desplaza durante 1 y 2 horas
- El principal motivo para utilizar su vehículo es para ir al Trabajo
- Durante el día parquea su vehículo en el Trabajo
- El cliente está interesado en comprar un EV, específicamente un Vehículo Eléctrico Híbrido Enchufable (PHEV)
- No tiene conocimiento sobre EVs y sus conceptos asociados
- Considera que el sector más importante donde se debe implementar la tecnología de vehículos eléctrico es el Transporte Público (ej: Buses, taxis, transmilenio)

Perfil del Potencial Vehículo Eléctrico:

- El EV debe tener una autonomía mínima de 40 a 200 km
- En caso de adquirir un, principalmente al usuario le gustaría realizar la recarga eléctrica de su EV en su casa
- Pensado en comprar un EV, el usuario le da mayor importancia a los siguientes aspectos: los EVs son una tecnología amigable con el medio ambiente, les preocupa el mantenimiento y reparación del EV, su precio de compra del vehículo y el costo de recarga del vehículo
- Las principales barreras que tiene el usuario al momento de comprar un EV son: la falta de conocimiento de la tecnología, el precio de compra del vehículo, el tiempo de recarga y la seguridad asociada a los EVs.
- Específicamente, en materia de la seguridad que deben proporcionar los EV, el principal aspecto que puede preocuparle al usuario es la seguridad en el manejo del sistema de recarga
- Si el usuario comprara un EV estaría dispuesto a recargarlo solamente si esto requiere entre máximo 6 horas
- Si el usuario comprar un EV escogería un vehículo familiar (de 5) puestos) con maletero separado de la cabina, tipo Sedan.

3. Capítulo III: Modelo de Predicción Estadística de la masificación de EVs

La futura entrada de EVs al país tendrá un impacto sobre el sistema eléctrico de la ciudad (redes de distribución) y sobre el sistema de transporte (movilidad urbana). Por lo tanto, existe la necesidad de investigar cuál es la tecnología con mayor potencial de masificación en la ciudad. Este capítulo describe el diseño y aplicación de un modelo de predicción estadístico que determina la tecnología de EVs con mayor probabilidad de masificación en el tiempo basado en los requerimientos y necesidades de las personas en la ciudad de Bogotá D.C. Este modelo fue implementado en el software estadístico "R". La ventaja de este software es que es gratuito y de código abierto. Además permite analizar modelos lineales y no lineales, tests estadísticos, análisis de series temporales, algoritmos de clasificación y agrupamiento, etc.

3.1 Selección del Modelo de Predicción Estadística

Marco Conceptual

Predicción del Mercado: La predicción del futuro ha sido siempre uno de los principales objetivos de las empresas e instituciones investigativas. Los estudios de predicción permiten conocer el comportamiento futuro de ciertos fenómenos con el fin de planificar, prever o prevenir [46].

"En los últimos años se ha puesto un gran énfasis en mejorar el proceso de toma de decisiones y aquí es donde entra la idea de la predicción. Cuando se toman decisiones, el decisor se encuentra en general en ambiente de incertidumbre respecto a los sucesos que se pueden producir en el futuro. El problema con el que se enfrenta el decisor es elegir entre decisiones alternativas, teniendo en cuenta la utilidad de sus decisiones ante cada uno de los sucesos posibles. Estos sucesos son hechos, situados generalmente en el futuro, o que el decisor desconoce" [47]. En cualquier caso, el decisor podría lograr unos mejores resultados si en alguna medida logra reducir la incertidumbre sobre los sucesos situados en el futuro, o que el decisor desconoce. Las técnicas de predicción van dirigidas, precisamente, a reducir la incertidumbre sobre el futuro y, por lo tanto, reducir el riesgo a la hora de tomar decisiones.

Criterios para predecir: Al predecir se trata de calcular algún hecho futuro, en general, como resultado de un análisis racional o de un estudio de los datos existentes. Para que la predicción sea útil en el proceso de planificación es conveniente realizar predicciones múltiples y someterlas a un proceso continuo de revisión y perfeccionamiento. Si la predicción no se revisa, puede inducir a error si se usa como base para tomar nuevas decisiones [47]. Además, las condiciones en el ambiente donde se quieren realizar las predicciones

pueden cambiar muy significativamente en el tiempo, y aún si se mantienen, al transcurrir el tiempo los seres humanos responden de manera distinta ante las mismas condiciones. Por lo tanto, al realizar estas predicciones se deben incluir supuestos subjetivos que permitan manejar la incertidumbre relativa al comportamiento humano y a la variabilidad en el tiempo de las condiciones en el ambiente. En otras palabras, dado que las condiciones pueden cambiar significativamente, es importante justificar analíticamente por qué se cree que esas condiciones se mantendrán o se modificarán. Pero esas justificaciones son siempre “subjetivas”.

El hecho de que se recurra a herramientas matemáticas y estadísticas para ayudar a la predicción no implica que esta última vaya a ser acertada. Sólo se tiene una probabilidad de que las cosas ocurran dentro o fuera de ese rango [48]. Mientras más inestable sea la demanda del mercado, más relevante es la exactitud de los pronósticos y la verdad de los supuestos, y más cautelosos los procedimientos para realizarlos.

Tipos de predicciones: Existen diferentes tipos de predicciones dependiendo de qué es lo que se predice y que requerirán enfoques y técnicas distintas [47].

- **Predicción de los efectos de un suceso**

En este caso, se sabe que un suceso se va a producir en un futuro con certeza y se quiere determinar cuáles serán sus efectos. Por ejemplo, saber quién ganará las próximas elecciones, o qué efectos tendrá una ley que se promulgará próximamente o cuáles serán las ventas futuras de una nueva marca que sale al mercado, etc. El problema que se plantea es que el suceso puede ser único, por lo que o bien no se dispondrá de información relevante o será muy difícil de adquirir. El mejor enfoque posible en estas situaciones es buscar o generar datos relevantes, es decir, es preciso aumentar el conjunto de información relevante de alguna forma. Por ejemplo, para predecir el resultado de unas elecciones, se puede realizar un sondeo entre los electores, o para predecir el éxito de la introducción de una nueva marca en el mercado se pueden realizar pruebas de mercado.

- **Predicción del tiempo en que se produzca un suceso**

Esta clase de predicciones se cuestionan cuándo y si es que, se va a producir un determinado suceso, es decir, cuando serán las próximas elecciones o cuándo se producirá la recuperación de la economía. En algunos de estos ejemplos puede existir una secuencia de hechos similares en el pasado. En este caso, observando el patrón de los tiempos entre sucesos, se podrá predecir cuándo ocurrirá el próximo. Sin embargo, la manera habitual de trabajar es buscar indicadores adelantados, que son sucesos susceptibles de ocurrir antes del que se está tratando de predecir. Este enfoque se utiliza mucho para predecir puntos de cambio en la evolución de la economía.

Técnicas de Predicción: Con las técnicas de predicción se trata de hacer pronósticos lo más acertadamente posible sobre sucesos que todavía no han tenido lugar. Las predicciones que realizan la econometría o el estadístico están basadas en un análisis explícito de la información proporcionada por los sucesos ocurridos en un pasado más o menos inmediato [47]. Desde un punto de vista metodológico, los métodos de predicción se pueden agrupar en dos grandes bloques: métodos cualitativos (o tecnológicos o subjetivos) y métodos cuantitativos. Los métodos cuantitativos se utilizan cuando se cuenta con datos históricos, mientras que las técnicas de predicción cualitativas se utilizan cuando los datos son escasos o no están disponibles. Los métodos cuantitativos se utilizan cuando se espera que el patrón de comportamiento de los datos persista en el tiempo, y las técnicas cualitativas se usan para predecir cuando el patrón existente en los datos pueda cambiar.

En este caso, dado que no se cuenta con una referencia histórica de la masificación de EVs en el país, se utilizará un método cualitativo. Los principales métodos cualitativos son: el *método Delphi* y la *investigación de mercados* [49].

El método Delphi, basado en los mismos supuestos de las capacidades predictivas de las personas, conforma grupos heterogéneos de expertos cuyas opiniones son canalizadas por un coordinador para mantener la confidencialidad de quien las emite. Mediante su sistematización y un proceso iterativo donde todos acceden a las opiniones anónimas del resto, se logra hacerlas converger en una posición consensuada. El éxito del método depende en gran medida de la selección de los participantes, donde el conocimiento compartido supera la suma de las especialidades individuales de cada uno. A todos ellos se les solicita una opinión escrita y fundada sobre la materia en estudio. El coordinador prepara un informe donde incluye las opiniones, análisis y fundamentos de cada uno de los participantes y las distribuye al grupo, manteniendo la confidencialidad de quien las emitió. Los participantes deben emitir un segundo informe donde aceptan e incorporan parte de las posiciones de los otros o las rechaza argumentando la razón. El coordinador repite el proceso de recolección, sistematización y difusión de los nuevos argumentos en reiteradas ocasiones, hasta que puede apreciar que no existe posibilidad de mayor convergencia en las opiniones.

La investigación de mercados es un instrumento sistemático de recolección de información que considera prioritaria la opinión de los potenciales usuarios para tomar las decisiones adecuadas respecto de las características que se dará al proyecto [49]. La falta de bases de datos públicos con estadísticas completas y confiables, constituye una de las razones por la que se debe recurrir a este instrumento para conocer al consumidor, sus necesidades, preferencias e imágenes, costumbres, motivaciones, deseos, conocimiento de los beneficios del producto o servicio, precios dispuestos a pagar, segmentación y todos aquellos otros

antecedentes que permitan conocerlo y probar o refutar hipótesis respecto de un mercado específico. Además de caracterizar al usuario, cliente o consumidor, la investigación de mercados permite conocer el funcionamiento actual del mercado y determinar si en él se están cubriendo sus necesidades. Sin embargo, cualquiera sea la información que se recolecte, nunca será completa, por lo que se deberá considerar un área de incertidumbre que habrá de intentar reducir. Para que la muestra sea efectiva, debe ser representativa (de similares características y cualidades que el universo) y suficiente (no inducir a error). La investigación de una muestra respecto de un censo permite, además de reducir costos, lograr resultados en un menor tiempo. Si la muestra es representativa, se puede tener hasta un 99% de confiabilidad en los resultados que se obtengan. De esta manera, este estudio se basará en el método cualitativo denominado *“investigación de mercados”* y específicamente el mecanismo de recolección de información será a través de una encuesta.

Modelo seleccionado: Modelo Logit Multinomial

Este modelo permite obtener estimaciones de la probabilidad de un suceso e identificar los factores de riesgo que determinan dichas probabilidades, así como la influencia o peso relativo que éstos tienen sobre las mismas. Este tipo de modelo arroja como resultado un índice cuyos determinantes son conocidos y permite efectuar ordenaciones, las cuales posibilitan con algún método de estratificación generar clasificaciones. Para el caso más sencillo, el de una única variable explicativa, se trata de encontrar la relación que existe entre la variable explicativa y la endógena. Las posibilidades que se plantean son: Que la función que relaciona ambas variables sea una función lineal, caso en el cual se tiene, lo que se ha denominado, el modelo lineal de probabilidad. Este asume que la relación entre las variables explicativas y la variable explicada tienen un comportamiento lineal. Suposición que en muchos casos no se da, dando esta situación origen a los modelos de regresión no lineales, dentro de los cuales se encuentran ubicados los modelos Probit y Logit, siendo este último el que interesa y del cual a continuación se hace un análisis detallado sobre su estructura y los fundamentos teóricos que lo soportan [50].

La modelización Logit es similar a la regresión tradicional salvo que utiliza como función de estimación la función logística en vez de la lineal. Con la modelización Logit, el resultado del modelo es la estimación de la probabilidad de que un nuevo individuo pertenezca a un grupo o a otro, mientras que por otro lado, al tratarse de un análisis de regresión, también permite identificar las variables más importantes que explican las diferencias entre grupos.

Existen distintos tipos de modelos Logit en función de las características que presenten las alternativas que definen a la variable endógena (respuesta). Esta variable permite medir el número de grupos existentes en el análisis. Los modelos Logit se pueden clasificar así:

- *Logit dicotómico*: se utiliza cuando el número de alternativas son dos y excluyentes entre sí.
- *Logit de respuesta múltiple*: se utiliza cuando el número de alternativas a modelar son superior a dos.
 - *Logit con datos no ordenados*: se utiliza cuando las alternativas que presenta la variable endógena no indican ningún orden
 - *Logit con datos ordenados*: se utiliza cuando las alternativas de la variable endógena representan un orden entre ellas.

Cuando la variable endógena a modelar es una variable discreta con varias alternativas posibles de respuesta (j) se trata de un modelo de respuesta múltiple. Estos modelos se clasifican en dos grupos según si las alternativas que presenta la variable endógena se puedan ordenar (modelos con datos ordenados) o no se puedan ordenar (modelos con datos no ordenados) [51].

Uno de los aspectos más importantes de cualquier modelo es que se ajuste a la realidad, cuestión que cumple el modelo logit al realizar un análisis de posicionamiento. Esto se debe a que el posicionamiento no se apoya en el análisis de las características de cada una de las tecnologías sino que se refiere a la comparación entre tecnologías en un contexto de elección, aspecto que recoge la estructura del logit al considerar las variables independientes como diferencias con respecto a la media, lo que refleja el efecto de la comparación relativa entre las distintas alternativas.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hará énfasis en el modelo Logit Multinomial, ya que las variables explicativas del modelo son características con las mismas posibilidades de respuesta, tales como: precio del EV, precio del energético, autonomía, tiempo de recarga, entre otros aspectos.

Para definir el modelo de logit multinomial se formulará el proceso de elección del consumidor, basado en los axiomas de la teoría de la utilidad aleatoria, planteados por Manski (1977) y suscritos por diversos autores, como Guadagni y Little (1983), Ben-Akiva y Lerman (1985) o Kamakura y Russell (1989) [52].

La formulación de un Logit Multinomial se define a través de la Ecuación 3-1 la cual proporciona un conjunto de probabilidades para cada una de las alternativas que puede tomar un individuo.

$$P_{ij} = \frac{e^{\beta_j X_i}}{\sum_{j=0}^{J-1} e^{\beta_j X_i}} \quad (3-1)$$

Donde: i representa a cada individuo, j representa el índice asociado a cada alternativa y va desde 0 hasta $(J-1)$, X_i hace referencia a las características individuales asociadas a cada alternativa, β_j representa la utilidad dada a cada característica o peso de cada atributo de la alternativa j

Análisis de Regresión Lineal Múltiple

Para maximizar la función del modelo, se hace un análisis de regresión lineal múltiple. La finalidad de este análisis es encontrar el modelo más significativo (con la combinación de variables explicativas que más influyen sobre la elección de un tipo de tecnología). De igual manera, se busca elegir el modelo que con el menor número de variables explique más la variable respuesta, que en este caso es el tipo de tecnología. Después de un análisis de regresión lineal múltiple un modelo puede considerarse un “buen modelo”. El análisis de regresión lineal múltiple, a diferencia del simple, se aproxima más a situaciones de análisis real puesto que los fenómenos, hechos y procesos sociales por definición son complejos y en consecuencia, deben ser explicados en la medida de lo posible por la serie de variables que participan directa e indirectamente en su concreción [53].

El software “R” emplea diversos criterios para analizar la bondad del ajuste y comparar las estimaciones surgidas de diferentes especificaciones de dicho modelo: test de la razón de verosimilitud (similar al test F de Snedecor de la regresión, utilizado para contrastar si el modelo es significativo en su conjunto), el índice ajustado de la razón de verosimilitud (similar al R^2 corregido de la regresión, empleado como indicador de la bondad del ajuste del modelo), el valor estimado de la función de verosimilitud y, finalmente, el test t de Student (empleado para contrastar si cada parámetro individual es significativo estadísticamente) [52].

La anotación matemática del modelo o ecuación de regresión lineal múltiple se define como la Ecuación 3-2

$$Y = \alpha + \beta_{1x1} + \beta_{2x2} + \dots + \beta_{n \times n} + e \quad (3-2)$$

Donde: Y es la variable a predecir, α , β_{1x1} , β_{2x2} , ..., $\beta_{n \times n}$ son parámetros desconocidos a estimar, e es el error en la predicción de los parámetros

El análisis de regresión lineal múltiple permite responder las siguientes preguntas: ¿qué variables son las que mejor explican el hecho, proceso o fenómeno social objeto de estudio?; o, ¿qué variables no son necesario incluir en el modelo dada su nula o escasa capacidad explicativa? La inclusión de este proceso es lo que diferencia sustancialmente al análisis de regresión múltiple de la regresión simple [53].

Para realizar un análisis de regresión lineal múltiple se siguen los siguientes pasos:

1. Determinación de la bondad de ajuste de los datos al modelo de regresión lineal múltiple

2. Elección del modelo que con el menor número de variables explica más la variable dependiente o criterio. Para ello se aplica el proceso de “paso a paso” o stepwise
3. Estimación de los parámetros de la ecuación y del modelo o ecuación predictiva

- **Método de “stepwise”**

En el análisis de regresión múltiple, la estadística, pruebas y análisis que se aplican para determinar la relación y grado de asociación entre una variable dependiente y sus supuestas variables explicativas, así como la estimación de los parámetros de la ecuación, no difieren de los determinados en el análisis de regresión simple. La diferencia se da que en el análisis de regresión simple al contar exclusivamente con la relación de un par de variables en el proceso se resuelve en un solo paso y en el análisis de regresión múltiple es necesario calcular estadísticas, pruebas y análisis a medida que se van introduciendo y/o se obtienen variables independientes en el modelo [53].

En el análisis de regresión lineal múltiple, la construcción de su correspondiente ecuación se realiza seleccionando las variables una a una, “paso a paso”. La finalidad es buscar de entre todas las posibles variables explicativas aquellas que más y mejor expliquen a la variable dependiente sin que ninguna de ellas sea combinación lineal de las restantes. El proceso se inicia sin ninguna variable independiente en la ecuación de regresión y el proceso concluye cuando no queda ninguna variable fuera de la ecuación que satisfaga el criterio de selección (garantiza que las variables seleccionadas son significativas) y/o el criterio de eliminación (garantizar que una variable seleccionada no es redundante). Una vez determinado el modelo más significativo, se puede evaluar la probabilidad de escogencia de un tipo de tecnología bajo la influencia de las variables independientes más significativas.

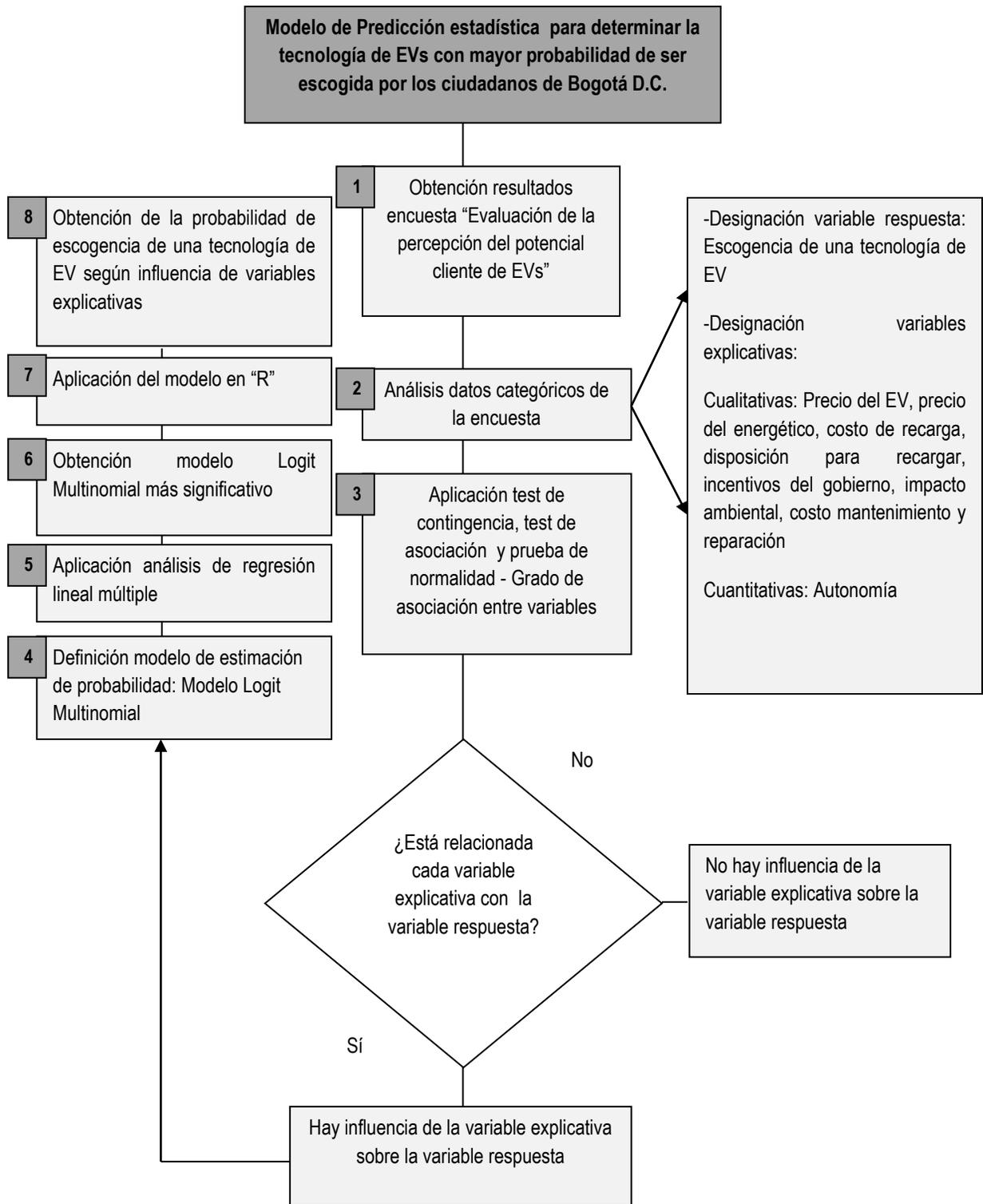
3.2 Metodología

Una vez definido el modelo y establecidas las variables que más inciden en la elección de un tipo de tecnología, se pueden obtener valores de probabilidad para medir la escogencia de una tecnología de EV por el potencial usuario de la ciudad de Bogotá D.C. y de esa forma tener una tendencia y generar el desarrollo de un marco regulatorio y de incentivos hacia esa tecnología. Para ello, se empleó la metodología planteada en la Gráfica 3-1. Dicha probabilidad se obtiene del análisis de los datos obtenidos de la encuesta realizada “*Encuesta de percepción del potencial usuario de EV en la ciudad de Bogotá D.C.*”

Desarrollo de la Metodología

- **Obtención resultados encuesta “Evaluación de la percepción del potencial cliente de EVs en la ciudad de Bogotá D.C.”**

Las preguntas de la encuesta realizada se enfocaron a determinar principalmente si el usuario está o no interesado en comprar un EV y en conocer en cuál tecnología específicamente estaría interesado y qué aspecto influyen sobre esa decisión. Tomando como referencia los siguientes aspectos: Precio del EV, precio del energético, costo de recarga, disposición para recargar, incentivos del gobierno, impacto ambiental, costo mantenimiento y reparación y autonomía del EV; se puede determinar la influencia que tiene cada una de estas variables en la escogencia de un tipo de tecnología de EV, específicamente entre las siguientes: Vehículo eléctrico puro o BEV (Battery Electric Vehicle), vehículo híbrido o HEV (Hybrid Electric Vehicle) y vehículo eléctrico híbrido enchufable o PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle).



Gráfica 3-1: Metodología para obtener el modelo de predicción estadística más significativo

- **Análisis de datos categóricos de la encuesta y aplicación test de contingencia, test de asociación y prueba de normalidad - Grado de asociación entre variables.**

Este proyecto considera las siguientes variables a evaluar:

Según la medición:

- **Cualitativas:** Tipo de tecnología de EV, precio del EV, precio del energético, costo de recarga, incentivos del gobierno, impacto ambiental, costo mantenimiento y reparación, estilo y apariencia y marca
- **Cuantitativas:** Autonomía del EV y tiempo de recarga

Según la influencia:

- **Explicativas:** Autonomía del EV, velocidad, precio del EV, precio del energético, costo de recarga, disposición para recargar (tiempo para recargar el EV), incentivos del gobierno, impacto ambiental, costo mantenimiento y reparación, estilo y apariencia y marca
- **Respuesta:** Tipo de tecnología de EV

El análisis de los datos se implementa en “R” con el fin de determinar el grado de asociación entre la variable respuesta y cada uno de las variable explicativas. Los resultados obtenidos indican que sólo existe asociación entre la variable dependiente (tecnología de EV) y la variable independiente: tiempo de recarga asociado al EV, ya que en los demás casos la hipótesis nula se rechaza ya que el p-valor es mayor a 0.05.

En el caso de la variable independiente: Autonomía, por ser una variable cuantitativa, se aplica un análisis de varianza, pero la variable no se distribuye normalmente y por ende se aplica la prueba de kurkall-Wallis. Dado que el p-valor obtenido es mayor a 0.05 tampoco existe asociación con esta variable.

- **Definición modelo de estimación de probabilidad: Modelo Logit Multinomial/Aplicación análisis de regresión lineal múltiple / Obtención modelo Logit Multinomial más significativo**

A través de un análisis de regresión lineal múltiple, se encuentra el modelo más significativo. Es decir, aquel que reúne las variables que mayor influyen sobre la escogencia de un tipo de tecnología de EV. Este modelo incluye las variables: Precio del vehículo, tiempo de recarga asociado a éste y autonomía y queda definido de la siguiente manera:

Tecnología= multinom (Tiempo_recarga +Autonomía_Velocidad + Precio_EV)

- **Aplicación del modelo en “R” /Obtención de la probabilidad de escogencia de una tecnología de EV según influencia de variables explicativas**

Los resultados obtenidos en “R”, permiten predecir la mayor probabilidad de escogencia sobre un tipo de tecnología de EVs, por parte de los usuarios de la ciudad de Bogotá D.C. En este caso, de acuerdo a las respuestas de los usuarios, la tecnología con mayor potencial de masificación es la híbrida enchufable o PHEV. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**Tabla 3-1 presenta la probabilidad de selección de cada tecnología.

Tabla 3-1: Probabilidad de selección de un tipo de tecnología de EVs

BEV	HEV	PHEV
25,55%	18,25%	56,20%

Estos resultados indican que se hace necesario formular un marco regulatorio aplicado a este tipo de tecnología, en primera instancia, así como una serie de incentivos que promueva su uso.

4. Capítulo IV: Marco Regulatorio técnico e Incentivos aplicados a EVs

Desde el año 2009, el gobierno ha promulgado incentivos para la compra de EVs a través de la designación de un contingente de 200 EVs entrantes al país con reducción de hasta el 0% hasta el año 2012. Luego, en el año 2013, se aprobó la reducción de arancel de 35% a 0% para 750 BEVs por año (buses, camiones, taxis, automóviles, camperos y camionetas) durante 3 años y del arancel de 35% a 5% para 750 PHEVs de menos de 3 litros (taxis, automóviles, camperos y camionetas) por año por un periodo de 3 años. Además se aprobó de importación anual de 100 estaciones de carga pública (electrolineras) con 0% de arancel durante un periodo de 3 años. Lo anterior indica que hasta el momento se está empezando a promover el uso de esta tecnología y por lo tanto no se cuenta con datos históricos sobre la adopción de EVs. Además, a esto se suma el hecho de que el número de contingente asignado ha sido utilizado mayoritariamente por las alcaldías y empresas públicas, para investigación y proyectos pilotos. Es decir, aún los EVs particulares o de uso privado no han incursionado en el mercado de la ciudad de Bogotá D.C.

Uno de los retos que debe afrontar la introducción de EVs, es la capacidad para ser masificados por el usuario particular. Para que ello suceda, se requiere de la definición de normas y regulaciones técnicas para los EVs, así como de mayores incentivos para que los usuarios adquieran un EV. Dado este contexto, a continuación se definen criterios a tener en cuenta para la formulación de un marco regulatorio técnico y de incentivos que permitan la masificación de EVs. Hoy día no existe este tipo de guía aplicada a EVs en el país y por ende, su definición es importante. No se trata de heredar lo que ya establecido en otros países, pero sí de evaluar qué normas técnicas e incentivos se adaptan a las condiciones de las ciudades colombianas.

La definición de un marco regulatorio para la masificación de EVs en Bogotá D.C., requiere de la articulación o integración de varios sectores, tales como: Transporte, energía y medio ambiente, por ejemplo. Es decir, no es posible analizar ni entender la necesidad de implementar la tecnología de EVs, de manera sectorial.

Así mismo, dentro de la formulación de políticas se pueden diferenciar tres niveles:

- **Estratégico**, el cual corresponde al primer nivel, donde se determina la necesidad de la implementación de una nueva tecnología. Se concreta la dimensión espacial relacionando la localización de oferta y demanda de servicios que ofrecen las ciudades, en el marco del ordenamiento territorial, determinando la accesibilidad del territorio, soportada en objetivos

generales de la política de transporte. Específicamente, da lugar a las infraestructuras viales y específicas para proveer energía a los vehículos.

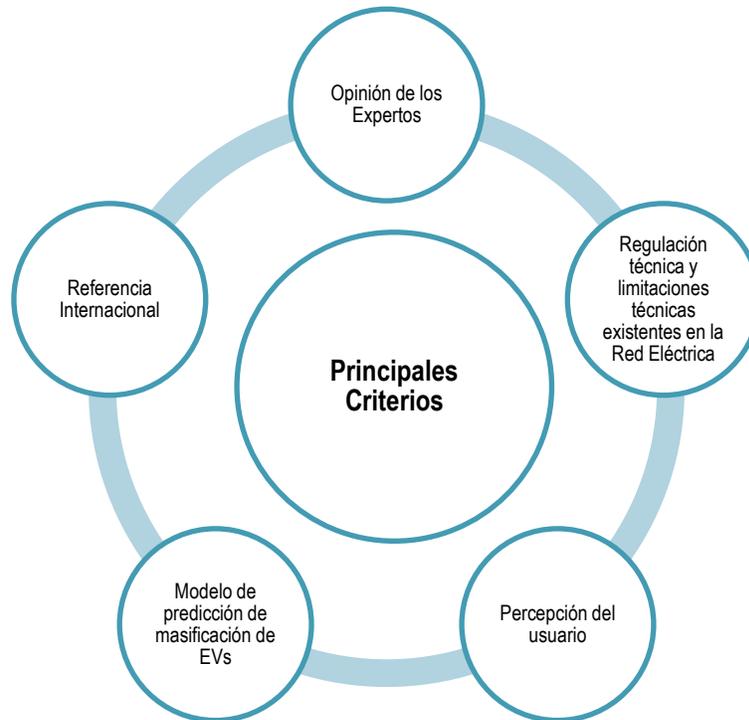
- **Táctico**, el cual corresponde al segundo nivel, donde se definen las particularidades del sistema de transporte (en cantidad y calidad) en todas sus modalidades, tanto de carga como de pasajeros, en los modos y medios actuales y futuros, para satisfacer los patrones de viaje que configura la demanda. Se plasma en el marco de un plan maestro de movilidad que desarrolle las políticas y estrategias previstas en el nivel anterior, en concordancia con la dimensión temporal.
- **Operacional**, el cual corresponde al tercer nivel, donde se define la particularidad técnica del sistema, es el más visible, conjuga además de la interacción de los 2 niveles anteriores, las particularidades del individuo y su entorno, con el diseño operacional de los diferentes subsistemas: público colectivo urbano de pasajeros, ciclo rutas, redes peatonales, vehículos privados, detalla rutas, frecuencias, horarios, tipos de servicio, y asigna competencias y recursos, entre otros.

4.1 Criterios para definir propuestas de regulaciones técnicas e incentivos aplicados a EVs

Para la definición de propuestas de regulaciones técnicas e incentivos aplicados a EVs, se definen un conjunto de criterios claves, basados en los resultados obtenidos de la evaluación de la percepción de los usuarios sobre EVs (encuesta) y de los resultados del modelo de predicción estadística para la masificación de EVs en Bogotá D.C.

Según el diccionario de la Real Academia Española, un criterio se define como “Norma para conocer la verdad”: En otras palabras, un criterio es la norma, regla o pauta, que determinada persona seguirá para conocer la verdad o falsedad de una cosa o cuestión. Desde el punto de vista de masificación de un producto en el mercado para definir un marco regulatorio se debe establecer un conjunto de criterios que fundamenten o sustenten la formulación de las normas o regulaciones.

Al definir un criterio, todo el conjunto de normas se basará en lo que éste establece. Servirá de referencia, pauta o guía. En el caso Colombiano, la formulación de un marco regulatorio aplicado a EVs y de incentivos que promuevan su uso debe establecerse basado en los criterios definidos en la Gráfica 4-1, los cuales se detallan a continuación:



Gráfica 4-1: Principales Criterios para definir propuestas de regulaciones técnicas e incentivos aplicados a EVs

4.1.1 Regulación técnica y limitaciones técnicas existentes en la Red Eléctrica

La operación de los EVs entrantes a la ciudad, está condicionada a cumplir los límites técnicos que existen y regulación en el sector eléctrico del país y específicamente el sistema de distribución secundaria de energía tales como la NTC 2050, la Resolución CREG 095, CREG 070 y el RETIE. Adicionalmente, la introducción de EVs, representa una carga no lineal que podría afectar la calidad de la potencia eléctrica. Por lo tanto, su operación también está sujeta a cumplir los indicadores de calidad dispuestos en la NTC 5001. Se busca que los EVs entrantes se adapten a los lineamientos existentes y que se defina qué debe cambiar para garantizar la implantación de los EVs, siempre que sea viable.

4.1.2 Opinión de Expertos

Para garantizar la masificación de un producto en el mercado, la estadística inferencial cuenta con métodos de predicción en el tiempo que permiten hacerlo. Sin embargo, cuando el producto es nuevo y no hay un pasado histórico que sirva de referencia, uno de los métodos que se utiliza para predecir es tomar como referencia la opinión de expertos en el tema en cuestión. De esa forma se llegará a un consenso sobre qué aspectos o circunstancias deben darse para garantizar la masificación del producto. En Agosto de 2013 se desarrolló un encuentro de expertos de diferentes sectores del mercado donde se expusieron los principales

temas a tener en cuenta ante la masificación de EVs. A continuación se recopilan los resultados claves obtenidos de este encuentro:

Tema: Estandarización técnica de los sistemas de recarga y conectores de EVs en Colombia

- Los estándares depende de las condiciones del país
- Se debe iniciar por las flotas privadas de empresas
- Todavía falta tiempo e inversiones para la recarga privada
- La regulación del sector eléctrico no contempla EVs. Se basa en regulación actual de instalaciones eléctricas
- Las empresas de distribución está trabajando en provisión de sistemas de recarga. Sin embargo, los operadores deben ponerse de acuerdo, estandarización Nacional
- Se debe hacer recomendaciones al RETIE
- La CREG debe definir la remuneración de nuevos activos asociados a los EV y la actualización de las unidades constructivas asociadas. Así mismo, debe establecer y regular los entes encargos de la construcción y comercialización de la infraestructura de los puntos de conexión de recarga
- Es necesario definir a qué agente del Mercado existente o Nuevo se le remunerará los nuevos activos asociados a los EVs
- Se debe definir si la instalación de la infraestructura de EVs en viviendas unifamiliares y multifamiliares, y lo hace el operador de red o el usuario

Tema: Incentivos aplicados a EVs y Políticas de gobierno

- Los incentivos condicionan la entrada de los EVs
- En Colombia no son posibles los subsidios. Por lo tanto, se deben gestionar políticas contundentes para desarrollo tecnológico e innovación que garanticen el mercado.
- Los incentivos deben estar relacionado con el incremento del precio del combustible
- Se pueden revisar propuesta como en Ecuador, donde hay impuesto de contaminación
- Buscar implementar Incentivos claves para convertir la masificación de Evs en motor de desarrollo económico: aranceles, quitar impuestos a empresas si producen EVs, producción/ensamble de EVs.
- Estrategia del Tratado de Libre Comercio (TLC) para proveer el suministro de EVs y sus equipos asociados desde Colombia hacia otros países de Suramérica
- Definición de una tarifa del kWh más económica para la recarga de EVs. Debe gestionarse la posibilidad de una tarifa diferenciada
- Las diferentes entidades debe buscar tomas medidas integradas y alineadas: los Ministerios y Alcaldías para tener una planificación eficiente

- Se requiere de políticas en eficiencia energética y movilidad eléctrica que sobrepasen los gobiernos cada 4 años

Tema: Estado de la Red Eléctrica

- Hoy día sólo se usa aproximadamente 30% de la red, cuyos componentes tienen una antigüedad de más de 30 años
- Se debe definir regulaciones técnicas asociadas a los procesos de medición de energía y la comunicación de los EVs con la red eléctrica, a través de sistemas inteligentes

Tema: Sistema de Transporte Público: Transmilenio

- Transporta más de 2 millones de usuarios. Su conversión a un sistema eléctrica implica inversión en infraestructura eléctrica y civil.
- Requiere modificación del diseño de vías, debido al peso asociado a los vehículos y sus grandes baterías
- El operador de Transmilenio tiene contrato por 24 años a una tarifa establecida. Por lo tanto, la solución no es cambiar la tarifa, con el fin de hacer la conversión a tecnología eléctrica. Una tecnología más eficiente al mismo precio podría compensar porque hay reducción en el costo de la energía

Tema: Riesgos asociados

- Se hace importante sensibilizar a los usuarios y en especial a los operadores de EVs. Una cartilla didáctica para el usuario sobre manejo de los sistemas de recarga y riesgos asociados a los EVs es relevante
- Se deben realizar acciones y planes de preparación para la llegada de la tecnología en formación, entrenamiento, condiciones de mercado y demás.
- La tecnología a masificarse debe adaptarse al sistema actual que permita

Tema: Barreras

- Se requiere socializar a los usuarios potenciales sobre las tecnología de EVs
- Es necesario crear conciencia verde en el mercado que permitan abrir mercado local y llegar a dinámicas mundiales
- Se deben identificar esquemas de negocios asociados a tecnologías de EVs. ¿Qué elementos periféricos se podrían desarrollar en el país?

- Principal preocupación → No hay capacidad de desarrollo tecnológico ni planes de gobierno que busque impulsarlo

Tema: Impacto Ambiental

- Mejoramiento de la calidad de vida de las personas reduciendo la emisión de gases contaminantes que no sólo afectan el medio ambiente, sino también la salud de las personas

4.1.3 Percepción del usuario

Un producto nuevo puede masificarse si tiene la habilidad de ser adaptado por muchas personas. Cuando esto sucede ocurre el fenómeno llamado “spread of mouth”, el cual se refiere a la capacidad de persuasión que tiene una persona para influir en otra, y hacer que ésta adquiera un producto sólo con hablarle de este y mostrar sus bondades o ventajas. De esta forma, conocer cuáles son las necesidades que tienen las personas en materia de: movilidad, seguridad, confort, economía, etc., definen cuál es el perfil del producto que puede adaptarse a sus requerimientos. Para obtener este perfil, se diseñó y aplicó una metodología de evaluación (a través de una encuesta) para conocer los requerimientos, barreras y percepción general que tiene el usuario de la ciudad de Bogotá D.C., ante la entrada de los EVs. Como se evidencia en el capítulo II, los resultados obtenidos permiten definir un perfil del potencial cliente de EVs en la ciudad de Bogotá D.C. y del potencial tipo de tecnología de EV que puede masificarse.

4.1.4 Modelo de predicción de masificación de EVs

Los estudios de predicción permiten conocer el comportamiento futuro de ciertos fenómenos con el fin de planificar, prever o prevenir. En el caso específico de los EVs y su incursión en Colombia, no se tiene una referencia de cuál tecnología tiene el mayor potencial de ser adquirida por el usuario. Dado que no se cuenta con datos históricos relacionados con la entrada de EVs al país, se implementó un modelo de predicción estadística logit multinomial para determinar las variables que más influyen en la elección de una tecnología de EVs sobre otra y así calcular la tecnología con la mayor probabilidad de ser adquirido por los usuarios.

Los resultados obtenidos y presentados en el capítulo III, indican que la tecnología con mayor probabilidad de ser escogida por los usuarios de la ciudad de Bogotá D.C. (bajo las condiciones de tiempo en las cuales fue aplicada la encuesta que es la base del modelo estadístico), es la tecnología de PHEV.

4.1.5 Referencia Internacional

Colombia, por ser un país en vía de desarrollo, ha tenido que evidenciar la implantación de nuevos productos, primero en otros países. En el caso de los EVs, países como Estados Unidos, China, Alemania, España, entre otros, cuentan con experiencia en lo que ha sido el proceso de implementación de los EVs en el mercado. Por tal razón, aunque no se trata de heredar lo existente en otros países, resulta rentable desde todos los aspectos identificar los problemas que dichos países enfrentaron, cómo los enfrentaron y cómo han garantizado la masificación de los EVs. Específicamente, a nivel internacional el transporte eléctrico se ha dado mayoritariamente en el sector de transporte público masivo: en buses, taxis, metros, etc., y en flotas empresariales para empresas. Por ello, en el caso Colombiano, es conveniente evaluar desde qué sector del mercado se dará la masificación de EVs.

El capítulo I presenta un estado de arte de la regulación técnica aplicada a EVs y de los incentivos económicos para promover el uso de EVs, a nivel internacional. Este análisis es fundamental para la definición de la normativa que aplicará para los EVs entrantes al país, ya que es la referencia para establecer una estandarización de los componentes e infraestructura de EVs y un conjunto de incentivos económicos a nivel Nacional. A continuación se presenta una propuesta que reúne una serie de incentivos y regulaciones técnicas que pueden aplicarse a la tecnología con mayor potencial de masificación en el país. De esta manera, se tendrá una referencia sobre cómo será el impacto sobre la movilidad urbana y el sector eléctrico, de la tecnología que se ajusta a las necesidades y requerimientos del usuario.

4.2 Marco Regulatorio técnico e incentivos aplicados a EVs

El concepto de Marco Regulatorio se relaciona con el término de “regulación”, definido según la Real Academia de Lengua Española como “Acción y efecto de regular” y “regular” a su vez se define como “Determinar las reglas o normas a que debe ajustarse alguien o algo” [54]. Es decir que un marco regulatorio representa la base sobre la cual se definen un conjunto de lineamientos o normas, que sirven de referencia para garantizar el correcto cumplimiento o funcionamiento de un producto.

Particularmente, la formulación de un Marco Regulatorio para la integración óptima de EVs con el sector eléctrico y la movilidad urbana de la ciudad de Bogotá, consiste en establecer regulaciones o lineamientos que direccionen y sirvan de guía en la definición de los requisitos que un EV debe cumplir para operar de forma óptima en la ciudad de Bogotá. De esta manera se puede garantizar una estandarización en las condiciones de operación de los EVs entrantes al país.

Este Marco Regulatorio facilitará la incorporación del EV en diferentes sectores, a través de la definición de regulaciones relacionadas con: homologaciones de un vehículo convencional a uno eléctrico puro o híbrido, mantenimiento de los EVs, requerimientos de operación (infraestructura), seguridad, precio de la energía asociada al consumo de EVs, entre otros aspectos. Así mismo, se propone un marco legal para facilitar la masificación de los EVs. A diferencia del Marco Regulatorio a definir, el RETIE es un reglamento técnico. Este término de acuerdo a la Ley 170 de 1994, se define así: “Es un documento en el que se establecen las características de un producto, los procesos y métodos de producción con ellas relacionados, con inclusión de las disposiciones administrativas aplicables, y cuya observancia es obligatoria” [55]. Por lo tanto, la definición de un Marco Regulatorio para EVs, se convierte en una propuesta de referencia con fines de ser evaluada por las entidades relacionadas con los EVs.

La elaboración del marco regulatorio para el desarrollo de EVs se basa en la definición de los siguientes aspectos:

1. Revisión Normativa Técnica aplicada a EVs (Capítulo I, Sección 1.3)
2. Revisión de Incentivos (Arancelarios y Tributarios) para EVs (Capítulo I, Sección 1.4)
3. Evaluación de la percepción de los potenciales usuarios de EVs en la ciudad de Bogotá D.C. (Capítulo II)
4. Diseño e implementación de un modelo de predicción estadístico sobre la masificación de EVs en la ciudad de Bogotá D.C. (Capítulo III)

Los resultados obtenidos tanto de la evaluación de la percepción de los usuarios, como del modelo implementado en el software estadístico “R”, permiten predecir la mayor probabilidad de escogencia sobre un tipo de tecnología de EVs, por parte de los usuarios de la ciudad de Bogotá. Del modelo más significativo obtenido, se concluye que la tecnología de PHEVs tiene una probabilidad del 56,2% de ser escogida por el usuario, mientras que la tecnología de BEVs tiene una probabilidad del 25,55% y la tecnología de HEV del 18,25%. Asimismo, de los resultados obtenidos en la encuesta, se puede evidenciar que el 53% de los participantes afirma que estarían dispuestos a comprar un PHEV. Sin embargo, el 60,6% considera que el sector donde se debe dar prioridad para implementar la tecnología de EVs, es en el sector de transporte público (Buses de Servicio Público, Taxis, SITP (Transmilenio, alimentadores)). Tomando como referencia estos resultados, se formula un marco regulatorio enfocado principalmente en definir regulaciones e incentivos aplicables tanto para el sector privado como público, cuyo desarrollo contiene los siguientes temas:

- Plan para el fomento de la infraestructura para el desarrollo de EVs
- Requerimientos técnicos para el desarrollo de baterías para EVs

- Incentivos a la inversión y uso de EVs
- Regulación de la venta de energía y la integración de los EVs con la red eléctrica
- Políticas ambientales y de eficiencia energética asociadas
- Formación del recurso humano
- Revisión del riesgo asociado a la introducción de EVs con las compañías aseguradoras
- Adopción de un régimen jurídico para la integración de los EVs
- Manual para el usuario de EVs

4.2.1 Plan para el fomento de la infraestructura de los EVs

El fomento de la infraestructura para el desarrollo de EVs en el país, está relacionada con el desarrollo de sistemas y estaciones de recarga tanto residenciales como de uso público con sus respectivos sistemas de medición y demás equipos auxiliares. Actualmente, no existe una estandarización de la normatividad para los sistemas de los EVs. La NTC 2050, como se encuentra definido en el Capítulo I del presente documento, expone algunas medidas relacionadas con la correcta ubicación, instalación y etiquetado de los conductores y sistemas de carga de los EVs. Por su parte, el RETIE, presenta los requisitos de producto y de instalación de los equipos destinados a la carga de baterías de vehículos.

Para garantizar la masificación de EVs en la ciudad de Bogotá D.C., es necesario estandarizar el tipo de conector, los tipos de recarga y modos de carga, asociados a los EVs que operarán en la ciudad a partir del tipo de infraestructura existente que deben ajustarse los EVs.

Requerimientos de Infraestructura según el tipo de instalación:

El suministro de energía eléctrica en Colombia, se realiza a través de niveles de tensión definidos por la NTC-1340. Estos niveles garantizan el adecuado funcionamiento de los equipos eléctricos. En el caso de usuarios residenciales que se encuentran conectados en muy baja tensión (tensiones menores a 1 kV), el suministro de la energía eléctrica se hace a través de redes de Distribución Secundaria, cuyas tensiones de servicio pueden ser [56]:

- *Monofásico bifilar a 120V (+ 5% y -10%), mediante acometida de dos conductores conectados a fase y neutro*
- *Monofásico trifilar a 120/240V (+ 5% y -10%), mediante acometida de tres conductores conectados dos a fases y uno al neutro*

- *Trifásico tetrafilar a 120/208 V (+ 5% y -10%)*, mediante acometida de cuatro conductores conectados tres a fases y uno al neutro de un sistema trifásico tetrafilar

La sociedad Norteamericana SAE a través de la normativa SAE-j1772, define varios niveles de tensión para la recarga de EVs. Tomando como referencia las tensiones asociadas a cada nivel de carga, se recomienda que en el caso de la ciudad de Bogotá D.C., las instalaciones de los EVs podrían ser viables utilizando los niveles 1 y 2 de carga de la norma ya que el sector residencial de las ciudades maneja estas tensiones nominales: 120 V y 240 V.

La asignación de cada nivel de carga según lugar de instalación, se conoce como “La pirámide de carga” [57]. A cada tipo de instalación en las ciudades se le asigna un nivel de carga. **Eslabón 1:** Estaciones de recarga para viviendas unifamiliares. Requieren Nivel de Carga 1 o 2 (AC). **Eslabón 2:** Estaciones de recarga para viviendas multifamiliares. Requieren Nivel de Carga 1 o 2 (AC). **Eslabón 3:** Estaciones de recarga para empresas (puestos de trabajo). Requieren Nivel de Carga 1 o 2 (AC). **Eslabón 4:** Estaciones de recarga para empresas con flotas de vehículos comerciales o privados. Requieren Nivel de Carga 1 o 2 (AC) o Nivel de Carga 1 o 2 (DC). **Eslabón 5:** Estaciones de recarga públicas dentro de la ciudad. Requieren Nivel de Carga 2 (AC) o Nivel de Carga 1(DC). **Eslabón 6:** Estaciones de recarga entre ciudades. Requieren Nivel de Carga 1 o 2 (DC). Esta clasificación se muestra en la Figura 4-1:



Figura 4-1: Pirámide de niveles de carga SAE J1772 [57]

El nivel de carga 1 (AC) utiliza corriente alterna y es el sistema más económico, ya que consiste simplemente en conectar la clavija del EV en un tomacorriente estándar residencial. Este nivel es el más lento y requiere que la recarga se realice ya sea en la noche o en el trabajo. Si el nivel de descarga de la batería es muy grande, la carga puede requerir más de una noche. El nivel de carga 2 (AC) requiere un nivel de tensión mayor y mayor corriente que el nivel 1, por lo tanto el proceso de carga es más rápido. Requiere de la compra e instalación de un equipo de carga exclusivo y debe ser instalado por un personal calificado.

Generalmente, permite recargar un EV durante toda la noche, por ello se recomienda que la instalación se haga en propietarios de los EVs.

Para recargas durante el día, el nivel 2 (AC) se instala comúnmente donde los vehículos paquean durante tiempos cortos, por ejemplo en los sitios de trabajo. El nivel de carga 1 o 2 (DC), se refieren a “niveles de carga rápida”. Son los sistemas de carga más rápidos, así como los más costosos de comprar, instalar y hacerles mantenimiento. Si el vehículo no se encuentra bajo condiciones de temperaturas extremas, un nivel 2 (DC) puede cargar un EV en hasta un 80% de su capacidad, en 20 minutos. Por lo tanto, este nivel se recomienda en estaciones de carga donde haya flujo de muchos vehículos como en carreteras [57]. La Tabla 1-4: Niveles de carga según estándar Norteamericano [19]Tabla 1-4 presenta un resumen de los niveles de carga aplicables para la instalación de sistemas de recarga.

Dado este contexto, se recomienda que la instalación de EVSE en viviendas unifamiliares y en los garajes de las empresas, se haga utilizando la recarga convencional monofásica (120 VAC o 240 VAC), a Niveles 1 y 2 (AC), respectivamente. Lo anterior debido a que es mayor el tiempo requerido para recargar las baterías a estos niveles. Por su parte, para el caso de instalación de EVSE en vía pública, estaciones de servicio o centros comerciales, se recomienda utilizar recarga rápida, a Niveles 1 y 2, es decir sistemas de alimentación en DC. La Gráfica 4-2 presenta un resumen de esta recomendación.



Gráfica 4-2: Instalación de EVSE según ubicación

Instalación del EVSE

El EVSE está compuesto por un conjunto de elementos que establecen la conexión entre la red eléctrica de alimentación y el EV, con el fin de recargar las baterías. Según el nivel de carga, se distinguen principalmente tres tipos de EVSE, que se muestran en la Figura 4-2.

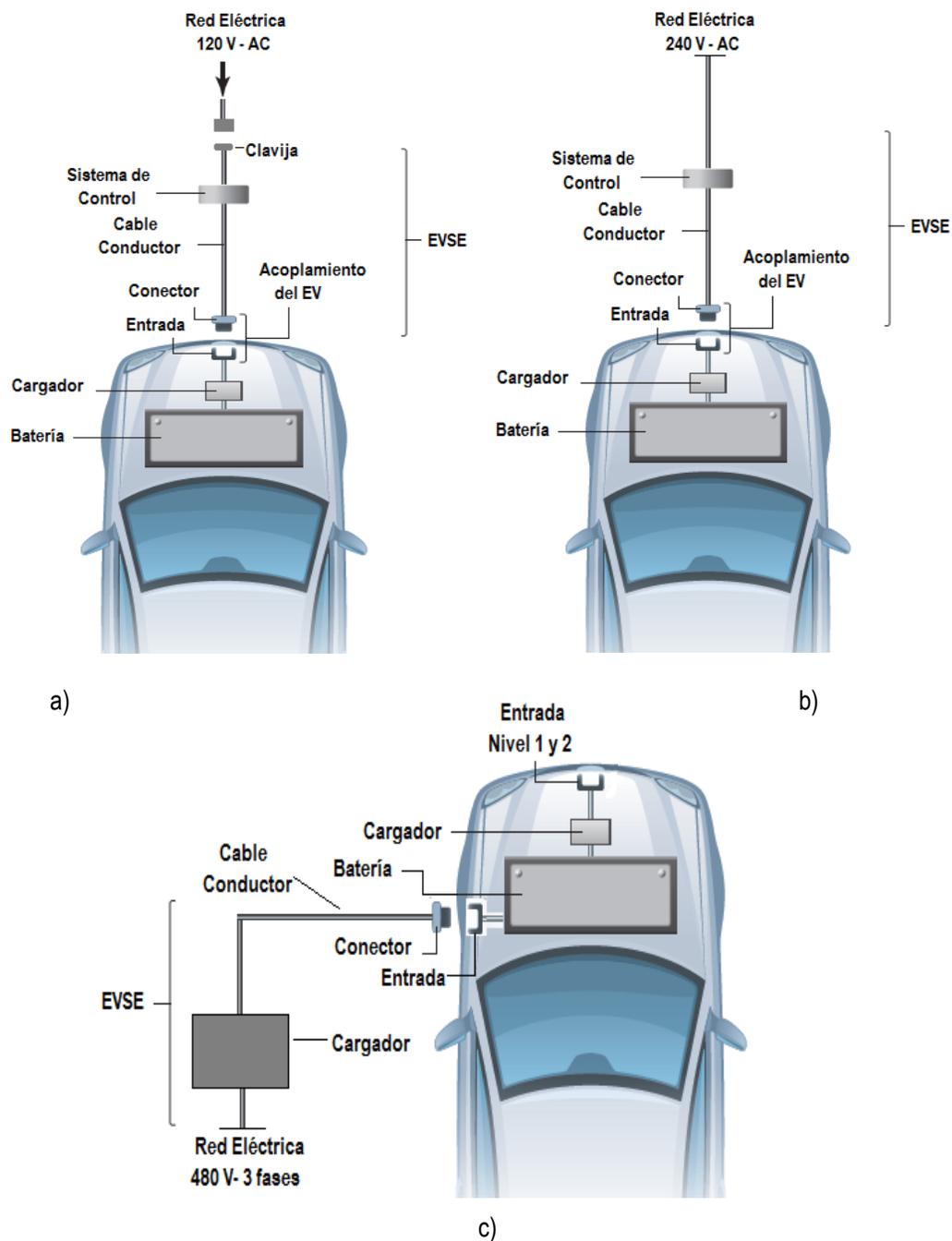
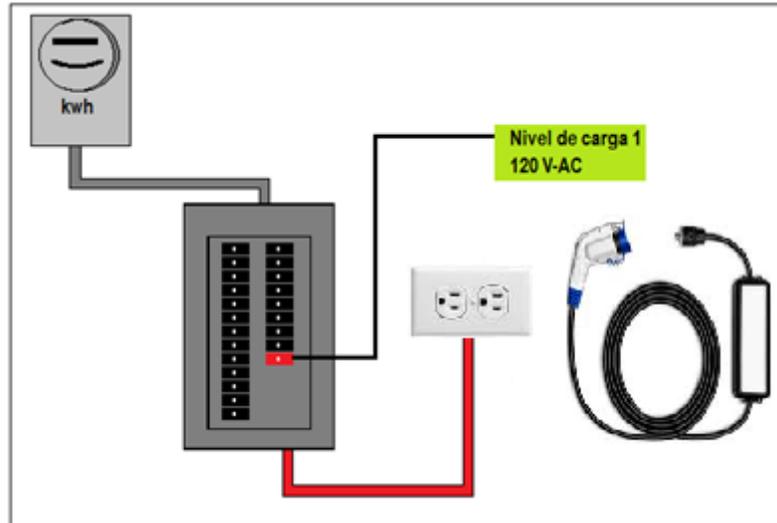


Figura 4-2: Tipos de EVSE según nivel de carga, a) Nivel 1-AC b) Nivel 2-AC c) Nivel 1 y 2 DC [57]

- **Viviendas Unifamiliares, multifamiliares, garajes de empresas**

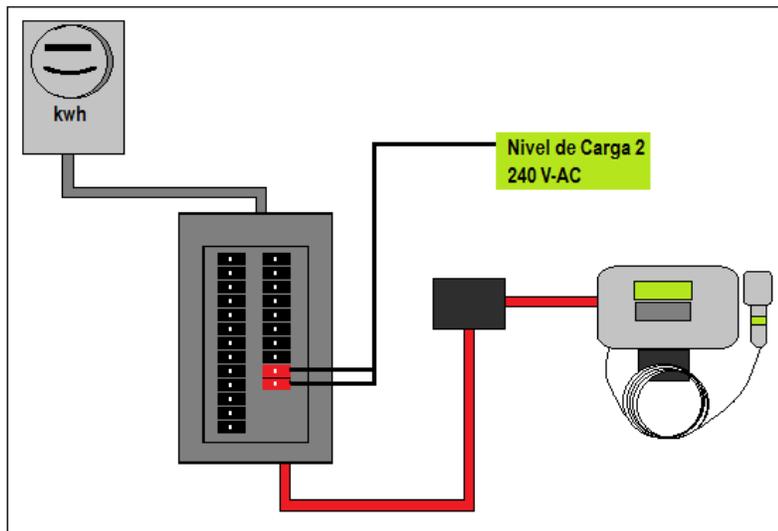
El tomacorriente destinado para la recarga de los EVs, debe pertenecer a un circuito exclusivo y/o dedicado sólo para este fin. De esta manera, será necesario ampliar el número de circuitos del tablero de distribución de la vivienda. En el caso del nivel 1, se instalará un breaker de un polo y en el caso del nivel 2, un breaker de dos polos. La instalación del EVSE puede darse a través de varios esquemas, según el tipo de medición y

control del consumo del EV que se requiere. Particularmente, la Gráfica 4-3, presenta el esquema convencional de la instalación de un EVSE para un nivel de carga 1 a 120 VAC. En este caso, la ampliación consiste en asignar un circuito dedicado para el EVSE y se mantiene un solo medidor para todas las cargas.



Gráfica 4-3: Instalación de un EVSE- Nivel 1 120 VAC

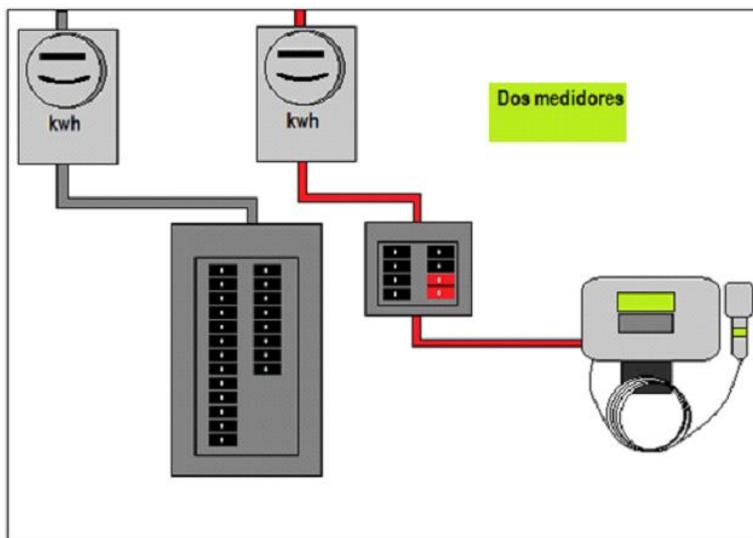
La Gráfica 4-4, presenta el esquema convencional de la instalación de un EVSE para un nivel de carga 2 a 240 VAC. En este caso, la ampliación consiste en asignar un circuito dedicado para el EVSE y se mantiene un solo medidor para todas las cargas.



Gráfica 4-4: Instalación de un EVSE- Nivel 2 240 VAC

La Gráfica 4-5, aplica para el esquema convencional de la instalación de un EVSE para un nivel de carga 1 o 2 a 120 o 240 VAC, respectivamente. En este caso, la ampliación consiste en instalar un medidor exclusivo

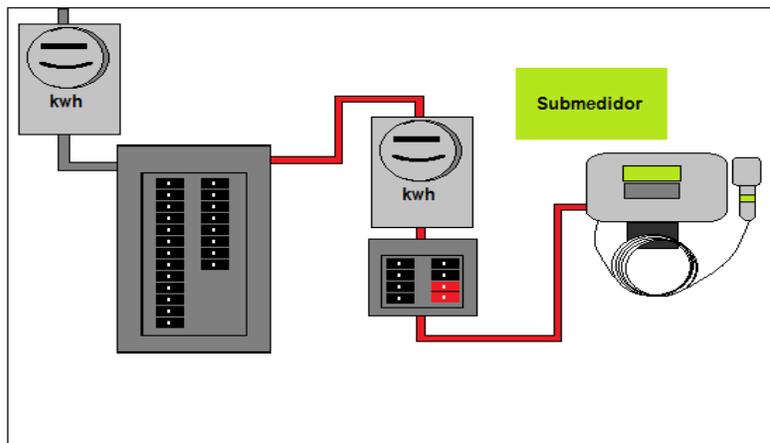
para el EVSE, con su respectivo tablero de distribución. De esta manera, se tiene tanto un circuito dedicado para el EVSE, como una monitorización en tiempo real del consumo de la recarga del EV.



Gráfica 4-5: Instalación de un EVSE- Nivel 1 120 VAC o Nivel 2 240 VAC con dos medidores

La

Gráfica 4-6, aplica para el esquema convencional de la instalación de un EVSE para un nivel de carga 1 o 2 a 120 o 240 VAC, respectivamente. En este caso, la ampliación consiste en instalar un submedidor, con su respectivo tablero de distribución, que realice la medición única del EV. La submedición consiste en medir el flujo de electricidad después del medidor principal. De esta manera, se tiene un circuito dedicado para el EVSE, para controlar en tiempo real del consumo de la recarga del EV y se podría utilizar una tarifa diferenciada aplicada para los EVs.



Gráfica 4-6: Instalación de un EVSE- Nivel 1 120 VAC o Nivel 2 240 VAC- con un submedidor

Por otro lado, desde el año 2011, la empresa estadounidense “Evatran LLC”, introdujo al mercado un EVSE de recarga inalámbrica (Ver Gráfica 4-7), que recarga la baterías de los EVs, utilizando el principio de inducción electromagnética. Este equipo opera a nivel de tensión de 240 VAC, es decir en el Nivel de carga 2.



Gráfica 4-7: Instalación del EVSE inalámbrico en garaje de la empresa “Google”, Mountain View-California. *Esta imagen es propiedad del autor

- **Vía Pública, estaciones de servicio, Centros comerciales**

Los puntos de recarga de exterior (Totem) son sistemas de recarga que pueden tener la misma funcionalidad que los cargadores domésticos. La infraestructura de estas estaciones depende del nivel de carga que utilizan.

Descripción Pilona exterior a Nivel 2 AC:

Características:

- Acceso a través de tarjetas de acceso
- Protecciones eléctricas integradas (diferencial)
- Material de acero inoxidable
- Tensión de entrada y salida: 240 VAC
- Corriente de salida máxima: 80 A
- Conector SAE J1772 (Nivel 2 AC)

Costo de recarga [19]:

Cada cliente tendrá una tarjeta de acceso e identificación, a través de tarjetas RFID. Una vez se ha tenido acceso y se ha conectado el vehículo al punto de recarga solo podrá ser desbloqueado por la misma tarjeta que previamente ha accedido al punto de recarga.

En caso de que el punto de recarga detecte cualquier incidencia en la carga del vehículo cortará la misma automáticamente, protegiendo la batería. Este tipo de estructura permite que se recarguen dos EVs de manera simultánea.

Pasos para recargar un EV:

- Estacionar el vehículo en la zona habilitada para la recarga
- Acercar la tarjeta de desbloqueo al lector (Previamente el propietario debió hacer el trámite para acceder a la tarjeta de recarga para puntos en la vía pública)
- Verificación de la tarjeta y acceso al punto de recarga
- Conexión del vehículo con el cable adaptador pertinente
- Finalizada la recarga, se debe pasar de nuevo la tarjeta y desconectar el vehículo

Descripción Pilona exterior a Nivel 1 y 2 DC:**Características:**

- Permite la carga de los EVs en un período corto de tiempo (aproximadamente 20 minutos, dependiendo del estado de carga de la batería)
- Recarga rápida en corriente continua
- Protocolo de comunicación CCS
- Conector y cable integrado (SAE J1772-CCS)
- Conexión a la red en corriente alterna
- Tensión de operación: entre 200-450 VDC
- Corriente de salida máxima: 80 A

Pasos para recargar un EV:

- Estacionar el vehículo en zona habilitada
- Seleccionar el tipo de carga DC en la pantalla táctil
- Conectar el vehículo
- Acercar la tarjeta de recarga al lector
- Pulsar “inicio” en la pantalla táctil, para comenzar el proceso de carga
- Finalizado el proceso, desconectar el vehículo y colgar el conector



Gráfica 4-8: Instalación del EVSE con pila exterior. *Esta imagen es propiedad del autor

Nuevo agente en la cadena productiva de la Energía Eléctrica: “Gestor de Carga”

Agente del sector eléctrico, sociedad mercantil, que siendo consumidor de energía eléctrica, está capacitado para revender a sus clientes energía eléctrica destinada sólo para la recarga de los EVs [58]. El papel del gestor de carga, es el de impulsar la instalación de puntos de recarga en espacios públicos como parqueaderos privados o centros comerciales y que se hace imprescindible para el desarrollo del EV. Así como también, convertir los servicios de recarga energética en una nueva actividad liberalizada permitiendo a esta nueva figura vender electricidad, una actividad exclusiva hasta el momento a los comercializadores eléctricos.

En España, la figura del gestor de carga quedó regulada tras la modificación de la ley del sector eléctrico en abril de 2010 y la aplicación del Real Decreto 647/2011 “Por el que se regula la actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética”. De acuerdo con dicha legislación, los gestores de carga son los únicos consumidores que están habilitados para revender electricidad. Los gestores de cargas son aquellas sociedades mercantiles de servicios de recarga energética del Sector Eléctrico, que, siendo consumidores, están habilitados para la reventa de energía eléctrica para servicios de recarga energética para EVs.

El desarrollo de la situación actual de la infraestructura pública depende no sólo del papel del gestor de carga sino también de iniciativas públicas en los municipios. Esto con el fin de ofrecer a los usuarios un escenario que permita la utilización de toda la infraestructura disponible.

- **Servicios del Gestor de Carga**

La oferta de servicios de un gestor de carga comienza cuando un usuario decide adquirir un EV, ya que en la mayoría de concesionarios se ofrece al cliente la posibilidad de comprar una estación de recarga para el vehículo adquirido, incluyendo la instalación de la misma. Si bien la mayoría de los vehículos pueden ser cargados a través de tomas domésticas o industriales con un cable especial para ello (con limitaciones de potencia y seguridad), el escenario recomendable para la infraestructura de recarga pasa por la creación de una infraestructura de recarga que permita aprovechar el verdadero potencial del EV, con una integración óptima en el sistema eléctrico y otros servicios de valor añadido (sistema tarifario) [58]. Así, el usuario que adquiere un vehículo eléctrico puede elegir entre realizar las gestiones por su cuenta para la instalación de la carga, o contratar este servicio a algún gestor de carga. Los gestores de carga son además los actores de la movilidad eléctrica que en última instancia se van a encargar de ofrecer servicios de carga en entornos públicos, ya sea por medio de iniciativas públicas o privadas, resolviendo además cuestiones fundamentales como son la tarificación, la localización y reserva previa de estaciones de recarga.

- **Requisitos para ser un Gestor de Carga**

Puede ser gestor de carga todo aquel que tenga un estacionamiento público sea un ente público o privado (también llamados proveedores de zona de recarga) y quiera revender energía a EVs que estacionen en él, como: centros de negocios, centros comerciales, parques temáticos, parqueaderos públicos, polígonos industriales, aeropuertos, puertos, hoteles, gasolineras, multicines, etc [59]. También todo aquel que quiera constituirse como Gestor de Carga externo para ofrecer servicios de recarga energética a:

- Puntos de recarga públicos ubicados en proveedores de zona de recarga, es decir, en entes públicos o privados que le ceden a cambio de una comisión su estacionamiento público, para que el gestor de carga externo ponga y explote sus puntos de recarga públicos
- Puntos de recarga vinculados, para uso privado, los cuales tendrán contrato de servicio de recarga con el gestor de carga externo, ubicados en entes públicos o privados como: casas unifamiliares, car sharing, flotas públicas o privadas de EVs

4.2.2 Requerimientos técnicos para el desarrollo de baterías para EVs

Es necesario promover la reglamentación técnica del correcto uso y fabricación de baterías para EVs. Para ello, entidades como el MADS, las CARs y la Alcaldía del Distrito, deben generar iniciativas que incluyan:

- La expedición de normativas sobre materiales y estándares de fabricación de baterías (para no afectar la calidad de la potencia del sistema eléctrico)

- La formulación de regulaciones para el mantenimiento, revisión periódica, correcto uso, condiciones de seguridad y estandarización de criterios de vida útil de las baterías
- La definición de los requerimientos para su disposición final (incluyendo su reciclaje posconsumo) que incluye la designación de requisitos de las empresas interesadas en este proceso.

4.2.3 Incentivos de promoción de uso de EVs

Los incentivos se convierten en una necesidad para facilitar la transición del modelo actual del transporte hacia los EVs. Así como también promueven un escenario con condiciones para la inversión nacional o internacional en proyectos como líneas de ensamblaje o montaje de plantas de baterías para EVs.

Las políticas de apoyo al EV son necesarias para conseguir la reducción de las emisiones de CO₂ y de contaminación local tanto atmosférica como auditiva, al tiempo que se reduce la dependencia del petróleo. Por lo tanto, se requiere de normativa arancelaria para los EVs, sus partes, baterías y sistemas de recarga, que promueva la producción y consumo de esta nueva tecnología. De igual manera, se requiere de incentivos tributarios que reduzcan el pago de impuestos asociados al uso de EVs.

La Tabla 4-1 presenta un conjunto de propuestas de incentivos y las entidades involucradas en el fomento de dichos incentivos o políticas de promoción para el uso de EVs. La debida competencia administrativa de la gestión de esta propuesta corresponde principalmente a los siguientes organismos: *Ministerio de Minas y Energía, CREG, UPME, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, Corporaciones Autónomas Regionales* y la *Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.*

Tabla 4-1: Propuestas de incentivos para la masificación de EVs

Sector	Propuesta	Entidad Involucrada
Movilidad	Parqueadero gratis (por una vigencia de tiempo determinada) en zonas específicas (vía pública o parqueaderos de entidades públicas)	 
Infraestructura	Subvención económica para la instalación de sistemas de recarga en viviendas unifamiliares y multifamiliares	  <p>Libertad y Orden Ministerio de Minas y Energía República de Colombia</p>
Adquisición de EVs	<p>Descuento en el precio del EV, si el propietario entrega su vehículo convencional como parte del pago</p> <p>Acceso a créditos con bajas tasas de interés</p> <p>Reducción en el precio de compra de un EV, para un contingente determinado</p>	 <p>Ministerio de Comercio, Industria y Turismo República de Colombia</p> <p>Libertad y Orden</p>  <p>Ministerio de Hacienda y Crédito Público República de Colombia</p>
Medio Ambiente	Designación de un impuesto de contaminación para vehículos convencionales, del cual los EVs estarían exentos por contribuir a la reducción de emisiones contaminantes y reducir la contaminación auditiva	 <p>Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible República de Colombia</p> <p>Libertad y Orden</p>  <p>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Secretaría Distrital Ambiente</p> <p>Corporaciones Autónomas Regionales</p>

Tabla 4-1: (Continuación)

Sector	Propuesta	Entidad Involucrada
Arancelario y Tributario	<p>Reducción o exención de pagar el impuesto de registro del vehículo</p> <p>Reducción o exención de pago del impuesto de rodamiento</p> <p>Subsidio Tributario para comprar un EV</p> <p>Exención del pago de peajes entre municipios aledaños a la ciudad de Bogotá D.C.</p> <p>Reducción anual en la declaración de renta de las empresas o personas naturales que realicen inversiones en la promoción y compra de EVs</p> <p>Normativa tributaria para EVs, sus autopartes, baterías y sistemas de recarga incluyendo la exención del IVA, y en general cualquier impuesto, tasa o contribución que facilite la entrada, fabricación, ensamble y comercialización en Colombia de los EVs y de los sistemas de recarga, contando con la participación de las ensambladoras, de importadores, del sector autopartista y demás actores involucrados</p>	 <p>Ministerio de Hacienda y Crédito Público República de Colombia</p>  <p>Ministerio de Comercio, Industria y Turismo República de Colombia</p> <p>Libertad y Orden</p>

Tabla 4-1: (Continuación)

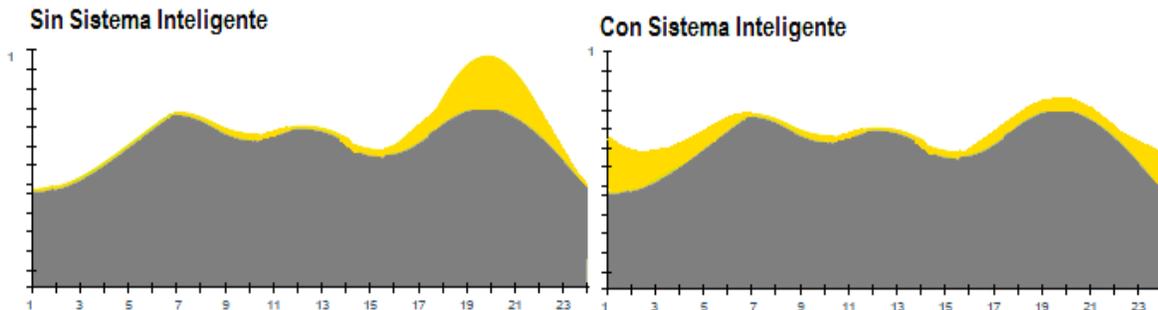
Sector	Propuesta	Entidad involucrada
Oportunidades de Negocio	<p>Nuevo agente del Mercado: “Gestor de Carga”, encargado de revender la energía eléctrica a los propietarios de EVs</p> <p>Nuevas empresas dedicadas al leasing de Baterías y EVs</p> <p>Nuevas empresas dedicadas al mantenimiento y revisión técnica especializada de los EVs</p> <p>Entidades dedicadas a la capacitación de personal técnico para la instalación de EVSE y estaciones de recarga</p> <p>Para las compañías aseguradoras: Ampliación de la cobertura de los servicios- desarrollo de seguros específicos a este nuevo tipo de vehículo en el mercado</p> <p>Nuevas empresas dedicadas a la correcta disposición final de las baterías</p> <p>Cobro por avisos de publicidad de empresas y/o productos en los vehículos de servicio público (Transmilenio) con tecnología eléctrica</p> <p>Partiendo de los beneficios del TLC con Estados Unidos y otros países, promover la exportación de EVs y sus componentes a otros países</p> <p>Nuevas empresas dedicadas a la gestión de la información de los puntos de recarga de los EVs, a través de nuevos software y aplicaciones web</p>	<p>Entidades Privadas</p>

Tabla 4-1: (Continuación)

Sector	Propuesta	Entidad Involucrada
Esquema Tarifario	Designación de una tarifa diferenciada en horas valle para propietarios de EVs Definición de la remuneración para los ORs si instalan sistemas de recarga, como unidades constructivas Políticas de promoción de instalación de sistemas de medición inteligentes y programas de “Gestión de la demanda”, a través de reducción en el costo de instalación de los mismos por parte de los ORs	

• **Tarifa diferenciada y Sistemas Inteligentes de Recarga:**

Uno de los retos de la recarga de los EVs es la potencia eléctrica. Si muchos EVs cargaran al mismo tiempo sus baterías en forma rápida en horas de máxima demanda (“horas punta”) dicha demanda superaría la capacidad de la red. De no controlarse esta situación podría producirse un colapso en la red eléctrica. Actualmente existe una gran diferencia entre la demanda en diferentes horas del día. Existen horas “punta” en donde se requiere mucha potencia y horas “valle” en las que el consumo es mínimo. Por lo tanto, con el uso de tecnología se puede “uniformizar” la curva de demanda si las baterías se cargan de forma “inteligente” y si se cuenta con un incentivo para cargarlas en horas “valle”, como se ilustra en la Gráfica 4-9.



Gráfica 4-9: Beneficios de un sistema inteligente de recarga y una tarifa diferenciada

Una de las propuestas que beneficiaría a los usuarios de EVs y a la curva de demanda, es la alternativa de tener acceso a una tarifa diferenciada de energía que permita cargar el vehículo de la red en horas donde el precio de la energía sea más económico. El propósito principal de las tarifas diferenciales es el de comprometer a los usuarios a cambiar sus patrones de consumo, de tal forma que se haga un uso eficiente de la energía eléctrica. Existen diferentes tipos de tarifas variables de energía que se basan en la hora del día en la que la energía es usada (Time Of Use-TOU). Esta tarifa puede implementarse mediante la instalación de medidores inteligentes capaces de censar y transmitir datos para la facturación del consumo de energía eléctrica. En el marco normativo y regulatorio Colombiano no existe el concepto de tarifa TOU, por lo tanto la definición de esta tarifa se basa en la implementación que se ha dado en otros países.

En el caso de Bogotá D.C., es necesario identificar las horas de mayor consumo de energía eléctrica durante el día. Se tiene como referencia, la curva de demanda de la ciudad de Bogotá D.C., para el año 2009 (Ver Figura 4-3). En ella se identifican dos principales picos de consumo, durante dos franjas horarias: de 5:00 am a 8:00 am y de 6:00 pm a 10:00 pm. Durante el resto del día, se mantiene un promedio de consumo, mientras que en las horas de la madrugada el consumo se reduce. Con la introducción masiva de EVs, es necesaria la implementación de un sistema de tarifa diferenciada, ya que la carga no controlada de ellos, podría aumentar la magnitud de los picos de la curva de demanda. Para prevenir esta situación, se debe motivar al usuario a través de un incentivo económico, que permitan acceder a precios más económicos de la energía (kWh) si realizan la recarga de sus EVs, en horarios valle, es decir, en el caso de Bogotá: de 10:00 pm a 5:00 am.

De esta forma, la potencia máxima de la curva de carga de la ciudad disminuiría y el control de la carga de EVs aplanaría la curva de carga, teniendo varios picos al día (gestión de la demanda).

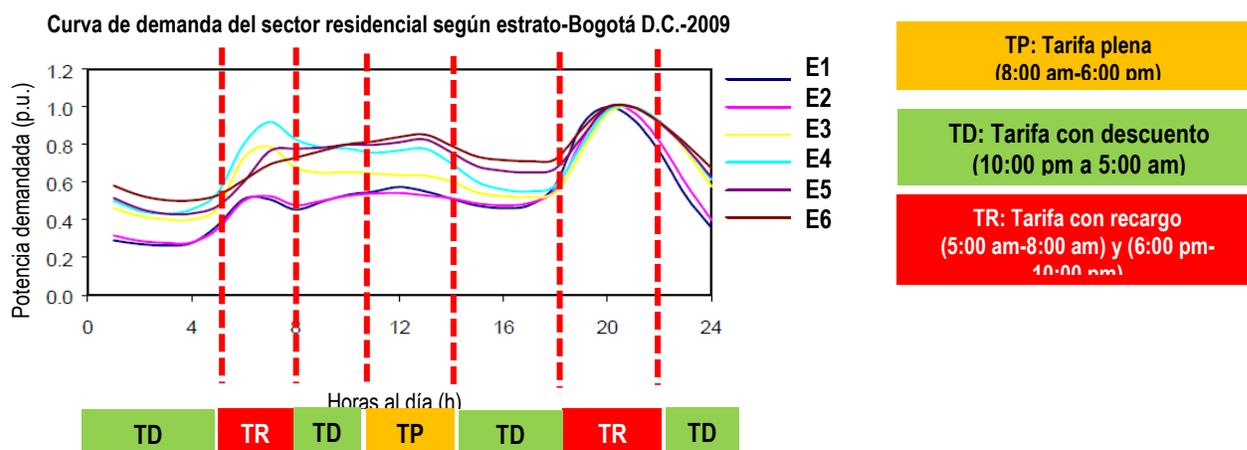


Figura 4-3: Curva de carga en p.u. sector Residentecial-Bogotá D.C. 2006- Codensa [60]

Por lo tanto, tomando como referencia la metodología implementada en otros países como España y Chile (Ver capítulo III), se presenta una propuesta de tarifa diferenciada, ajustada a las horas de consumo de energía eléctrica en la ciudad de Bogotá D.C. La Tabla 4-2 muestra los posibles porcentajes de incentivo, asociados a cada franja horaria. Esta propuesta de tarifa diferencial permitirá aplanar la curva de carga diaria y con ello la capacidad de la red eléctrica no se verá afectada a corto plazo, por la introducción de EVs.

Tabla 4-2: Propuesta de Tarifa diferencial

Hora	Descuento o sobrecargo sobre tarifa plena
5am-8am	+20%
8am-11am	-20%
11am-2pm	0%
2pm-6pm	-30%
6pm-10pm	+20%
10pm-5am	-50%

La promoción de una TOU está acompañada por el desarrollo de sistemas inteligentes de recarga de EVs, capaces de cargar las baterías cuando la energía esté disponible y sea más económica, capaces de identificar la disponibilidad de crédito de carga en cualquier punto (control RFID), capaces de discriminar diversos puntos de recarga disponibles en un mismo parqueadero (control Bluetooth), capaces de recargar en tiempo reducido (Fast Charge Control) o standard.

A nivel internacional se encuentran disponibles una gama de sistemas inteligentes de recarga que ofrecen modelos de recarga de EVs, con los siguientes beneficios:

- Con sistema de prepago de energía mediante tarjetas de proximidad
- Adaptados a la vía pública con sistema antivandálico
- De interior para parqueaderos públicos con sistema de prepago de energía integrado
- Con medida para parqueaderos privados y modelos especiales para parqueaderos de viviendas multifamiliares
- Con velocidad de carga normal y de carga rápida (CHAdeMO)

4.2.4 Regulación de la venta de energía y la integración de los EVs con la red eléctrica

La CREG, el Ministerio de Minas y Energía la UPME, como entidades de regulación del Sector eléctrico en Colombia serán las encargadas de regular el acceso a la energía eléctrica para recargar los EVs. Para ello, se debe definir los siguientes aspectos:

- El tipo de empresa que será el nuevo agente del Mercado como “Gestor de Carga” y funciones asociadas
- Un esquema de tarifa diferenciada del kWh por hora de carga y/o por estratificación social
- Requisitos de las empresas asociadas a la instalación y venta de infraestructura de recarga tanto a nivel residencial como en la vía pública
- Reglamentación sobre los requisitos de instalación e infraestructura de los sistemas de recarga en las empresas, viviendas (unifamiliares y multifamiliares), centros comerciales, etc., a través del RETIE
- Requisitos de generación distribuida para suministro de energía a los EVs
- Estudios técnicos detallados sobre el impacto de la introducción de EVs sobre el consumo de energía eléctrica en centros urbanos, y sus posibles impactos en cuanto a requerimientos de expansión para el STN (sistema de Transmisión nacional) y el plan de expansión de generación eléctrica existente, así como su impacto en los indicadores de calidad de la potencia, según la NTC 5001
- Proyectos de promoción de los sistemas de medición inteligentes y programas de “Gestión de la demanda”
- Establecer estrategia de desarrollo tecnológico e innovación en tecnologías de EVs.

4.2.5 Políticas ambientales y de eficiencia energética

El MADS y las CARs, como entidades que propenden por el cuidado del Medio Ambiente en las ciudades, deberán formular políticas ambientales y de eficiencia energética encaminadas a:

- Incentivar la chatarrización, reposición de flotas y vehículos de servicio público y privados convencionales por EVs
- Políticas de incentivos para los EVs, por reducir las emisiones de gases contaminantes y la contaminación auditiva de las ciudades

- Normas y políticas de aprovechamiento, valorización y/o gestión del reciclaje de baterías, elementos eléctricos y residuos provenientes del ciclo de vida de los EVs
- Regulación ambiental sobre la disposición final de las baterías y elementos eléctricos de los EVs
- Formulación de un Manual de conversión de un vehículo ICE a un EV
- Programas de conciencia ambiental para promover el uso de EVs

4.2.6 Formación del recurso humano

El Gobierno Nacional debe fomentar la formación y capacitación de capital humano, a través del aval para las instituciones educativas que ofrezcan programas técnicos o tecnológicos asociados a los EVs. La formación del recurso humano se requiere para potenciar la movilidad eléctrica incluyendo programas de formación académica o de entrenamiento en centros educativos, alianzas estratégicas con fabricantes internacionales para la formación de técnicos, tecnólogos y profesionales que atiendan tanto EVs como nuevas tecnologías asociadas a la introducción de los mismos, así como capacitación de cuerpos de seguridad, bomberos, tripulación de ambulancias, policía de tránsito y demás involucrados en atención de accidentes que involucren EVs. Dichos programas de entrenamiento se enfocará en abordar las siguientes temáticas:

- Interacción del cliente con un EV
- Especificaciones técnicas del EV según fabricantes: Tipos de baterías, características del sistema de recarga, conectores, etc.
- Integración con la red eléctrica, requerimientos de instalación, modificaciones a la instalación y conformidad con el reglamento vigente-RETIE, NTC 2050.
- Instalación, reparación y mantenimiento del EVSE según el nivel de carga
- Fundamentos de instalación de las estaciones de recarga, según los niveles de instalación, para viviendas unifamiliares, multifamiliares, centros comerciales, vía pública, etc.
- Capacitación en los protocolos de comunicación IP de las estaciones de carga
- Requisitos y recomendaciones de seguridad en las instalaciones con EVs, como medidas de prevención de incendios y riesgos eléctricos

4.2.7 Revisión del riesgo asociado a la introducción de EVs con las compañías aseguradoras

Las compañías aseguradoras, deberán realizar modificaciones a sus pólizas de seguridad ante accidentes que involucren EVs. Para ello, debe realizar una revisión detallada de los riesgos asociados al uso de los EVs y la introducción de esta tecnología en el sector de transporte. De esta forma, se deberán incluir estrategias para promover el desarrollo de seguros específicos relacionados con este nuevo tipo de vehículo en el mercado.

4.2.8 Adopción de un régimen jurídico para la integración de los EVs

La adopción de un régimen jurídico aplicado a la integración de los EVs en el país, tendrá un impacto positivo sobre la competitividad del sector productivo, ya que promoverá la generación de empleo, así como la sostenibilidad ambiental y social. Sin embargo, para ello, es necesario establecer las medidas que se deben adoptar o modificar en el ordenamiento jurídico y su procedimiento, para implementar cada una de las propuestas. Así mismo, se deben conformar equipos de trabajo que ejecuten y supervisen los diferentes planes de acción. A continuación se plantea una propuesta de marco jurídico aplicado para la integración óptima de los EVs con el sector eléctrico y la movilidad urbana de las ciudades Colombianas:

Disposiciones Generales

Objeto. La presente propuesta tiene por objeto promover la incorporación y la utilización de los vehículos de tracción eléctrica o vehículos eléctricos (EVs), en el sistema de transporte nacional. Su integración con el sector de transporte, con el mercado eléctrico y con el medio ambiente, es necesaria como un medio para promover el desarrollo sostenible de las ciudades. Su integración implica reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de la contaminación auditiva, reducción de la dependencia de combustibles fósiles, promoción de un parque automotor más eficiente, gestión eficiente de la energía eléctrica, a través de sistemas de gestión de la demanda.

Finalidad. La finalidad de esta propuesta es establecer el marco regulatorio y los instrumentos para la promoción del uso de los EVs en las ciudades. Así como también, fomentar la investigación y desarrollo de los componentes de las diferentes tecnologías de EVs. Igualmente, tiene por objeto establecer líneas de acción para el cumplimiento de compromisos asumidos por Colombia en materia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, tales como aquellos adquiridos a través de la aprobación del estatuto de la

Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena) mediante la Ley 1665 de 2013. Son finalidades de esta propuesta:

- (a) Orientar las políticas públicas y definir los instrumentos tributarios, arancelarios, contables y de participación en el sector energético y de transporte colombiano que garanticen el cumplimiento de los compromisos señalados en el párrafo anterior;
- (b) Incentivar la penetración de EVs en el sector de transporte y en el sector eléctrico Colombiano, con criterios de eficiencia energética, sostenibilidad medioambiental, social y económica;
- (c) Establecer mecanismos de cooperación y coordinación entre el sector público, el sector privado y los usuarios para el fomento del uso de EVs en las ciudades, como medida de promoción de las ciudades sostenibles e inteligentes (Smart grids);
- (d) Establecer el deber a cargo del Estado a través de las entidades del orden nacional, departamental, municipal de desarrollar programas y políticas para asegurar el impulso y uso de mecanismos de fomento de penetración de los EVs en el mercado eléctrico Colombiano;
- (e) Estimular la inversión, la investigación y el desarrollo para la promoción de los EVs, mediante el establecimiento de incentivos tributarios, arancelarios o contables y demás mecanismos que estimulen su utilización;
- (f) Establecer los criterios y principios que complementen el marco jurídico actual, aplicado para la integración de EVs, suprimiendo o superando gradualmente las barreras de tipo jurídico, económico y de mercado, creando así las condiciones propicias para la promoción del uso de EVs;

Ámbito de aplicación. El ámbito de aplicación de esta propuesta cobija a todos los agentes públicos y privados que intervengan en la definición de políticas sectoriales en la promoción del uso de EVs y el desarrollo de sus elementos, en el fomento un parque automotor más eficiente, y en la prestación del servicio de energía eléctrica y sus actividades complementarias conforme a lo dispuesto en las Leyes 142 y 143 de 1994 y demás normas complementarias.

Declaratoria de utilidad pública e interés social. La promoción, estímulo e incentivo al desarrollo de las actividades de utilización de EVs y el desarrollo de sus componentes, se declara como un asunto de utilidad pública e interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para reducir la contaminación del aire y auditiva de las ciudades, asegurar el uso eficiente de la energía a través de la gestión de la demanda, la competitividad de la economía colombiana a través de la generación de empleo y la formación de capital humano.

Definiciones. Para efectos de interpretar esta propuesta, se entiende por:

Desarrollo Sostenible. Aquel desarrollo que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades, por lo menos en las mismas condiciones de las actuales.

Eficiencia Energética. Es la relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, que busca ser maximizada a través de buenas prácticas de reconversión tecnológica o sustitución de combustibles. A través de la eficiencia energética, se busca obtener el mayor provecho de la energía, bien sea a partir del uso de una forma primaria de energía o durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre el ambiente y los recursos naturales renovables.

Generación Distribuida (GD). Es la producción de energía eléctrica, cerca de los centros de consumo, conectada a un Sistema de Distribución Local (SDL). La capacidad de la generación distribuida se definirá en función de la capacidad del sistema en donde se va a conectar, según los términos del código de conexión y las demás disposiciones que la CREG defina para tal fin.

Gestión eficiente de la energía. Conjunto de acciones orientadas a asegurar el suministro energético a través de la implementación de medidas de eficiencia energética y respuesta de la demanda.

Gestión de la demanda. Consiste en cambios en el consumo de energía eléctrica por parte del consumidor, con respecto a un patrón usual de consumo, en respuesta a señales de precios o incentivos diseñados para inducir bajos consumos.

Modos de Recarga: Se relacionan con los protocolos de comunicación entre el punto de recarga y el vehículo. Su impacto está en el nivel de control del proceso de carga entre el punto de recarga y el vehículo.

Red eléctrica inteligente (Smart Grids): Sistema interconectado de potencia donde tanto la energía eléctrica como la información fluyen desde las empresas prestadoras de cada componente de la cadena del servicio de energía eléctrica, a los usuarios finales y viceversa. Este proceso se da de forma totalmente automática, de manera que se alcance un alto nivel de eficiencia, confiabilidad, seguridad, economía y sostenibilidad en el suministro de la energía eléctrica.

Respuesta de la demanda. Consiste en cambios en el consumo de energía eléctrica por parte del consumidor, con respecto a un patrón usual de consumo, en respuesta a señales de precios o incentivos diseñados para inducir bajos consumos.

Sistema energético nacional. Conjunto de fuentes energéticas, infraestructura, agentes productores, transportadores, distribuidores, comercializadores y consumidores que dan lugar a la explotación, transformación, transporte, distribución, comercialización y consumo de energía en sus diferentes formas, entendidas como energía eléctrica, combustibles líquidos, sólidos o gaseosos, u otra. Hacen parte del Sistema Energético Nacional, entre otros, el Sistema Interconectado Nacional, las Zonas No Interconectadas, las redes nacionales de transporte y distribución de hidrocarburos y gas natural, las refinerías, los yacimientos petroleros y las minas de carbón, por mencionar solo algunos de sus elementos.

Tipos de conectores: Relacionado con la configuración del conector, la cual influye en la compatibilidad del punto de recarga con el vehículo eléctrico. El tipo de conector es la clavija para la conexión de la recarga del vehículo eléctrico.

Tipos de Recarga: Se relacionan con la potencia del punto de recarga, que se asocia con la duración de la recarga. Entre mayor sea la potencia de la infraestructura de recarga menor tiempo se requerirá para la recarga. La rapidez de la recarga se obtiene según el tipo de corriente eléctrica (alterna o continua) y los niveles de tensión, obteniendo distintos niveles de potencia eléctrica.

Vehículo eléctrico (EV): cualquier vehículo automotor que obtenga su tracción a través de uno o más motores eléctricos, tales como Vehículo Eléctrico Puro o de baterías (BEV), Vehículo Híbrido Eléctrico (HEV), Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable (PHEV).

Competencias administrativas. Corresponde al Gobierno Nacional, el ejercicio de las siguientes competencias administrativas con sujeción a lo dispuesto en la presente ley, del siguiente modo:

1. Ministerio de Minas y Energía

- (a) Establecer los reglamentos técnicos que rigen la correcta instalación de EVs y de su infraestructura asociada;

- (b) Expedir la normatividad necesaria para implementar sistemas de información al consumidor sobre la eficiencia energética de los procesos, instalaciones y elementos asociados a los EVs;
 - (c) Participar en la elaboración y aprobación de los planes de fomento de uso de EVs
- 2. Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)**
- (a) Establecer los procedimientos para la conexión, operación, e instalación de los sistemas de recarga asociados a los EVs. Así como para la comercialización de la energía suministrada a los EVs
 - (b) Establecer los mecanismos regulatorios para incentivar la respuesta de la demanda y la mejora de la eficiencia energética en el Sistema Interconectado Nacional, conforme los principios y criterios de las Leyes 142 y 143 de 1994 y los lineamientos de política energética que se fijen para tal fin.
- 3. Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)**
- (a) Definir y mantener actualizado el listado y descripción de los vehículos considerados de tecnología de tracción eléctrica;
 - (b) Definir el límite máximo de potencia consumida por los diferentes tipos de EVs y sus sistemas de recarga;
 - (c) Realizar programas de divulgación masiva y focalizada sobre el uso de EVs y el uso eficiente de la energía;
 - (d) Difundir los programas existentes sobre incentivos y políticas para promover el uso de EVs
- 4. Ministerio de Hacienda y Crédito Público**
- (a) Otorgar subvenciones y otras ayudas para el fomento de investigación y desarrollo de los EVs y su infraestructura asociadas, en las universidades públicas y privadas, ONG y fundaciones sin ánimo de lucro que adelanten proyectos en este campo debidamente avalados por Colciencias, según lo establecido en la Ley 29 de 1990 y el Decreto número 393 de 1991;
 - (b) Participar conjuntamente con los Ministerios de Minas y Energía y de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en la elaboración y aprobación de los Planes de gestión eficiente de la energía y los planes de fomento para el cuidado del medio ambiente
- 5. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible}**
- (a) En el marco de sus competencias, incorporar en las políticas ambientales, los principios y criterios ambientales de los EVs, la generación distribuida y la gestión eficiente de la energía que conlleven beneficios ambientales, para impulsarlos a nivel nacional;

- (b) Participar conjuntamente con los Ministerios de Minas y Energía y de Hacienda y Crédito Público en la elaboración y aprobación de los planes de gestión eficiente de la energía y los planes de uso de los EVs.
 - (c) Evaluar los beneficios ambientales con respecto a la promoción, fomento y uso de los EVs.
 - (d) Establecer el procedimiento y los requisitos para la expedición de la certificación de beneficios ambientales para el otorgamiento de los beneficios tributarios por el uso de, así como por la gestión eficiente de la energía, gestión de la demanda y generación distribuida con base en los lineamientos de política energética en materia de uso de EVs que establezca el Ministerio de Minas y Energía;
 - (e) Apoyar al Ministerio de Minas y Energía para velar por una gestión eficiente de la energía y la gestión de la demanda a partir del fomento del uso de EVs;
 - (f) Fomentar las actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación de interés, en el campo de los EVs.
- 6. Corporaciones Autónomas Regionales.**
- (a) Con independencia de las competencias del Gobierno Nacional, apoyar en lo de su competencia el impulso de proyectos de transición de vehículos convencionales a EVs, gestión de la demanda, generación distribuida y de gestión eficiente de la energía en su jurisdicción;
 - (b) Establecer un ciclo de evaluación rápido para proyectos y permisos, autorizaciones o concesiones de su competencia relativos a la ampliación, mejora y adaptación de las redes e instalaciones eléctricas, de EVs, generación distribuida y de gestión eficiente de la energía que conlleven beneficios para el medio ambiente, en procura de contribuir a garantizar una adecuada calidad y seguridad en el suministro de energía, con un mínimo impacto ambiental y de manera económicamente sostenible
 - (c) Cooperar con el Gobierno Nacional con el fin de apoyar el cumplimiento de los objetivos señalados en los planes de desarrollo de los ECs, informando acerca de las acciones adoptadas y los logros conseguidos en su jurisdicción.

Incentivos a la inversión en proyectos relacionados con EVs

Incentivos de fomento de uso de EVs. Como fomento a la investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la fabricación, instalación, utilización de EVs y su infraestructura asociada y la gestión eficiente de la energía, los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a reducir anualmente de su renta un porcentaje a determinar del valor total de la inversión realizada.

Para los efectos de la obtención del presente beneficio tributario, la inversión causante del mismo deberá obtener la certificación de beneficio ambiental por el Ministerio de Ambiente y ser debidamente certificada como tal por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Instrumentos para la promoción de los EVs. Incentivo tributario IVA. Para fomentar el uso de EVs, los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la inversión para el uso de EVs y la gestión de la demanda a partir del uso de esta tecnología, estarán excluidos de IVA. Para tal efecto, el Ministerio de Medio Ambiente certificará los equipos y servicios excluidos del gravamen con base en una lista expedida por la UPME.

Instrumentos para la promoción de EVs. Incentivo arancelario. Las personas naturales o jurídicas que a partir de la vigencia de esta propuesta sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de EVs gozarán de exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para inversión de proyectos con estos vehículos. Este beneficio arancelario será aplicable y recaerá sobre maquinaria, equipos, materiales e insumos que no sean producidos por la industria nacional y su único medio de adquisición esté sujeto a la importación de los mismos.

Desarrollo de los EVs y su infraestructura asociada

Formación y capacitación de capital humano. El Gobierno Nacional fomentará la formación y capacitación de capital humano calificado para la implementación de proyectos relacionados con EVs.

Cooperación Internacional en Materia de EVs. En la puesta en marcha de acciones de cooperación internacional tendrán ámbito preferencial las encaminadas a:

- (a) El desarrollo conjunto entre países limítrofes de proyectos de EVs
- (b) Impulsar la transferencia de tecnología
- (c) Cooperación en materia de investigación, desarrollo e innovación

El Gobierno fomentará la internacionalización de la actividad de las empresas colombianas del sector de los EVs. En ese esfuerzo se enmarcará la elaboración de programas de acción específicos que prestarán especial atención a los aspectos relativos a la transferencia de tecnología y al acceso a las materias primas y medios de producción precisos para el desarrollo del sector nacional de los EVs. Asimismo, el Gobierno fomentará la cooperación internacional en el ámbito de EVs, en especial en lo relativo a la participación de los sectores público y privado en diferentes mecanismos.

Ciencia y tecnología

Fomento de la investigación en el ámbito de EVs:

Las administraciones públicas, cada una en el ámbito de sus competencias fomentarán las actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación de interés en el campo de los EVs, potenciando el desarrollo e innovación industrial y la colaboración entre los diferentes agentes del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI). El fomento al que hace referencia el apartado anterior, se llevará a cabo dentro del marco de referencia que constituyan los sucesivos Planes Nacionales de Desarrollo. Las Corporaciones Autónomas y entes locales, en el ámbito de sus respectivas competencias, podrán adoptar medidas de fomento de la innovación que en el caso de estar relacionadas con energía deberán incluir objetivos relacionados con los EVs.

Los planes de fomento establecerán las medidas concretas que serán de aplicación para la promoción y apoyo de los EVs y los indicadores adecuados para su seguimiento.

Los sistemas de fomento de la investigación, desarrollo e inversión en el campo de los EVs deberán orientarse a:

- (a) Potenciar la investigación, desarrollo e inversión en áreas clave para conseguir una alta penetración de EVs en el mediano y largo plazo;
- (b) Facilitar y maximizar la penetración de los EVs en el sistema energético nacional, particularmente en lo que respecta a su contribución a la dependencia de combustibles fósiles, gestión de la demanda y estabilidad del sistema;
- (c) Impulsar el desarrollo de tecnologías promisorias que se encuentran en fase de demostración y/o comercial;
- (d) Explorar el potencial en el mediano y largo plazo de tecnologías limpias que se encuentran en fases de investigación y/o desarrollo;
- (e) Reducir los costes asociados a la utilización de los EVs. Para ello, estos sistemas de fomento deberán establecer líneas prioritarias de acción en tecnologías en integración del EV a la red eléctrica y tecnologías inteligencia y comunicación.

Las medidas concretas para el fomento de la investigación, desarrollo e innovación en el ámbito de los EVs y podrán ser de carácter económico-financiero, fiscal o tributario, así como de impulso a la cooperación y colaboración entre los agentes del SNCTI. En el caso de las medidas de carácter económico-financiero, los mecanismos de apoyo modelarán las fuentes de financiación que se estimen necesarias para la consecución de los objetivos marcados, diferenciando entre fondos públicos y fondos privados.

Los Planes Nacionales de Desarrollo, en lo que se refiere a EVs deberán tener en cuenta los resultados y la experiencia adquirida en planes anteriores que se han desarrollado o de planes de promoción implementados a nivel internacional. En cualquier caso, la política de investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de los EVs, cuando sea llevada a cabo por alguna Administración Pública, deberá inspirarse e integrar las orientaciones que se deriven de la política energética mundial.

Aspectos medioambientales

Requisitos ambientales para el desarrollo de los EVs. El Gobierno Nacional, en cabeza del MADS, con el apoyo de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA, y las Corporaciones Autónomas Regionales, formulará y adoptará los instrumentos y procedimientos para la realización y evaluación de los estudios de impacto ambiental de los proyectos de competencia de la ANLA y de las Corporaciones Autónomas Regionales; por su parte, en cabeza del MME formulará y adoptará los instrumentos y procedimientos para evaluar el impacto energético de los EVs y su infraestructura asociada, para su aplicación a aquellos proyectos sometidos a autorización por parte del Gobierno Nacional.

Emisiones generadas por los EVs y su infraestructura. Los límites de emisiones contaminantes establecidos para los EVs, en ningún caso podrán ser más rigurosos que los límites establecidos en el caso menos exigente aplicado a los vehículos convencionales. En particular, el Gobierno Nacional desarrollará una normativa específica que regule las emisiones de los EVs y su infraestructura asociada de acuerdo a sus características específicas.

Disposición final de los componentes de los EVs. Los EVs están compuestos por baterías, cuyo tamaño y material depende del tipo de tecnología y vehículo. Cuando la vida útil de estas baterías llega a su fin, debido a su composición química, deben desecharse en forma correcta o incluirse en un proceso de reciclado. Esto con el fin de mitigar el efecto de sus compuestos sobre el medio ambiente. En este sentido, el Gobierno Nacional desarrollará una normativa específica que regule la disposición final y los procesos de reciclado de las baterías de los EVs, de acuerdo a sus características específicas.

Seguimiento y cumplimiento

Seguimiento estadístico y evaluación conjunta del cumplimiento de los objetivos. Para el adecuado seguimiento y evaluación del cumplimiento de los objetivos de esta propuesta, deben realizarse informes periódicos de seguimiento de los diferentes planes y programas. El Gobierno Nacional, asegurará y articulará los mecanismos de colaboración necesarios con entidades públicas y privadas, para la captación y provisión de la información estadística requerida.

El Gobierno Nacional, a través de los Ministerios y los organismos responsables de la elaboración de estadísticas de uso de EVs, garantizará la calidad de las mismas.

4.2.9 Manual para el usuario de EVs

La integración de los EVs, con el sector de transporte, dependerá de las bondades que encuentre el usuario en el uso de esta tecnología. Por ello y dado al desconocimiento que tiene el usuario de Bogotá sobre esta tecnología (según resultados de la encuesta realizada), es necesario que se diseñe un manual guía que brinde respuestas a dudas planteadas sobre las diferentes tecnologías de EVs y sus sistemas de recarga, mitos de los usuarios, procesos de instalación y en general, información destinada a dar asistencia a las personas que quieren utilizar un EV.

5. Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

El uso de los EVs, es una alternativa cada vez más necesaria, sostenible y eficiente aunque la apropiación de esta tecnología depende del usuario, quien decide si utilizarla o no, y de la estandarización técnica de su infraestructura asociada junto con un conjunto de incentivos que promuevan su uso. Esta investigación ha establecido las bases de política nacional y distrital (recomendaciones de normatividad técnica y de incentivos) para la promoción del uso de tecnologías EVs en la ciudad de Bogotá. Su desarrollo se basó en los resultados obtenidos de dos procesos: 1) La Evaluación de la percepción de los usuarios sobre EVs y 2) La aplicación de un modelo estadístico de predicción de la masificación de EVs en la ciudad de Bogotá. Finalmente, el marco regulatorio debe evolucionar en cada país para abrir la posibilidad de la existencia de nuevos actores en los mercados eléctricos y crear nuevas herramientas para la promoción de proyectos asociados a EVs.

A través de los resultados obtenidos se cubrieron todos los objetivos previstos en la propuesta.

5.1.1. Evaluación de percepción del usuario sobre EVs

La masificación de los EVs depende de la apropiación por parte del usuario y los beneficios o ventajas que el usuario pueda encontrar en EVs. El usuario determina los requerimientos técnicos (autonomía, velocidad), de confort y seguridad que los vehículos deben garantizar para ajustarse a sus necesidades. Esta investigación ha establecido el perfil del potencial usuario de EVs en la ciudad de Bogotá, sus características, los aspectos más importantes a la hora de adquirir uno los requerimientos mínimos que la tecnología debe cumplir para ajustarse a las necesidades y patrones de movilidad de los ciudadanos de Bogotá.

De los resultados de la encuesta aplicada (Ver Anexo B) se puede concluir que los participantes están de acuerdo en que la tecnología de EVs, en su fase inicial se aplique en el sector público (Buses de transporte público, taxis, transmilenio, etc.) y luego en el sector privado. Esto debido a los altos precios de compra de los EVs y al desconocimiento que tienen sobre esta tecnología. Estos aspectos representan dos de las principales barreras para migrar hacia los EVs. Adicionalmente, los usuarios estarían dispuestos a comprar inicialmente un EV de tecnología Híbrida enchufable o PHEV que cumple con los requerimientos de tiempo

que ellos estarían dispuestos a esperar para recargar su EV. Esto indica que la transición de vehículos ICE a EVs puros o BEV dependerá de su tiempo de carga y autonomía pueda alcanzar.

Las ciudad de Bogotá no puede adoptar los mismos perfiles de usuario que se encuentran a nivel internacional debido a que están sujetos a condiciones de las vías, topografía y de tráfico, que modifican el desempeño de los EVs. Sin embargo, los resultados obtenidos indican que los PHEVs comerciales disponibles actualmente, satisfacen los requerimientos de distancias y velocidad de los usuarios de la ciudad de Bogotá.

5.1.2. Modelo de predicción estadística de masificación de EVs

El modelo desarrollado se basó en los resultados de la encuesta sobre la evaluación de la percepción del usuario sobre EVs. Los resultados obtenidos del modelo de predicción estadística indican que la tecnología con mayor potencial de masificación en la ciudad de Bogotá, es la tecnología híbrida enchufable (PHEV) con los actuales de la ciudad. El proceso de migrar de un vehículo convencional a EVs, se dará en primera medida hacia los PHEV, los cuales se ajustan a las necesidades del usuario.

El modelo logit multinomial más significativo indica que la masificación de esta tecnología dependerá básicamente de tres aspectos : *autonomía y velocidad del vehículo, tiempo de recarga* requerido para cargar el vehículo y *precio de compra del vehículo*. Si se promueve la compra de EVs a través de incentivos o políticas públicas, la adopción de este tipo de tecnología será mayor. Actualmente, a nivel internacional se están desarrollando tecnologías de PHEVs con mayores rangos de autonomía, velocidad y menores tiempos de recarga aun que a costos más elevados que los PHEVs actuales.

La obtención del modelo más significativo concuerda con los resultados obtenidos en la encuesta donde se concluyó que el usuario estaría dispuesto a adquirir un EV si éste es de tipo PHEV y si el modelo es familiar (cuatro (4) puertas, cinco (5) puestos).

Los resultados obtenidos en la encuesta y en el modelo se convirtieron en la base para la formulación de un marco regulatorio técnico aplicado a los EVs entrantes al país y un conjunto de propuestas de incentivos para promover su uso.

Es necesario establecer una estandarización de los niveles de carga y tipos de conectores asociados a los EVs entrantes al país. Esto permite garantizar la interoperabilidad entre los diferentes vehículos de diferentes Marcas y la instalación de su infraestructura de recarga en cualquier ciudad. Finalmente, se requiere de una normativa que defina los requisitos de instalación y operación para los sistemas de recarga de EVs.

Debido a la infraestructura eléctrica actual de las ciudades, se propone utilizar los niveles de carga 1 y 2 (recarga lenta y semirápida), a 120 VAC y 240 VAC, respectivamente, para viviendas unifamiliares y multifamiliares, haciendo uso de conectores tipo 1 y 2 AC, definidos en la norma Norteamericana SAE J1772. Por su parte, para sistemas de recarga instalados en la vía pública, centros comerciales y entre ciudades, se recomienda implementar niveles de carga 1 y 2 (recarga rápida), a tensiones entre 200-450 VDC, definidos en la norma Norteamericana SAE J1772.

La correcta adecuación de esta infraestructura en las ciudades requiere de altas inversiones para las nuevas instalaciones, modificaciones de la red eléctrica además de divulgación de los conceptos asociados a los EVs, así como de los beneficios que ofrecen principalmente para el medio ambiente, eficiencia energética y rentabilidad a largo plazo. Asimismo, dependerá del apoyo y la gestión de las autoridades públicas y privadas a través de la formulación de políticas, incentivos y marcos regulatorios que promuevan el uso de EVs.

5.1.3. Impactos del proyecto

Impacto Científico y Tecnológico. La formulación de un marco regulatorio técnico aplicado a EVs permite estandarizar los requerimientos técnicos para lograr el correcto funcionamiento de este modo de transporte en el país. La estandarización impulsa las investigaciones y promoción de proyectos desde los centros investigativos, Universidades y empresas en tecnologías de EVs que ofrezcan la capacidad de desarrollo tecnológico alrededor de la movilidad eléctrica. Esto implica que en el futuro que se hagan los estudios e inversiones necesarias para la fabricación de EVs y de sus componentes dentro del país.

Impacto sobre el Sector eléctrico. Los EVs representan una alternativa para promover la gestión de la demanda en las ciudades, la gestión eficiente de la energía y la evolución a ciudades inteligentes. La estandarización de sus requerimientos de potencia, tensión y corrientes permitirá desarrollar investigaciones que den solución a los posibles problemas de calidad de potencia (introducción de armónicos, desbalances de tensión, pérdidas de energía) y sobrecargas (aumento de la potencia consumida en horas picos) que se podrían generar debido a su masificación y que afectan directamente a la red eléctrica específicamente al sistema de distribución eléctrica.

Impacto Ambiental. La tecnología de EVs beneficia la reducción de emisiones contaminantes y de la contaminación auditiva, por parte del sector transporte. Ello promueve la sostenibilidad de las ciudades y la mejora de la calidad de vida de las personas expuestas hasta ahora a estos tipos de contaminación.

Impacto en la Economía Nacional y Regional. El impacto en las empresas de servicios de transporte y entregas domiciliarias pueden evidenciarse en la reducción del gastos en el mantenimiento de sus vehículos (combustible y reparación) y costos operativos. Adicionalmente, a través de los incentivos arancelarios y tributarios las empresas podrán adquirir los EVs y sus sistemas de recarga a un menor precio.

5.1.4. Contribuciones del proyecto de investigación (Publicaciones)

- [1] L. M. Hinestroza Olascuaga, J.A. Rosero García, O. Prias Caicedo, “Key challenges within the definition of a regulatory framework of electric vehicles: Colombian case”, Vehicular Electronics Conference (VEC) and the International Electric Vehicle Conference (IEVC) World Forum-VEC-IEVC 2013, Silicon Valley, California, Estados Unidos- Octubre 23-25, 2013.
- [2] L. M. Hinestroza Olascuaga, J.A. Rosero García, O. Prias Caicedo, “Customer Role in the integration of electric vehicles with the Colombian electricity market”, 14th International Conference on Environment and Electrical Engineering-EEEIC 2014, Cracovia, Polonia, Mayo 10-12, 2014.

5.2. Recomendaciones

Adicional a las recomendaciones presentadas en el capítulo IV, se proponen a continuación temas relacionados con los EVs, destinadas a contribuir al desarrollo y masificación de los EVs, en Colombia.

5.2.1. Futuros Proyectos

- Evaluación del impacto de los EVs en la reducción de la contaminación auditiva, analizando la modificación de los mapas de ruidos de las ciudades luego de su integración.
- Análisis de los ciclos de vida de las baterías de los EVs
- Evaluación del uso de los EVs como reguladores del sistema de distribución eléctrica, haciendo uso de la gestión de la demanda
- Evaluación de un nuevo esquema tarifario de energía apropiado para la integración de EVs con el mercado eléctrico
- Diseño e implementación de medidores inteligentes para la gestión de la energía de usuarios de EVs.
- Integración de las energías renovables en los sistemas de recarga pública para EVs

A. Anexo: Resumen Lista de Estándares Internacionales aplicados a EVs

A continuación se presenta una lista de códigos y estándares aplicados a los EVs, en las siguientes categorías:

- Sistemas del Vehículo
- Baterías
- Interfaz y Comunicación
- Infraestructura

- **Sistemas del Vehículo**

SAE J-1711: Recommended Practice for Measuring the Exhaust Emissions and Fuel economy of Hybrid-Electric Vehicles

SAE J-1715: Hybrid Electric Vehicle (HEV) and Electric Vehicle (EV) Terminology

SAE J-2344: Guidelines for Electric Vehicle Safety

SAE J-2464: Electric and Hybrid Electric Vehicle Rechargeable Energy Storage System (RESS) Safety and Abuse Testing

SAE J-2711: Recommended Practice for Measuring Fuel Economy and Emissions of Hybrid-Electric and Conventional Heavy Duty Vehicles

SAE J-2758: Determination of the Maximum Available Power from a Rechargeable Energy Storage System on a Hybrid Electric Vehicle

SAE J-2894 Part 1: Power Quality Requirements for Plug-In Vehicle Chargers - Requirements

SAE J-2894 Part 2: Power Quality Requirements for Plug-In Vehicle Chargers - Test Methods

SAE J-2907: Power Rating Method for Automotive Electric Propulsion Motor and Power Electronics Sub-System

SAE J-2908: Power Rating Method for Hybrid-Electric and Battery Electric Vehicle Propulsion

ISO/FDIS 6469-1:2009(E): "Electrically propelled road vehicles - Safety specification - Part 1: On-board rechargeable energy storage system (RESS)"

ISO/FDIS 6469-2:2009(E): "Electrically propelled road vehicles - Safety specification - Part 2: Vehicle Operational Safety Means and Protection against Failures"

ISO/CD 6469-3.3: "Electrically propelled road vehicles - Safety specification - Part 3: Protection of persons against electric shock"

ISO/WD 23274-2: "Hybrid-electric road vehicles - Exhaust emissions and fuel consumption measurements - Part 2: Externally chargeable vehicles"

- **Baterías**

SAE J-1766: Recommended Practice for Electric and Hybrid Electric Vehicle Battery Systems Crash Integrity Testing

SAE J-1797: Recommended Practice for Packaging of Electric Vehicle Battery Modules

SAE J-1798: Recommended Practice for Performance Rating of Electric Vehicle Battery Modules

SAE J-2288: Life Cycle Testing of Electric Vehicle Battery Modules

SAE J-2289: Electric-Drive Battery Pack System: Functional Guidelines

ISO/CD 12405-1: "Electrically propelled road vehicles - Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems - Part 1 "High power applications"

- **Interfaz y Comunicación**

SAE J-1772: SAE Electric Vehicle Conductive Charge Coupler

SAE J-1773: SAE Electric Vehicle Inductively-Coupled Charging

SAE J-1850: Class B Data Communications Network Interface

SAE J-2293 Part 2: Energy Transfer System for EV Part 2: Communications Requirements and Network Arch
SAE J-2836 Part 1: Use Cases for Communications between Plug-In Vehicles and the Utility Grid

SAE J-2836 Part 2: Use Cases for Communications between Plug-In Vehicles and the Supply Equipment (EVSE)

SAE J-2836 part 3: Use Cases for Communications between Plug-In Vehicles and the Utility grid for Reverse Flow

SAE J-2847 Part 1: Communications between Plug-In Vehicles and the Utility Grid

SAE J-2847 Part 2: Communication between Plug-in Vehicles and the Supply Equipment (EVSE)

SAE J-2847 Part 3: Communication between Plug-in Vehicles and the Utility Grid for Reverse Power Flow

- **Infraestructura**

SAE J-2293 Part 1: Energy Transfer System for EV Part 1: Functional Requirements and System Architecture

SAE J-2841: Utility Factor Definitions for Plug-In Hybrid Electric Vehicles Using 2001 U.S. DOT National Household Travel Survey Data

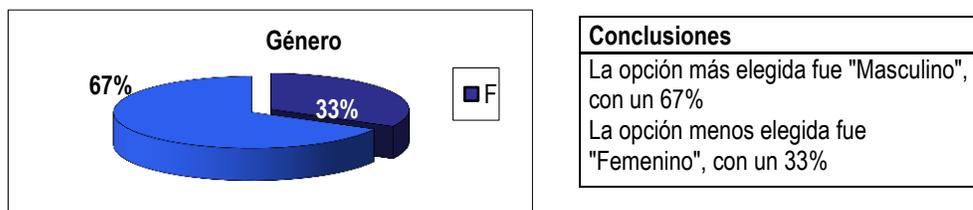
National Fire Protection Agency (NFPA) NFPA 70 National Electrical Code (NEC) Article 625: Electric Vehicle Charging System Equipment

National Fire Protection Agency (NFPA) NFPA 70 National Electrical Code (NEC) Article 626: Electrified Truck Parking Spaces

B. Anexo: Resultados encuesta de evaluación de la percepción de los usuarios de Bogotá D.C sobre EVs

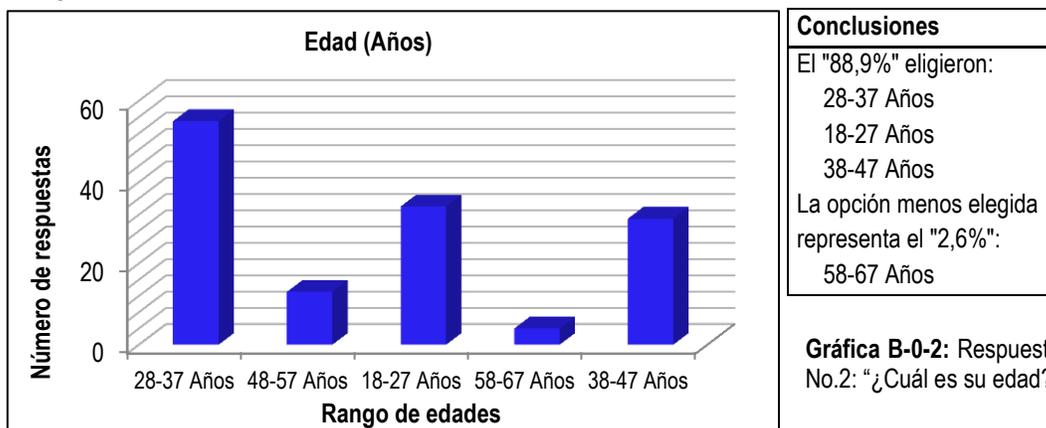
A continuación se presentan las respuestas asociadas a cada una de las preguntas de la encuesta realizada.

Pregunta No.1



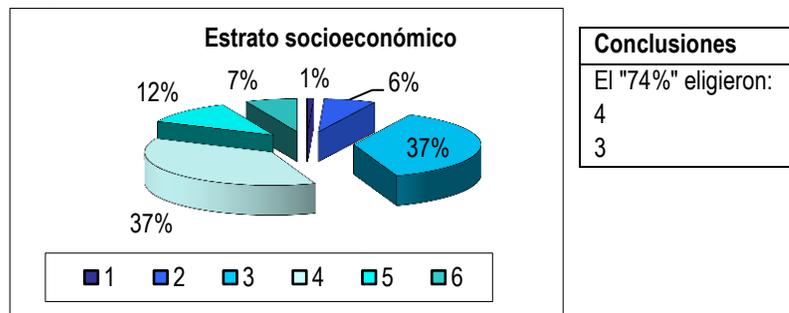
Gráfica B-0-1: Respuesta a Pregunta No.1: "¿Cuál es su género?"

Pregunta No.2



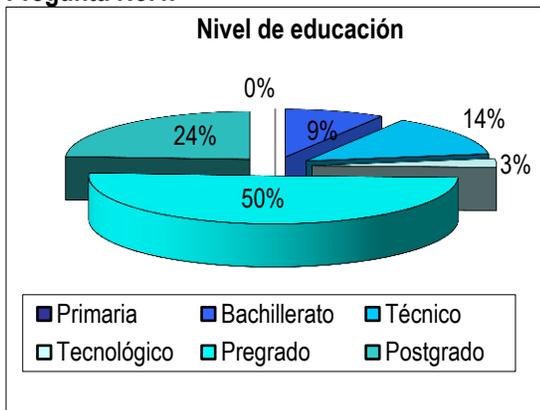
Gráfica B-0-2: Respuesta a Pregunta No.2: "¿Cuál es su edad?"

Pregunta No.3:



Gráfica B-0-3: Respuesta a Pregunta No.3: "¿A qué estrato socioeconómico pertenece?"

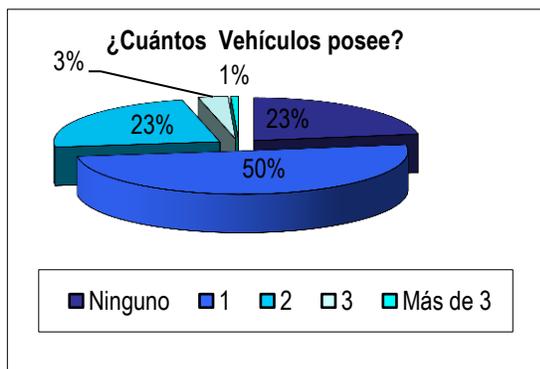
Pregunta No.4:



Conclusiones
El "74%" eligieron: Pregrado Postgrado
La opción menos elegida representa el "0%": Primaria y Otro (¿Cuál?)

Gráfica B-0-4: Respuesta a Pregunta No. 4: "¿Cuál es su máximo nivel de educación?"

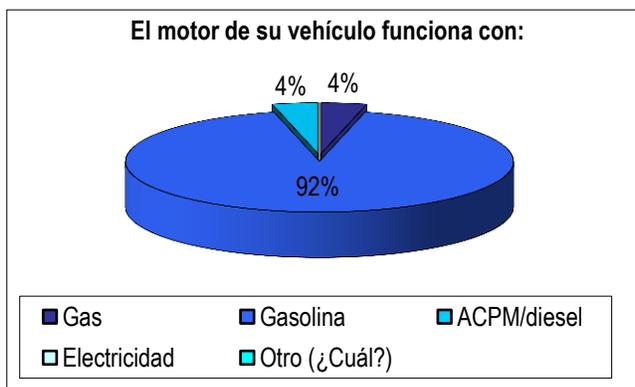
Pregunta No.5:



Conclusiones
El "96%" eligieron: 1 2
Ninguno
La opción menos elegida representa el "1%": Más de 3

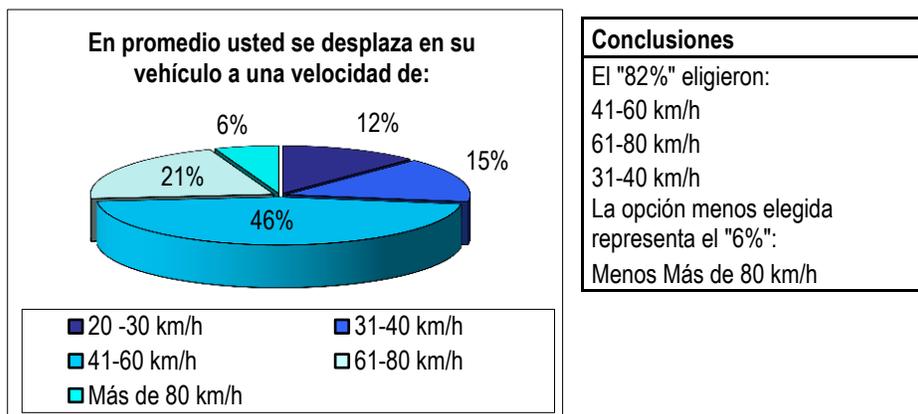
Gráfica B-0-5: Respuesta a Pregunta No. 5: "¿Cuántos vehículos posee?"

Pregunta No.6:

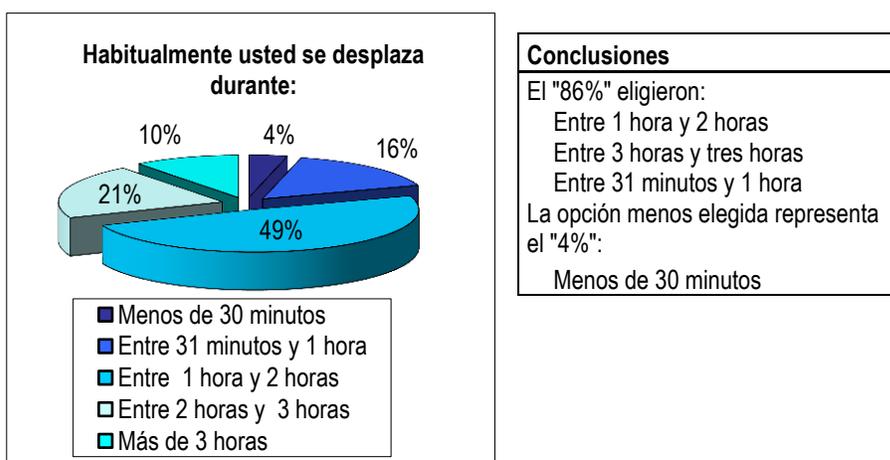


Conclusiones
El "92%" eligieron: Gasolina

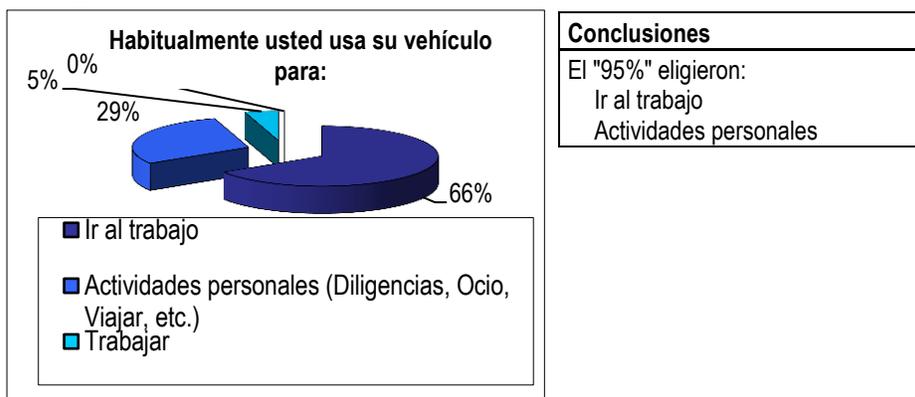
Gráfica B-0-6: Respuesta a Pregunta No. 6: "¿El motor de su vehículo funciona con...?"

Pregunta No.7:

Gráfica B-0-7: Respuesta a Pregunta No. 7: "En promedio usted se desplaza en su vehículo a una velocidad de:"

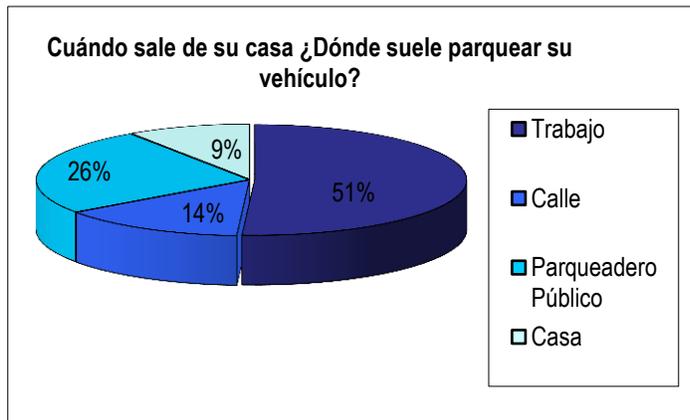
Pregunta No.8:

Gráfica B-0-8: Respuesta a Pregunta No. 8: "Habitualmente usted se desplaza durante:"

Pregunta No.9:

Gráfica B-0-9: Respuesta a Pregunta No. 9: "Habitualmente usted usa su vehículo para..."

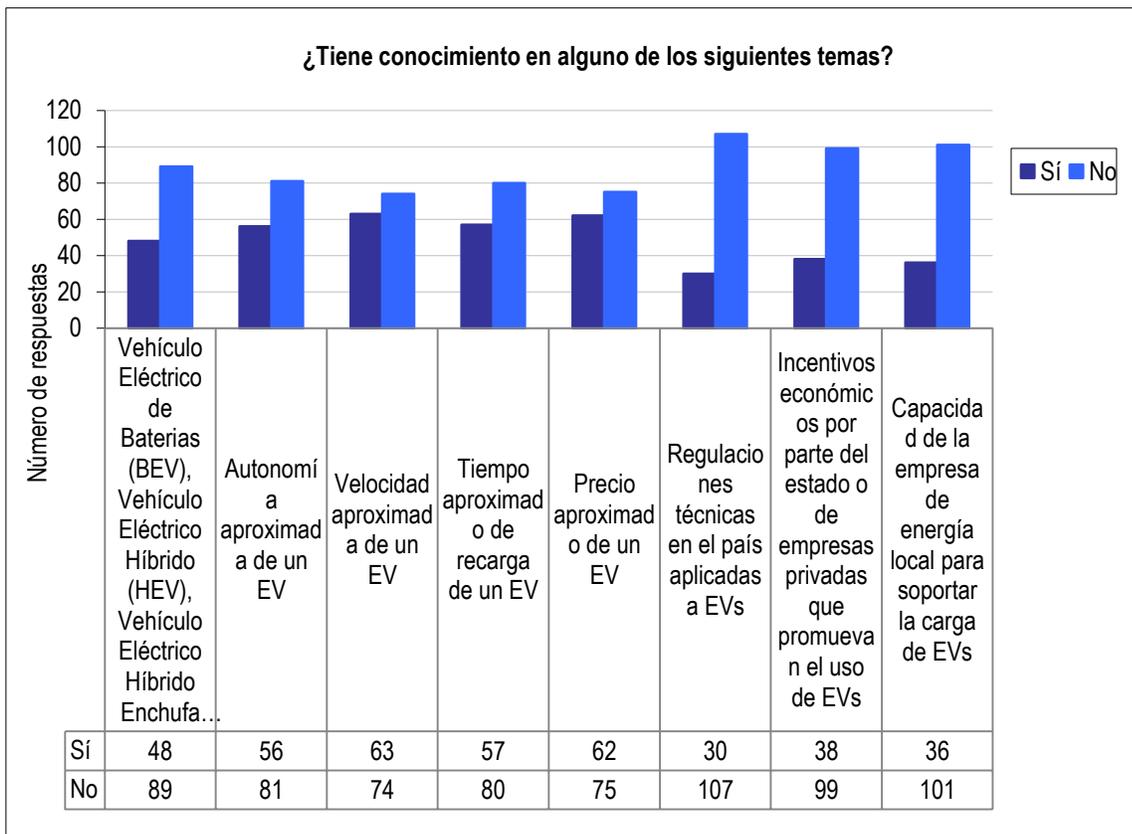
Pregunta No.10:



Conclusiones
 El "76%" eligieron:
 Trabajo
 Parqueadero

Gráfica B-0-10: Respuesta a Pregunta No. 10: "Cuándo sale de su casa ¿Dónde suele parquear su vehículo?"

Pregunta No.11:



Gráfica B-0-11: Respuesta a Pregunta No. 11: "¿Tiene conocimiento en alguno de los siguientes temas?"

Pregunta No.12:**Conclusiones**

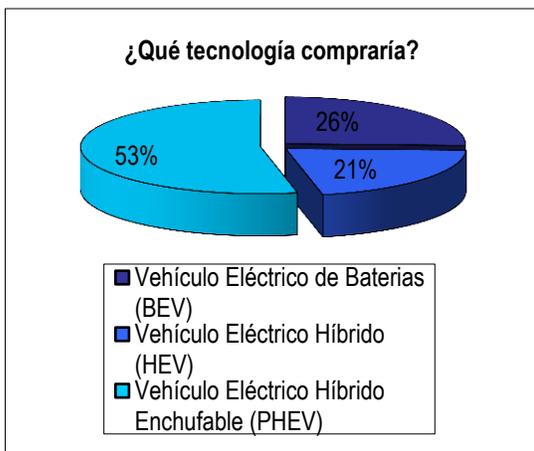
El "83%" eligieron:
 De 3 a 5 años
 Menos de 3 años
 De 6 a 8 años
 La opción menos elegida representa el "7%":
 Más de 10 años

Gráfica B-0-12: Respuesta a Pregunta No. 12: "¿En promedio cada cuántos años cambia o tiene pensado cambiar su vehículo?"

Pregunta No.13:**Conclusiones**

El "79%" eligieron:
 Sí

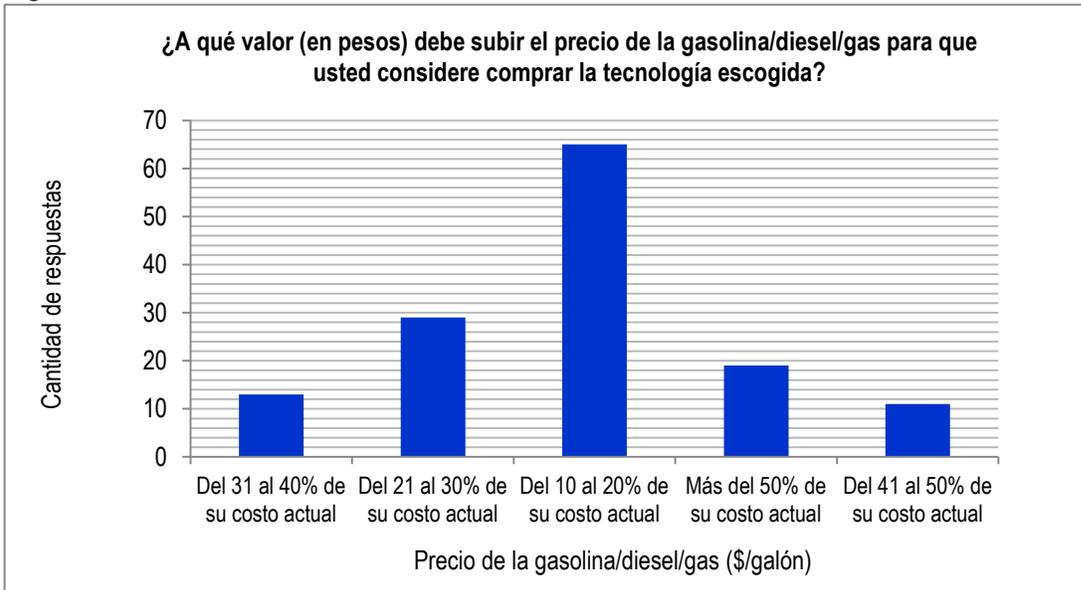
Gráfica B-0-13: Respuesta a Pregunta No. 13: "¿Estaría usted interesado(a) en comprar un EV?"

Pregunta No.14:**Conclusiones**

El "79%" eligieron:
 PHEV
 HEV

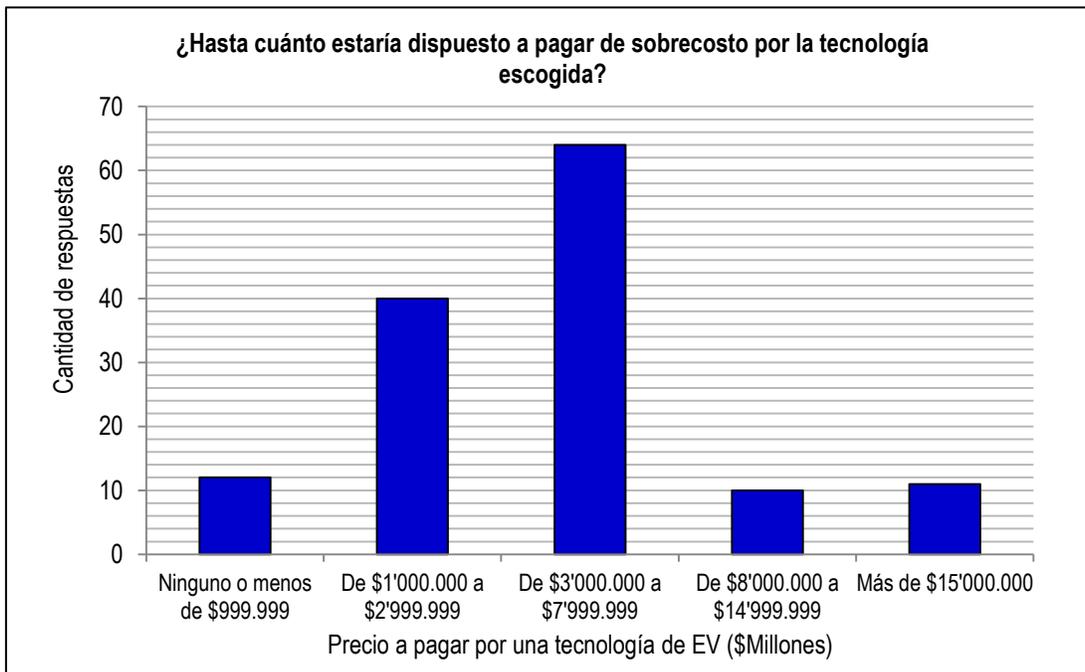
Gráfica B-0-14: Respuesta a Pregunta No. 14: "¿Qué tecnología compraría?"

Pregunta No.15



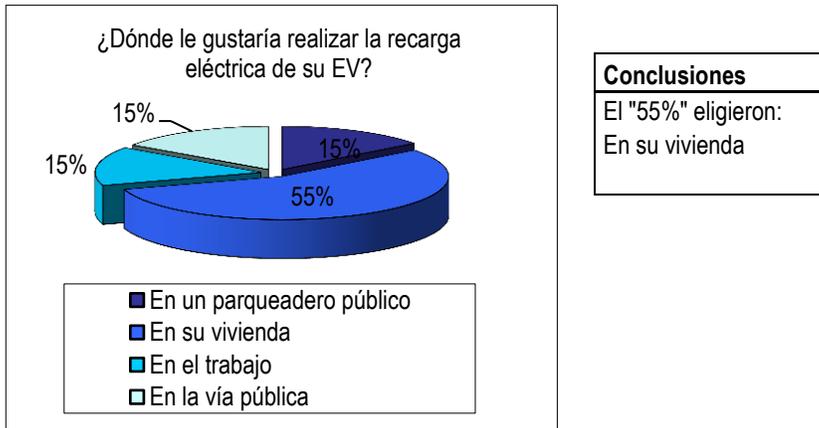
Gráfica B-0-15: Respuesta a Pregunta No. 15: “¿A qué valor (en pesos) debe subir el precio de la gasolina/diesel/gas para que usted considere comprar la tecnología escogida?”

Pregunta No.16



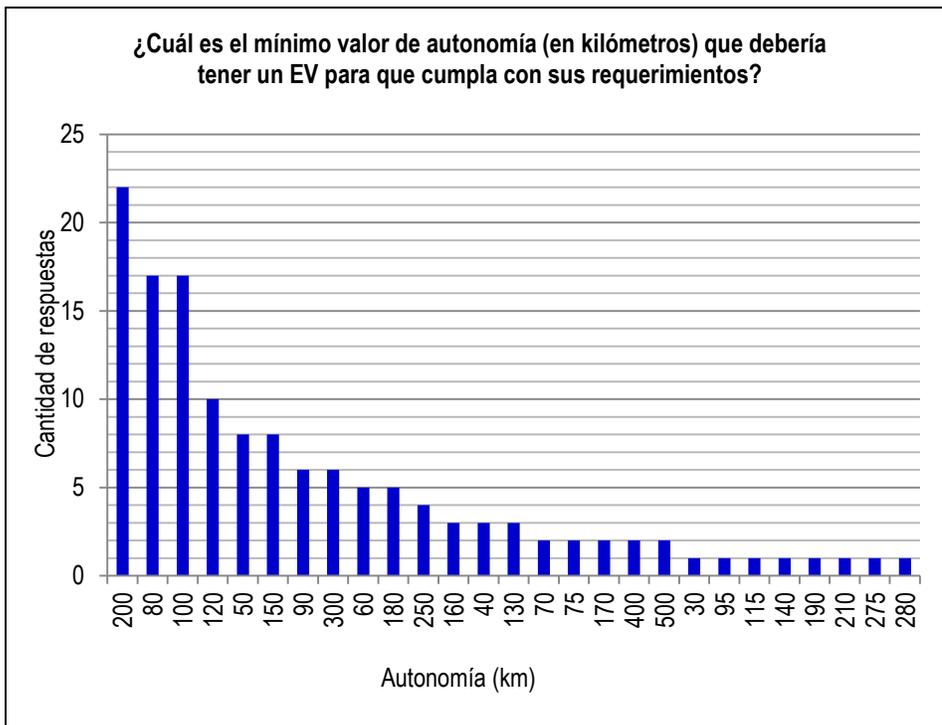
Gráfica B-0-16: Respuesta a Pregunta No. 16: “¿Hasta cuánto estaría dispuesto a pagar de sobrecosto por la tecnología escogida?”

Pregunta No.17



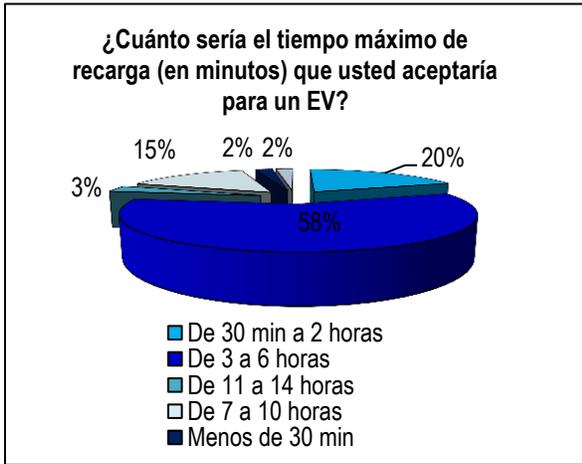
Gráfica B-0-17: Respuesta a Pregunta No. 17: "¿Dónde le gustaría realizar la recarga eléctrica de su EV?"

Pregunta No.18



Gráfica B-0-18: Respuesta a Pregunta No. 18: "¿Cuál es el mínimo valor de autonomía (en kilómetros) que debería tener un EV para que cumpla con sus requerimientos?"

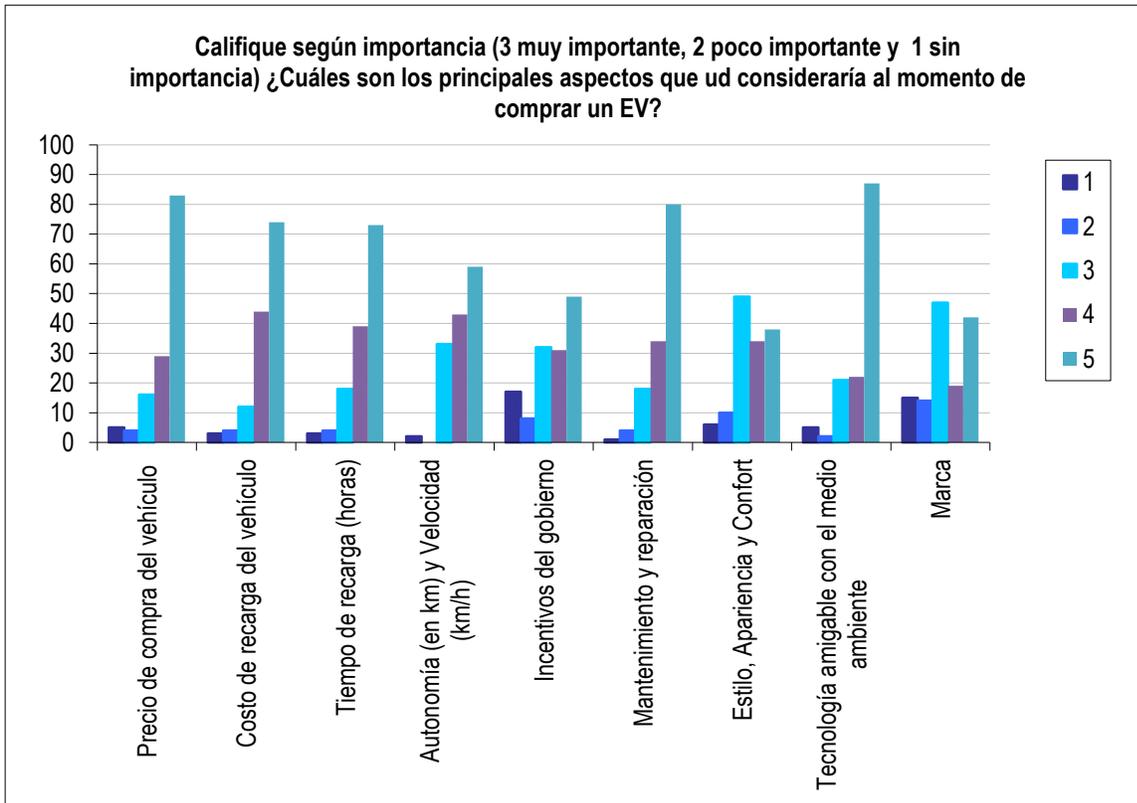
Pregunta No.19



Conclusiones
 El "92,7%" eligieron:
 De 3 a 6 horas
 De 30 min a 2 horas
 De 7 a 10 horas

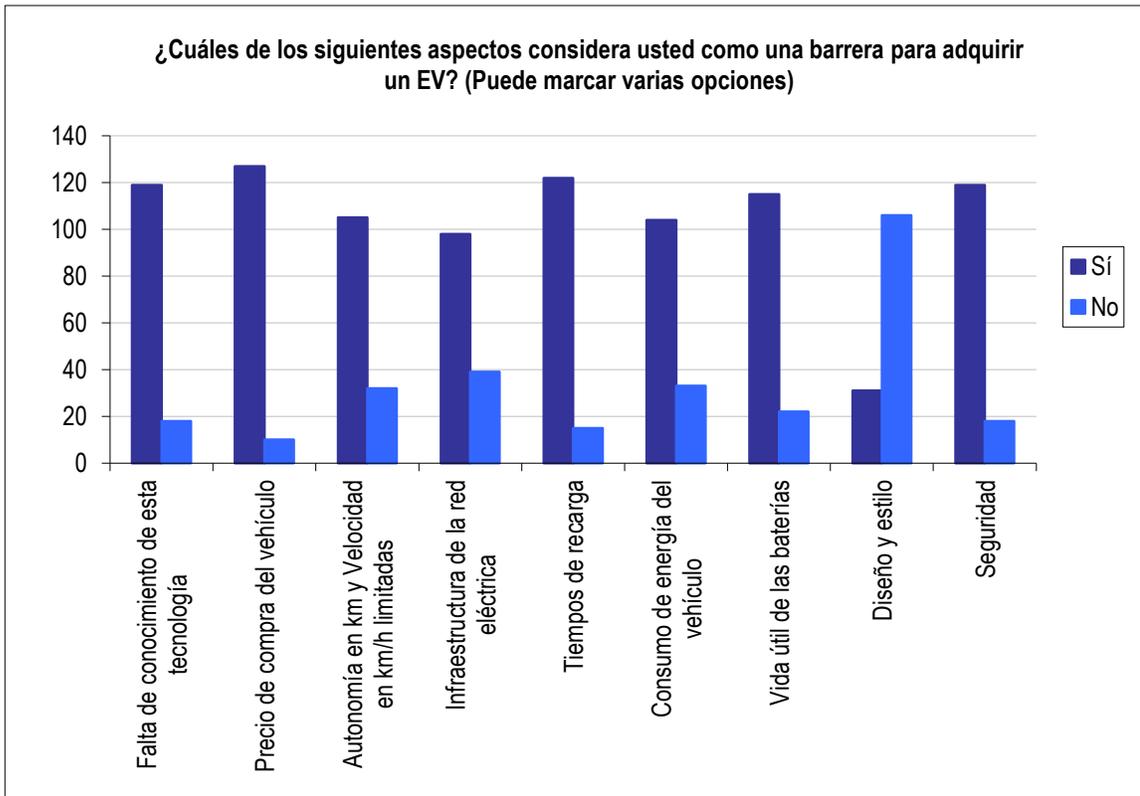
Gráfica B-0-19: Respuesta a Pregunta No. 19: “¿Cuánto sería el tiempo máximo de recarga (en minutos) que usted aceptaría para un EV?”

Pregunta No.20



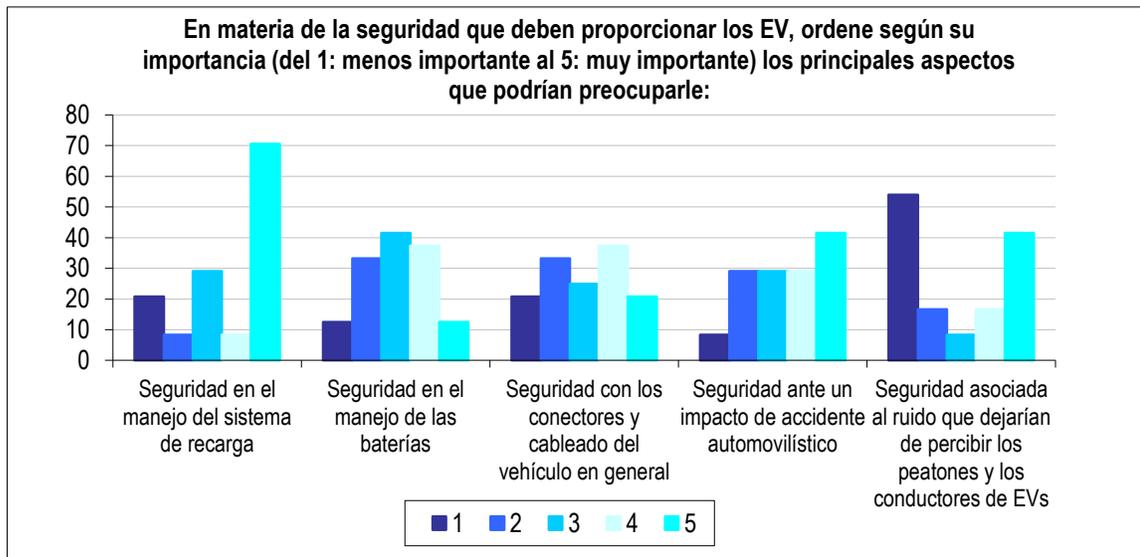
Gráfica B-0-20: Respuesta a Pregunta No. 20: “Califique según importancia (3 muy importante, 2 poco importante y 1 sin importancia) ¿Cuáles son los principales aspectos que ud consideraría al momento de comprar un EV?”

Pregunta No.21



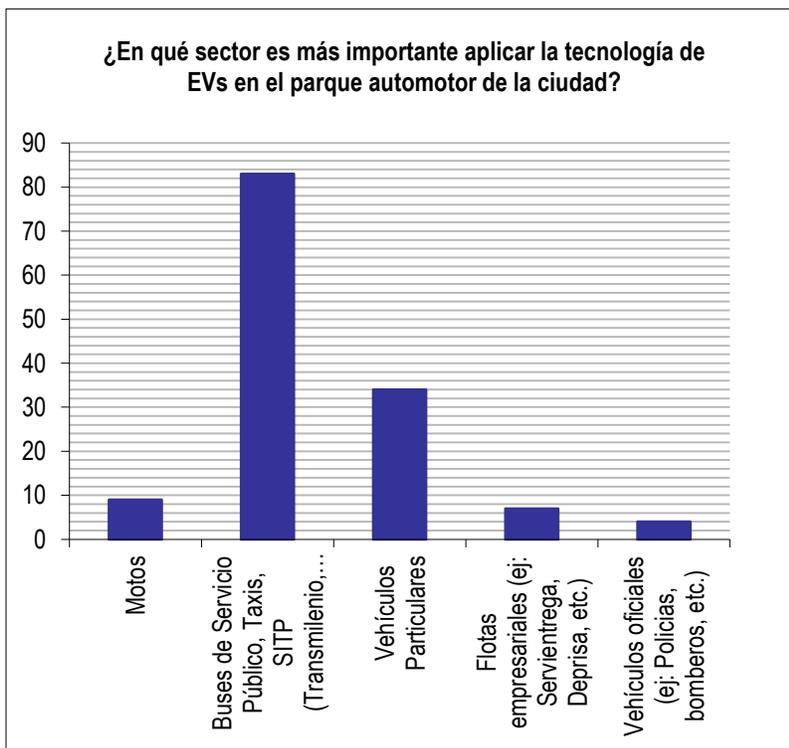
Gráfica B-0-21: Respuesta a Pregunta No. 21: “¿Cuáles de los siguientes aspectos considera usted como una barrera para adquirir un EV? (Puede marcar varias opciones)”

Pregunta No.22



Gráfica B-0-22: Respuesta a Pregunta No. 22: “En materia de la seguridad que deben proporcionar los EV, ordene según su importancia (del 1: menos importante al 5: muy importante) los principales aspectos que podrían preocuparle”

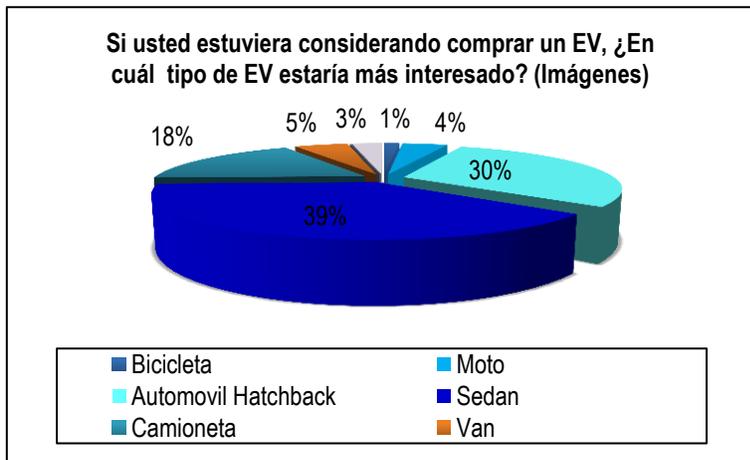
Pregunta No. 23



Conclusiones
 El "60,6%" eligieron: Buses de Servicio Público, Taxis, SITP (Transmilenio, alimentadores)

Gráfica B-0-23: Respuesta a Pregunta No. 23: "¿En qué sector es más importante aplicar la tecnología de EVs en el parque automotor de la ciudad?"

Pregunta No. 24



Conclusiones
 El "69%" eligieron: Automovil Hatchback Sedan

Gráfica B-0-24: Respuesta a Pregunta No. 24: "Si usted estuviera considerando comprar un EV, ¿En cuál tipo de EV estaría más interesado?"

Bibliografía

- [1] L. Bertling, S. Lundmark, D. Steen, "Integration of plug in hybrid electric vehicles and electric vehicles - experience from Sweden", Power and Energy Society General Meeting, IEEE, p. 1-3, 2010.
- [2] IEA (International Energy Agency), "Global EV Outlook- Understanding the electric vehicle landscape to 2020", 2013.
- [3] J. Riaño, H. Amaranto, J. Manrique. "Balances Energéticos 1975-2009", UPME-Ministerio de Minas y Energía, Colombia, 2010.
- [4] Clean Cities. "Plug-in electric Vehicle Handbook for consumers", U.S. Department of Energy, United States, 2011.
- [5] IDAE, "Estrategia de Movilidad Española y Asociación Europea para Vehículos Eléctricos a Batería"; Informe Básico 2008 sobre Sectores de la Energía de la CNE, 2008.
- [6] J. Riaño, H. Amaranto, J. Manrique. "Balances Energéticos 1975-2009", UPME, Ministerio de Minas y Energía, Colombia, 2010.
- [7] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. "Sistema de información ambiental", Colombia, 2014. Disponible en: www.siac.gov.co
- [8] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. "Sobre el ministerio", MADS, Colombia, 2014. Disponible en: www.minambiente.gov.co
- [9] Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. "Así es la CAR", CAR Cundinamarca, Colombia, 2014. Disponible en: www.car.gov.co
- [10] Viceministerio de Ambiente. "Política de prevención y Control de la contaminación del aire". Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Colombia, 2010.
- [11] Secretaria Distrital de Ambiente. "Información general sobre la problemática de ruido", Alcaldía Mayor de Bogotá, Colombia, 2013. Disponible en: <http://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/ruido>
- [12] CONPES 3440. "Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire", Consejo Nacional de Política Económica y Social, Colombia, 2005.
- [13] A. Fuentes. "Análisis estratégico de reciclado de baterías para vehículos eléctricos", Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, España, 2010.
- [14] Movimiento Independiente de Renovación Absoluta, MIRA. "Proyecto de Ley 023 de 2010", Colombia, 2010.
- [15] ICONTEC. "Código eléctrico Colombiano- NTC 20250". Colombia, 2002
- [16] National Fire Protection Association, NFPA. "National Electrical Code- NEC", United States, 2011
- [17] Ministerio de Minas y Energía, "Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas-RETIE", Colombia, 2013.

- [18] J. A. Bohórquez, C.P. López, C.P., A. E. Diez, I. C. Diez. "Revisión y Análisis de la normatividad actual de productos y equipos eléctricos frente a la entrada de Vehículos Eléctricos en Colombia" Revista Investigaciones Aplicadas, Vol. 5, p. 113, Colombia, 2011.
- [19] ENDESA. "Vehículo Eléctrico", España, 2013. Disponible en: <https://www.endesavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/recarga/tipos>
- [20] SAE. "SAE Charging configuration and ratings terminology"; United States, 2013. Disponible en: <http://www.sae.org/smartgrid/chargingspeeds.pdf>
- [21] U.S. Department of Energy. "Federal Tax Credits for Electric Vehicles purchased in or after 2010", United States, 2010.
- [22] Tesla Motors, "Electric Vehicle Incentives around the world", United States, 2013. Disponible en: <http://www.teslamotors.com/incentives/US/California>
- [23] G. A. Putrus, P. Suwanapingkarl, D. Johnston, E. C. Bentley, and M. Narayana, "Impact of electric vehicles on power distribution network", IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference- VPPC, pp. 827-831, United States, 2009.
- [24] A. Pesaran, H. Tataria, D. Howell, T. Markel, "Battery Requirements for Plug-In Hybrid Electric Vehicles – Analysis and Rationale", 23rd International Electric Vehicle Symposium (EVS-23), p. 18, United States, 2007.
- [25] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. "Real Decreto 648/2011", España, 2011. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2011/05/10/pdfs/BOE-A-2011-8125.pdf>
- [26] L. Bertling, S. Lundmark, D. Steen, "Integration of plug in hybrid electric vehicles and electric vehicles - experience from Sweden", IEEE Power and Energy Society General Meeting, p. 1-3, United States, 2010.
- [27] ENDESA. "Tarifa supervalle para incentivar el coche eléctrico", España, 2012. Disponible en: <http://twenergy.com/vehiculos-electricos/tarifa-supervalle-para-incentivar-el-vehiculo-electrico-538>
- [28] Ministerio de Industria, Energía y Turismo. "El Gobierno aprueba un paquete de incentivos para impulsar el vehículo eléctrico", España, 2013. Disponible en: <http://www.minetur.gob.es/es-Es/GabinetePrensa/NotasPrensa/2011/Paginas/npimpulsove060511.aspx>
- [29] Chilectra S.A. "Tarifas de Energía", Chile, 2013. Disponible en <http://www.chilectra.cl/wps/wcm/connect/ngchl/ChilectraCl/Hogar2/CuentaConsu/Todo+Sobre+Tarifas/>
- [30] Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. "Bogotá una ciudad Andina", Reporte, Colombia, 2010.
- [32] R. Maia, M. Silva, R. Araujo, U. Nunes. "Electric Vehicle Simulator for Energy Consumption Studies in Electric Mobility Systems", IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems, Austria, 2011.
- [33] Secretaria de Movilidad. "Movilidad en cifras", Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., Colombia, 2011.

-
- [34] F. Geth, K. Willekens, K. Clement, J. Driesen. "Impact-analysis of the charging of plug-in hybrid vehicles on the production park in Belgium", 15th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference-MELECON, Malta, 2010.
- [35] P. Mitra, G. K. Venayagamoorthy, K. Corzine. "Real-time study of a current controlled plug-in vehicle for vehicle-to-grid transaction", International Power Electronics Conference (IPEC), Singapur, 2010.
- [36] I. Hiskens, D. Callaway, "Achieving controllability of plug-in electric vehicles", IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference-VPPC, Estados Unidos, 2009.
- [37] K. Mets, T. Verschueren, W. Haerick, C. Develder, F. D. Turck. "Optimizing smart energy control strategies for plug-in hybrid electric vehicle charging", IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium Workshops (NOMS Wksp), Japón, 2010.
- [38] P. Grahn, L. Söder. "The Customer Perspective of the Electric Vehicles Role on the Electricity Market", 8th International Conference on the European Energy Market (EEM), Croacia, 2011.
- [39] J. Soares, C. Lobo, Z. Vale, H. Morais. "Electric Vehicle Scenario Simulator Tool for Smart Grid Operators", Elsevier- Energies, vol. 5, p. 19, April 2012.
- [40] F. González. "Patrones de comportamiento de los conductores del sistema transmilenio en la ciudad de Bogotá", Universidad Libre-Semillero de Investigación Movilidad en Bogotá, Colombia, 2011.
- [41] Bureau of Consular Affairs, "Colombia Country specific information- traffic safety and road conditions", U.S. Department of State, Estados Unidos, 2012.
- [42] Revista CONTACTO. "Bogotá, cerca del transporte público eléctrico", Universidad de los Andes - Facultad de Ingeniería, Colombia, 2012.
- [43] L.M. Hinestroza O., J.A. Rosero G. "Evaluación de la percepción del usuario de la ciudad de Bogotá sobre los vehículos eléctricos (Encuesta)", Grupo de Investigación EM&D, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, 2013.
- [44] Instituto Tecnológico de Chihuahua, "Teoría del muestreo", México, 2013. Disponible en: <http://www.itch.edu.mx/academic/industrial/estadistica1/cap01.html>
- [45] Price Waterhouse Coopers International Limited (PwC), "Charging forward: Electric vehicle survey", p. 1-12, Estados Unidos, 2011
- [46] M. Arellano. "Introducción al Análisis Clásico de Series de Tiempo", Chile, 2013. Disponible en: <http://www.5campus.com/leccion/seriest>
- [47] M. González. "Técnicas de predicción Económica", Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad del País Vasco, España, 2009. Disponible en: <http://www.sarriko-online.com/cas/fichas/2009/05-09.pdf>
- [48] J. Alvarez. "La Predicción de Mercado", 2009. Disponible en: http://www.oocities.org/es/javier_alvarez/hw/t3.htm
- [49] N. Sapag. "Conceptos Introductorios de Proyectos de Inversión", Sapag & Sapag Ingenieros Consultores, 2011. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/56834581/9/TECNICAS-DE-PREDICION-DE-MERCADO>

-
- [50] L. Llano., V. Mosquera. "El modelo logit una alternativa para medir probabilidad de permanencia estudiantil", Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Colombia, 2006. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1038/1/laurarosallanodiaz.2006.pdf>
- [51] E. Medina, "Modelos de elección discreta", Universidad Autónoma de Madrid, España 2003. Disponible en: http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/eva/pdf/logit.pdf
- [52] M. Rodríguez, R. Moral. "Análisis de regresión múltiple". Publicaciones de la Universidad de Alicante, ISBN 84-7908-638-6, pp. 3-17, España, 2001. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8143/1/Regresion%20MUTIPLE.pdf>
- [53] J. Ruzo, E. Lozada. "Modelo Logit Multinomial: Una aplicación regional al Sector Lácteo Barreiro", Regional and Sectoral Economic Studies-AEEADE, Universidad de Santiago de Compostela, Vol. 4-1, España, 2004.
- [54] Real Academia Española. Definición de "Regulación", España, 2013. Disponible en: <http://lema.rae.es/drae/?val=REGULACION>
- [55] UPME, "Cartilla informativa del RETIE", Ministerio de Minas y Energía, Colombia, 2006. Disponible en: http://www.upme.gov.co/Docs/Cartilla_Retie.pdf
- [56] G. Benítez. "Norma técnica de acometidas y medidas Electricaribe", Electricaribe S.A. E.S.P., Colombia, 2013.
- [57] Clean Cities. "A Guide to the Lessons Learned from the Clean Cities Community Electric Vehicle Readiness Projects", U.S. Department of Energy, Estados Unidos, 2014.
- [58] J. Asín. "Las infraestructuras de recarga para el vehículo eléctrico", Desarrollo de Negocio de Infraestructura para el Vehículo Eléctrico, Revista del Ministerio de Medio Ambiente, ISSN 1577-9491, N°. 100, p. 98-109, España, 2012.
- [59] Innova-Software Developers. "¿Vas a ser gestor de carga?-GSE". España, 2013. Disponible en: <http://igseges.innova-soft.com/carga.html>
- [60] J. Arévalo. "Diseño y desarrollo de software para el dimensionamiento del transformador de distribución mediante curvas de carga", Universidad de la Salle, Colombia, 2010.