

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXÁCTAS, FÍSICAS Y NATURALES
ESCUELA I.M.E.

**INCORPORACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL
PARQUE AUTOMOTOR CORDOBÉS, SU IMPACTO EN EL
SISTEMA ELÉCTRICO Y EN EL MEDIOAMBIENTE**

CABULLO CHIODINI, GABRIEL ALEJANDRO
SACCOMANO, JAVIER GUSTAVO

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

FERRARI, CARLOS
BRAGAGNOLO, SERGIO

CÓRDOBA

JULIO DE 2019

PRÓLOGO

En el presente trabajo, **Incorporación del vehículo eléctrico en el parque automotor cordobés, su impacto en el sistema eléctrico y en el medioambiente**, se utilizan muchos de los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera aplicados al análisis del vehículo eléctrico y su entorno, con la finalidad de cuantificar y cualificar las ventajas, beneficios y dificultades que su adopción lleva aparejada en la ciudad de Córdoba, la provincia y el país.

El primer paso para el desarrollo de este Proyecto Integrador consistió en analizar la situación actual del VE en el mundo, la tecnología complementaria e investigar las medidas tomadas para lograr su inserción. Posteriormente se esquematizaron diferentes módulos de recarga para distintos emplazamientos.

Utilizando métodos de proyección y comparando los costos de adquisición, mantenimiento y uso, se estimaron los kilómetros a recorrer para lograr que el vehículo eléctrico sea económicamente rentable.

Luego, se estudió el parque automotor y la matriz energética actual de la ciudad de Córdoba. Proponiendo una curva de porcentajes de patentamientos de vehículos eléctricos, se estimaron las emisiones de CO₂ y se compararon las emisiones con la misma cantidad de vehículos de combustión interna; se determinó la demanda de energía que requeriría este nuevo sistema de transporte y se esbozó su impacto en la curva de demanda.

Bajo el punto de vista de los autores de este Proyecto Integrador, los vehículos eléctricos son el futuro del transporte, siendo indispensable tomar las medidas necesarias en el ámbito político, normativo y de infraestructura. Los beneficios medioambientales respecto a los actuales vehículos de combustión interna contribuyen a lograr los objetivos rubricados por la ciudad y el país, y la mejora en la curva de demanda al aumentar la potencia consumida durante el horario valle, ayuda a hacer más eficiente al sistema.

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, por su amor y apoyo incondicional.

Al empuje de nuestros amigos.

A los ingenieros Carlos Ferrari y Sergio Bragagnolo, por su dedicación, compromiso y guía constante.

A las personas que componen las divisiones de Líneas de Transmisión y Planeamiento de la Distribución de la EPEC, por garantizar nuestra continuidad en el ámbito académico y contribuir a nuestra formación.

Al director de Escuela de Ingeniería Mecánica Electricista, Ing. Eloy Villafañe por su predisposición y sus consejos para la vida profesional.

A la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, por permitirnos formarnos como profesionales y a los profesores que marcaron nuestro camino.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	16
2	RESEÑA HISTÓRICA.....	18
3	TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	20
3.1	Vehículo eléctrico (VE).....	20
3.2	Vehículo eléctrico híbrido enchufable (VEHE)	20
3.3	Cargador	20
3.4	Equipo de suministro para vehículo eléctrico (ESVE).....	20
3.4.1	Conexión caso A:	21
3.4.2	Conexión caso B:.....	21
3.4.3	Conexión caso C:.....	21
3.5	Estación de carga para vehículo eléctrico (ECVE)	22
3.5.1	Función Piloto	22
3.5.2	Conector de VE	22
3.5.3	Inlet.....	22
3.5.4	Acoplador de VE	22
3.5.4.1	Tipos de acopladores existentes.....	22
3.5.4.1.1	Acopladores de corriente alterna.....	23
3.5.4.1.1.1	Tipo 1 o SAE J1772.....	23
3.5.4.1.1.2	Tipo 2 o Mennekes.....	24
3.5.4.1.1.3	GB/T AC	25
3.5.4.1.1.4	Tipo 3 o SCAME	26
3.5.4.1.2	Acopladores de corriente continua.....	28
3.5.4.1.2.1	CHAdEMO	28
3.5.4.1.2.2	GB/T CC	28
3.5.4.1.3	Acopladores combinados CA y CC	29

3.5.4.1.3.1	CCS Combo Tipo 1	29
3.5.4.1.3.2	CCS Combo Tipo 2	31
3.5.5	Gabinete de control y protección	32
3.6	Modo de carga	32
3.6.1	Modo 0	32
3.6.2	Modo 1	33
3.6.3	Modo 2	33
3.6.4	Modo 3	34
3.6.5	Modo 4	34
3.7	Protección contra contactos indirectos	34
3.7.1	Tipos de dispositivos de protección diferencial	35
3.8	Equipo de suministro para vehículos eléctricos (ESVE)	36
4	BATERÍAS	38
4.1	Tipos de baterías	39
4.1.1	Características constructivas	39
4.1.1.1	Celdas cilíndricas:	40
4.1.1.2	Celdas prismáticas:	42
4.1.1.3	Celdas tipo bolsa o “pouch”:	42
4.1.1.4	Módulos y paquetes	43
4.1.2	Composición química	44
4.1.2.1	Plomo-ácido de ciclo profundo:	44
4.1.2.2	Niquel-metalhidruro (Ni-MH):	46
4.1.2.3	Ión de litio (Li-ion)	48
4.1.3	I+D en baterías	52
4.1.3.1	Litio aire (Li-air)	52
4.1.3.2	Litio metal (Li-metal)	52
4.1.3.3	Litio de estado sólido	53

4.1.3.4	Supercapacitor	53
4.2	Tecnologías aplicadas en VE en Argentina.....	55
5	MÓDULO DE RECARGA.....	56
5.1	Módulo domiciliario.....	56
5.1.1	Diagrama unifilar Modo 0.....	56
5.1.2	Diagramas unifilares Modo 2 y Modo 3.....	57
5.2	Módulo comercial.....	58
5.3	Módulo de carga rápida	61
6	POLÍTICAS E INCENTIVOS.....	63
6.1	Contratación publica.....	63
6.2	Incentivos financieros.....	63
6.2.1	Reducir el precio de venta:	64
6.2.2	Reducir el costo de propiedad o de uso:	64
6.3	Incentivos no financieros.....	65
6.4	Infraestructura de recarga	65
6.4.1	Cargadores privados:	65
6.4.2	Cargadores de acceso público:	67
6.4.2.1	Comercialización de la energía eléctrica	67
6.4.2.2	Garantía de acceso	67
6.4.2.3	Estandarización e interoperabilidad.....	67
6.5	Políticas medioambientales	68
6.5.1	Generación de energía eléctrica con fuentes renovables	68
6.5.2	Monitoreo de calidad de aire e inventario de gases de efecto invernadero	69
6.5.3	Regulación de emisión de CO ₂ vehicular.....	71
6.5.4	Concientización sobre cambio climático.....	73
6.6	Políticas en minería e I+D	73
6.6.1	Litio	73

6.6.2	Cobre y Cobalto.....	74
7	COMPARACIÓN DE COSTOS	75
7.1	Modelos, rendimientos y precios.....	75
7.2	Costos de utilización.....	78
7.2.1	Determinación de tarifa eléctrica y precios de combustibles	78
7.2.2	Costos por Service Oficial.....	79
7.2.3	Cálculo de costos por kilómetros recorridos	79
7.2.4	Punto de igualdad de costos	80
7.2.4.1	Estimación para tarifa valle	80
7.2.4.2	Estimación para tarifa Resto	81
7.3	Conclusiones.....	82
8	IMPACTOS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	86
8.1	Impacto en las emisiones de CO ₂ vehiculares.....	86
8.1.1	Proyección de patentamientos	89
8.1.2	Proyección de patentamientos de VE.....	91
8.1.3	Cálculo de emisiones.....	94
8.2	Impacto en la curva de demanda	97
8.2.1	Curva de demanda de la ciudad de Córdoba 2019	97
8.2.2	Curva de demanda de la ciudad de Córdoba proyectada 2040.....	100
8.2.3	Cálculo de energía eléctrica necesaria por día	104
8.2.4	Efectos de la recarga del vehículo eléctrico sobre la curva de demanda proyectada	106
9	ANÁLISIS FODA	108
9.1	Análisis interno.....	108
9.1.1	Fortalezas.....	108
9.1.1.1	Mayor eficiencia energética.....	108
9.1.1.2	Menores emisiones de CO ₂	108
9.1.1.3	Menor contaminación acústica	109

9.1.1.4	Practicidad de recarga hogareña	109
9.1.1.5	Autonomía suficiente para uso urbano	109
9.1.1.6	Posibilidad de conducción autónoma	109
9.1.1.7	Menores costos de mantenimiento.....	109
9.1.2	Debilidades	110
9.1.2.1	Mayor costo de adquisición	110
9.1.2.2	Tiempo de carga muy elevado	110
9.1.2.3	Autonomía insuficiente para grandes distancias.....	110
9.1.2.4	Necesidad de infraestructura de recarga hogareña	110
9.1.2.5	Falta de diversidad de modelos.....	111
9.2	Análisis externo	111
9.2.1	Oportunidades.....	111
9.2.1.1	Mejora la curva de demanda.....	111
9.2.1.2	Conciencia medioambiental.....	111
9.2.1.3	Buen complemento de la generación distribuida.....	111
9.2.1.4	Impulso de nuevas industrias	112
9.2.1.5	Posibilidad de adquirir beneficios económicos y no económicos	112
9.2.1.6	Reservas de litio y otros recursos esenciales	112
9.2.1.7	Mejora en la imagen de la empresa por adoptar flota cero emisiones	112
9.2.1.8	Menor dependencia de los combustibles fósiles para transportarse .	112
9.2.2	Amenazas	113
9.2.2.1	Resistencia al cambio por desinformación	113
9.2.2.2	Falta de estandarización de acopladores y protocolos de comunicación	113
9.2.2.3	Falta de inversión en infraestructura de recarga	113
9.2.2.4	Reciclado y recuperación de elementos componentes de baterías ...	113
9.2.2.5	Falta de legislaciones para nuevos agentes de mercado eléctrico	114

	9.2.2.6 Vaivenes económicos del país	114
10	CONCLUSIONES	115
11	BIBLIOGRAFÍA	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Conexión: Caso A. FUENTE: IEC 61851-1/2017	21
Ilustración 2 - Conexión: Caso B. FUENTE: IEC 61851-1/2017	21
Ilustración 3 - Conexión: Caso C. FUENTE: IEC 61851-1/2017	21
Ilustración 4 - Acoplador Tipo 1. FUENTE: Phoenix Contact	24
Ilustración 5 - Acoplador Tipo 2. FUENTE: Phoenix Contact	25
Ilustración 6 - Acoplador GB/T. FUENTE: Phoenix Contact.....	26
Ilustración 7 - Acoplador SCAME Tipo 3A. FUENTE: Catálogo SCAME	27
Ilustración 8 - Acoplador SCAME Tipo 3C. FUENTE: Catálogo SCAME	27
Ilustración 9 - Acoplador Chademo. FUENTE: Yazaki Charge Conectores	28
Ilustración 10 - Acoplador GB/T DC. FUENTE: Phoenix Contact	29
Ilustración 11 - Inlet CCS tipo 1. FUENTE: Phoenix Contact.....	30
Ilustración 12 - Conector CCS Combo tipo 1. FUENTE: Phoenix Contact.....	30
Ilustración 13 - Inlet CCS tipo 2. FUENTE: Phoenix Contact.....	31
Ilustración 14 - Conector CCS Combo Tipo 2. FUENTE: Phoenix Contact	31
Ilustración 15 - Configuraciones admisibles CCS Combo Tipo 2. FUENTE: Phoenix Contact.....	32
Ilustración 16 - Modo de carga 0. FUENTE: AEA 90364-7-722/2018.....	32
Ilustración 17 - Modo de carga 1. FUENTE: AEA 90364-7-722/2018.....	33
Ilustración 18 - Modo de carga 2. FUENTE: AEA 90364-7-722/2018.....	33
Ilustración 19 - Modo de carga 3. FUENTE: AEA 90364-7-722/2018.....	34
Ilustración 20 - Modo de carga 4. FUENTE: AEA 90364-7-722/2018.....	34
Ilustración 21 - Tipos de protección diferencial. FUENTE: Cuaderno de aplicaciones técnicos N°3 - ABB	35
Ilustración 22 - Elementos de un pack para VE. Fuente: LG Chem.....	40
Ilustración 23 - Celda cilíndrica. Fuente: LG Chem.....	41
Ilustración 24 - Celda prismática. Fuente: LG Chem.	42

Ilustración 25 - Celda de bolsa o pouch. Fuente: LG Chem.....	43
Ilustración 26 - Métodos de construcción de packs. Fuente: LG Chem.....	44
Ilustración 27 - Esquema de una batería de Plomo-ácido. Fuente: Exide.	44
Ilustración 28 - Principio de carga de baterías Plomo-ácido. Fuente: EASE	45
Ilustración 29 - Principio de carga de una batería Ni-MH. Fuente: EASE.....	47
Ilustración 30 - Principio de carga de una batería Li-ion. Fuente: EASE	49
Ilustración 31 - Tipos y características de supercapacitores. Fuente: Maxwell Technologies.....	54
Ilustración 32 - Diagrama unifilar domiciliario para modo 0.....	57
Ilustración 33 - Diagrama unifilar domiciliario para Modos 2 y 3.....	57
Ilustración 34 - ECVE domiciliario. FUENTE: www.circuitor.es	58
Ilustración 35 - Diagrama unifilar comercial para Modos 2 y 3.....	59
Ilustración 36 - ECVE comercial exterior. FUENTE: www.circuitor.es	59
Ilustración 37 - ECVE comercial exterior. FUENTE: www.circuitor.es	60
Ilustración 38 - Diagrama unifilar comercial para Modos 3 y 4.....	61
Ilustración 39 - ECVE comercial carga rápida. FUENTE: www.circuitor.es	62
Ilustración 40 - Metas Compact of Mayors. FUENTE: Primer inventario de GEI de la ciudad de Córdoba.	71
Ilustración 41 - Fases completadas Pacto de Alcaldes. FUENTE: http://pactodealcaldes-la.eu/firmantes/cordoba/	71
Ilustración 42 - Etiqueta Vehicular IRAM-AITA 10274/2. FUENTE: www.argentina.gob.ar/etiqueta-vehicular	72
Ilustración 43 - Nuevo KANGOO Express Nafta. FUENTE: www.renault.com.ar	75
Ilustración 44 - Etiqueta Vehicular - Nuevo KANGOO Express Nafta. FUENTE: www.renault.com.ar	76
Ilustración 45 - Nuevo KANGOO Express Diesel. FUENTE: www.renault.com.ar ...	76
Ilustración 46 - Etiqueta Vehicular - Nuevo KANGOO Express Diesel. FUENTE: www.renault.com.ar	77
Ilustración 47 - KANGOO Z.E. FUENTE: www.renault.com.ar	77
Ilustración 48- Proyección de costos de Service Oficial	83

Ilustración 49 - Costos por kilómetros recorridos – Tarifa Valle	83
Ilustración 50 - Proyección de costos totales – Tarifa Valle	84
Ilustración 51 - Costos por kilómetros recorridos – Tarifa Resto.....	84
Ilustración 52 - Proyección de costos totales – Tarifa Resto.....	85
Ilustración 53 - Composición del parque automotor de la ciudad de Córdoba. FUENTE: Municipalidad de Córdoba	86
Ilustración 54 - Patentamiento anual de automóviles en la ciudad de Córdoba	87
Ilustración 55 - Índice de variación interanual de patentamientos	88
Ilustración 56 - Índice de variación interanual de patentamientos armonizado	88
Ilustración 57 - Superposición de curvas: Índice de variación interanual de patentamientos real y periódica	89
Ilustración 58 - Patentamiento proyectado 2040	91
Ilustración 59 - Porcentaje del VE en el patentamiento anual.....	92
Ilustración 60 - Parque automotor y cantidad de patentamientos anuales eléctricos ...	94
Ilustración 61 - Comparativa emisión de CO ₂	95
Ilustración 62 - Reducción de emisiones acumuladas	97
Ilustración 63 - Curva demanda ciudad de Córdoba (21 de febrero 2019) (estival)	99
Ilustración 64 - Curva demanda ciudad de Córdoba (04 de julio) (invernal)	100
Ilustración 65 - Curva de demanda proyectada 2040 periodo estival.....	101
Ilustración 66 - Curva de demanda proyectada 2040 periodo invernal	102
Ilustración 67 - Efecto de la recarga de VE en la curva de demanda estival.....	106
Ilustración 68 - Efecto de la recarga de VE en la curva de demanda invernal	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Compatibilidad de carga entre conectores. FUENTE: en base a IEC 62196-2	23
Tabla 2 - Elementos de acopladores y nomenclatura. FUENTE: IEC 62196	23
Tabla 3 - Configuraciones admisibles conector Tipo 1. FUENTE: Catálogo Phoenix Contact	24
Tabla 4 - Configuraciones admisibles conector Tipo 2. FUENTE: Catálogo Amphenol para IEC Charging Coupler	25
Tabla 5 - Configuraciones admisibles conector GB/T en AC. FUENTE: Catálogo Amphenol GB/T	26
Tabla 6 - Configuraciones admisibles conector GB/T DC. FUENTE: Catálogo Amphenol GB/T	29
Tabla 7 - Configuraciones admisibles conector CCS tipo 1. FUENTE: Phoenix Contact.	30
Tabla 8 - Resumen del nivel de potencia de salida y tipo conector de EVSE. FUENTE: Global EV Outlook 2017	36
Tabla 9 - Protocolos de comunicación de acuerdo al tipo conector. FUENTE: State Grid Corporation of China	37
Tabla 10 - Definición de partes componentes pack VE. Fuente: LG Chem.....	40
Tabla 11 - Resumen de las baterías de ion-Li más comunes. Fuente: batteryuniversity.com	51
Tabla 12 - Tecnologías de baterías aplicadas en VE y capacidades.....	55
Tabla 13 - Rapidez de carga según emplazamiento del cargador. FUENTE: en base a guía Fenercom	56
Tabla 14 - Resumen de datos de modelos y combustibles	78
Tabla 15 - Resumen de costos por Service oficial.....	79
Tabla 16 - Costos por km recorridos	80
Tabla 17 - Patentamiento anual de automóviles en la ciudad de Córdoba. FUENTE: Municipalidad de Córdoba	86
Tabla 18 - Índice de variación interanual de patentamientos	87
Tabla 19 - Patentamiento proyectado 2040	90

Tabla 20 - Porcentaje del VE en el patentamiento anual.....	92
Tabla 21 - Año de prohibición de venta de VCI en diferentes países. FUENTE: Global EV 2018.....	93
Tabla 22 - Cantidad de patentamientos anuales de VE	93
Tabla 23 - Comparación de emisiones por año	96
Tabla 24 - Potencia demandada cada media hora (ciudad de Córdoba) (estival). FUENTE: EPEC.....	98
Tabla 25 - Potencia demandada cada media hora (ciudad de Córdoba) (invernal). FUENTE: EPEC.....	99
Tabla 26 - Potencia demandada cada media hora, por unidad y proyectada 2040 estival (ciudad de Córdoba). FUENTE: EPEC	103
Tabla 27- Potencia demandada cada media hora, por unidad y proyectada 2040 invernal (ciudad de Córdoba). FUENTE: EPEC.....	104

1 INTRODUCCIÓN

Desde hace dos siglos la humanidad utiliza como fuente principal de energía la proveniente de combustibles fósiles, ya sea carbón, gas o petróleo. Estos recursos, si bien impulsaron un desarrollo industrial y económico que trajo consigo un alto nivel de confort, llevan aparejados efectos adversos que ya se han manifestado, y que en forma generalizada los científicos lo denominan como “Cambio Climático” (Redjinn, s. f.).

La emisión de gases de efecto invernadero, que son el subproducto de la combustión de los combustibles fósiles, genera un aumento de la temperatura del planeta, por lo que el Acuerdo de París (anunciado en diciembre de 2015 y aplicado en noviembre de 2016) fijó el objetivo de limitar el aumento de la temperatura media mundial por debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales (escenario “2DS”) y proseguir los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales (escenario “B2DS”). Reducir las emisiones de CO₂ es ya un objetivo comúnmente aceptado y eje principal de las políticas energéticas de los países más desarrollados. (*Global EV Outlook 2017*, 2017; «Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero», s. f.; «La contribución Argentina al Acuerdo de París», 2018)

La contaminación acústica y del aire respirable son también algunos de los retos que se tiene como sociedad, siendo las ciudades los puntos donde estos problemas cobran mayor relevancia. La concentración de industrias y la gran cantidad de vehículos de combustión interna son los motivos principales de esta contaminación atmosférica.

La electrificación del transporte desempeña un papel importante en todos los escenarios planteados por la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) con el objetivo de lograr la descarbonización del sistema energético, donde el aumento de la electrificación del transporte va de la mano de la descarbonización del sector eléctrico (*Global EV Outlook 2017*, 2017). La importancia del sector de transporte puede visualizarse en la matriz energética argentina, ya que representa un 31,3% del consumo total (Ministerio de Energía y Minería, 2017), aportando en la ciudad de Córdoba el 32% de la emisión de CO₂e (Municipalidad de Córdoba, 2017).

La electrificación de los vehículos de corta distancia, como los de dos y tres ruedas y los vehículos ligeros de pasajeros (PLDV por sus siglas en inglés), como así también los vehículos de transporte público y de delivery utilizados en entornos urbanos, será crucial. En el escenario 2DS, el stock de PLDV plug-in eléctricos superaría los 150 millones de unidades (10% del total) para el año 2030 y para el 2060, se proyecta que 1.200 millones de coches serán eléctricos, lo cual representaría más del 60% del stock total de PLDV en circulación. En el mismo escenario, se prevé que el stock de vehículos eléctricos de dos ruedas supere los 400 millones en 2030 (alrededor del 40% del total mundial), y que estarán totalmente electrificados para el año 2055 (según IEA). Estableciendo el escenario de B2DS, la electrificación del transporte se produciría a un ritmo aún más rápido: los coches eléctricos representarían el 85% del total de PLDV para el año 2060, y los vehículos de dos ruedas estarían totalmente electrificados para el año 2045.

La infraestructura de carga para los vehículos eléctricos, ya sea residencial, en el trabajo o en lugares públicos, es indispensable para el funcionamiento de los mismos, por lo que la disponibilidad de cargadores es uno de los factores clave para contribuir a la penetración de los vehículos eléctricos en el mercado («The Incorporation of Electric Cars in Latin America», s. f.).

Garantizar la disponibilidad de cargadores también es esencial para permitir la diversificación de los combustibles para el transporte y ayudar en su transición hacia la utilización de energía limpia.

Este trabajo intenta contribuir en esta transición analizando normativas, políticas e incentivos utilizados en otros países, evaluando el actual parque automotor de la ciudad de Córdoba, proyectando la implementación progresiva del vehículo eléctrico con su infraestructura necesaria y analizando el impacto que generará en el ámbito técnico y ecológico.

2 RESEÑA HISTÓRICA

Por increíble que parezca, el vehículo eléctrico es anterior al de combustión interna. Se dice que entre 1832 y 1839 un escocés llamado Robert Anderson inventó el primer coche eléctrico puro al diseñar un carruaje con tracción eléctrica cuya batería era no recargable, mucho tiempo antes que aparecieran los automóviles de combustión interna en 1886.

La limitación que tenían los primeros coches eléctricos era su autonomía, el peso de las baterías y la imposibilidad de recargar las mismas.

En el año 1859 Gastón Planté inventó la batería de plomo-ácido que podía recargarse haciendo circular una corriente eléctrica en sentido inverso a través de ella. En el año 1881 el ingeniero químico Camille Alphonse Faure, aprovechando los avances de Planté, mejoró la batería de plomo-ácido agregándole placas formadas por una rejilla de plomo con pasta de dióxido de plomo. Esta mejora incrementó la capacidad de la batería y permitió iniciar su fabricación industrial. Esta innovación impulsó la realización de varios prototipos de vehículos eléctricos.

A principios de siglo XX, existían en el mundo 19 fabricantes de vehículos eléctricos y los datos de venta en Estados Unidos reflejaban la tendencia dominante; de los 4200 vehículos vendidos, el 38% eran alimentados por energía eléctrica, mientras que el 40% eran de vapor y el 22% restante recurría al combustible fósil. Los coches de combustión eran muy ruidosos y contaminantes, poco fiables y difíciles de arrancar, eran los elegidos por el público masculino mientras que los eléctricos, simples, limpios, fiables, fáciles de arrancar y conducir eran elegidos por el público femenino y la burguesía.

La producción en serie de Henry Ford provocó que el costo de los autos de combustión interna disminuyera considerablemente, mientras que la introducción del arranque eléctrico (burro de arranque) en 1912, patentado por Charles Kettering, generó la desaparición de uno de los puntos débiles de los coches a combustión, el complicado arranque a manivela. La mejora de las carreteras que permitían una mayor velocidad y necesidad de autonomía, como también la proliferación de yacimientos petrolíferos al sur de Estados Unidos, fueron situaciones imposibles de remontar por parte del vehículo eléctrico.

En la década del 90 del siglo XX el vehículo eléctrico vivió un renacer debido a que la movilidad eléctrica se vio como una solución a los problemas crecientes de contaminación y

escases energética. En 1990 la CARB (California Air Resources Board) lanzó la ley “Zero Emission Mandate” la cual establecía que si la industria automotriz procuraba seguir vendiendo vehículos en California, algunos de sus modelos debían ser cero emisiones (un 2% en 1998; un 5% en 2001 y un 10% en 2003). En 1996 comenzó a circular por las carreteras y ciudades de California el primer vehículo eléctrico producido en serie por la General Motors, el EV1, que tenía un motor eléctrico de 137 CV que permitía circular a una velocidad máxima de 130 km/h con una autonomía de unos 190 km. El EV1 sólo se podía adquirir mediante un contrato de leasing sin opción de compra.

La ley de emisión cero californiana fomentó la presentación de vehículos eléctricos con prestaciones similares al EV1 por parte de otras compañías. Modelos como el Nissan Altra EV o el Toyota RAV EV junto con el EV1 generaron una gran demanda debido a la facilidad de uso, las prestaciones en velocidad y aceleración, confort en la conducción y ahorro de combustible.

Las presiones ejercidas por las compañías petroleras mediante publicidad negativa y la compra de la patente de las nuevas tecnologías de baterías, hicieron que la iniciativa fracasara comercialmente y que la ley se derogara, retrasando el nuevo renacer del vehículo eléctrico.

Luego, en el año 2006, la compañía Tesla anunciaría el Roadster, con el cual comenzaría la etapa en la que nos encontramos: el auge del vehículo eléctrico («Historia del vehículo eléctrico», s. f.; «The History of the Electric Car», s. f.; Redjinn, s. f.).

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

3.1 Vehículo eléctrico (VE)

Cualquier vehículo de uso terrestre, para transporte de pasajeros, propulsado por un motor eléctrico y alimentado de un dispositivo de almacenamiento de energía recargable a partir de una fuente de energía eléctrica externa al vehículo (Asociación Electrotécnica Argentina, s. f.).

3.2 Vehículo eléctrico híbrido enchufable (VEHE)

Cualquier vehículo de uso terrestre, para transporte de pasajeros, propulsado por un motor a combustión, que además incorpora un motor eléctrico alimentado por baterías que puedan ser recargadas a partir de una fuente de energía eléctrica externa al vehículo. El motor eléctrico complementa al motor a combustión. Se considera al VEHE dentro del concepto de vehículo eléctrico (Asociación Electrotécnica Argentina, s. f.).

3.3 Cargador

Dispositivo que realiza las funciones necesarias para la carga de las baterías del VE o VEHE, cumpliendo con los requisitos de protección y seguridad (Asociación Electrotécnica Argentina, s. f.).

- a) **Cargador integrado:** cargador montado dentro del VE y diseñado para operar de forma integrada a éste. Puede ser un circuito electrónico específico o un modo de funcionamiento del circuito de potencia que energiza al motor eléctrico.
- b) **Cargador externo:** cargador diseñado para operar fuera del VE. Se conecta a una red de corriente alterna y alimenta al vehículo directamente con corriente continua.

3.4 Equipo de suministro para vehículo eléctrico (ESVE)

Conjunto de conductores, incluyendo el de fase/s, neutro y tierra de protección, conectores, tomacorriente, ficha y todo otro accesorio, dispositivo y aparato instalado específicamente con el propósito de entregar energía desde la instalación eléctrica del inmueble al VE y, de ser requerido, permitir la comunicación con el VE. Se definen tres casos de conexión del VE al ESVE (Asociación Electrotécnica Argentina, s. f.).

3.4.1 Conexión caso A:

Conexión de un VE a la fuente de alimentación mediante un conector y un cable permanentemente unido al VE.

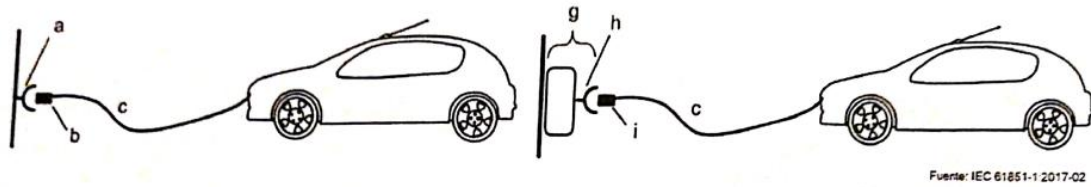


Ilustración 1 - Conexión: Caso A. FUENTE: IEC 61851-1/2017

3.4.2 Conexión caso B:

Conexión de un VE a la fuente de alimentación mediante un cable desmontable y con conectores en ambos extremos.

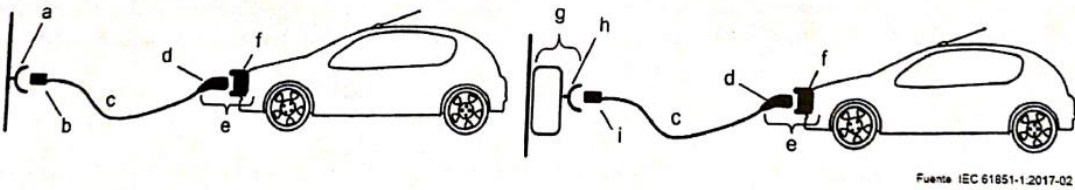


Ilustración 2 - Conexión: Caso B. FUENTE: IEC 61851-1/2017

3.4.3 Conexión caso C:

Conexión de un VE a la fuente de alimentación mediante un conector y un cable permanentemente unido a la estación de carga.

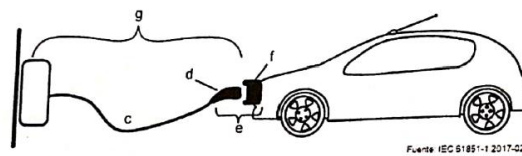


Ilustración 3 - Conexión: Caso C. FUENTE: IEC 61851-1/2017

Referencia para las figuras:

- a) Módulo de tomacorriente IRAM 2071 de 10 A.
- b) Ficha IRAM 2073 de 10 A conector.
- c) Cable de alimentación.
- d) Conector de VE.

- e) Acoplador de VE.
- f) Inlet.
- g) Estación de carga.
- h) Tomacorriente de la estación de carga.
- i) Ficha para conectar a la estación de carga.

3.5 Estación de carga para vehículo eléctrico (ECVE)

Todo equipo apto para entregar energía al VE conectado a la instalación eléctrica del inmueble y dentro de una misma envolvente (gabinete). La ECVE incluye la función piloto y funciones de control que permiten identificar el VE y sus características de carga. La ECVE puede contar con un cable incorporado y una ficha especial para el inlet del VE (Asociación Electrotécnica Argentina, s. f.).

3.5.1 Función Piloto

Cualquier medio, electrónico o mecánico, que asegure las condiciones relacionadas con la seguridad o transmisión de datos requerida por el modo de operación y las funciones obligatorias u opcionales de los modos de recarga.

3.5.2 Conector de VE

Terminal del cable de alimentación que se conecta al Inlet del VE.

3.5.3 Inlet

Toma de corriente integrada en el VE para recibir al conector proveniente del ESVE.

3.5.4 Acoplador de VE

Permite la conexión a voluntad de un cable de alimentación flexible al VE, está formado por el conector del VE y el Inlet.

3.5.4.1 Tipos de acopladores existentes

En la Tabla 1 se muestra los tipos de conectores para vehículos eléctricos existentes y su compatibilidad con los distintos tipos de Inlet.

Inlet del VE		Conector de VE							
		Tipo 1	Tipo2	Tipo3	GB/T	CHAdEMO	GB/T	CCS Tipo 1	CCS Tipo 2
Corriente alterna [CA]	Tipo 1	Si	-	-	-	-	-	-	-
	Tipo 2		Si	-	-	-	-	-	-
	Tipo 3	-		Si	-	-	-	-	-
	GB/T	-	-	-	Si	-	-	-	-
Corriente continua [CC]	CHAdEMO	-	-	-	-	Si	-	-	-
	GB/T	-	-	-	-	-	Si	-	-
Combinada CC y CA	CCS Tipo 1	Si	-	-	-	-	-	Si	-
	CCS Tipo 2	-	Si	-	-	-	-	-	Si

Tabla 1 - Compatibilidad de carga entre conectores. FUENTE: en base a IEC 62196-2

3.5.4.1.1 Acopladores de corriente alterna

Los acopladores de corriente alterna pueden tener hasta siete contactos, contando los de potencia y los de señal, con posibilidad de configuración monofásica o trifásica («IEC 62196-2:2016 | IEC Webstore», s. f.; PHOENIX CONTACT GmbH & Co, s. f.).

La nomenclatura se muestra en la Tabla 2:

NOMENCLATURA	NOMBRE	FUNCIÓN
L1	Línea principal 1	Contactos de potencia
L2	Línea principal 2	
L3	Línea principal 3	
N	Neutro	
PE	Terminal de protección	Protección contra contacto indirecto
CP	Control piloto	Contacto auxiliar para uso en funciones de control, señalización, monitorización o enclavamiento.
PP o CS	Detección de Proximidad o Switch de Conexión	Se utiliza para indicar la correcta inserción del conector en el inlet del vehículo. Se puede utilizar para evitar la desconexión accidental.

Tabla 2 - Elementos de acopladores y nomenclatura. FUENTE: IEC 62196

3.5.4.1.1.1 Tipo 1 o SAE J1772

Acoplador desarrollado en Estados Unidos por la SAE (Society of Automotive Engineers). Es un estándar en el mercado norteamericano y japonés.

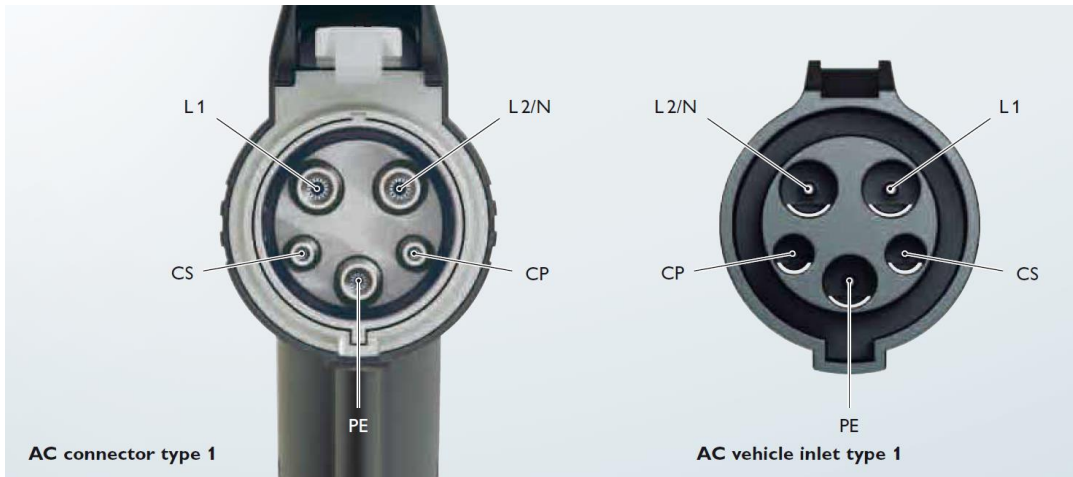


Ilustración 4 - Acoplador Tipo 1. FUENTE: Phoenix Contact

En la Tabla 3 se muestra un resumen de las configuraciones que se encuentran hoy en el mercado.

Conector Tipo 1	
Borne	Monofásica
L1	250 V 20 A, 32 A
N	250 V 20 A, 32 A
PE	Dimensionado para la falla
CP	30 V 2 A
PP	30 V 2 A

Tabla 3 - Configuraciones admisibles conector Tipo 1. FUENTE: Catálogo Phoenix Contact

Se puede encontrar en vehículos como: Nissan Leaf, Chevrolet Volt, Toyota Prius Plug-in Hybrid, Mitsubishi i-MiEV, Ford Focus Electric, Honda Fit EV entre otros («Conectores para la recarga del vehículo eléctrico», s. f.)

3.5.4.1.1.2 Tipo 2 o Mennekes

Acoplador desarrollado por la empresa alemana MENNEKES STECKER GMBH & CO fundada en el año 2010. Es compatible con la carga monofásica y trifásica («Mennekes Spain», s. f.).

En la Tabla 4 se muestra un resumen de las configuraciones que se encuentran hoy en el mercado.

Conector Tipo 2		
Borne	Monofásica	Trifásica
L1	250 V 16 A, 20 A, 32 A	480 V 16 A, 20 A, 32 A, 63 A
L2	-	480 V 16 A, 20 A, 32 A, 63 A
L3	-	480 V 16 A, 20 A, 32 A, 63 A
N	250 V 16 A, 20 A, 32 A	480 V 16 A, 20 A, 32 A, 63 A
PE	Dimensionado para la falla	
CP	30 V 2 A	
PP	30 V 2 A	

Tabla 4 - Configuraciones admisibles conector Tipo 2. FUENTE: Catálogo Amphenol para IEC Charging Coupler

El dispositivo de conexión tipo 2 fue declarado un estándar en la UE por el parlamento en el año 2014.

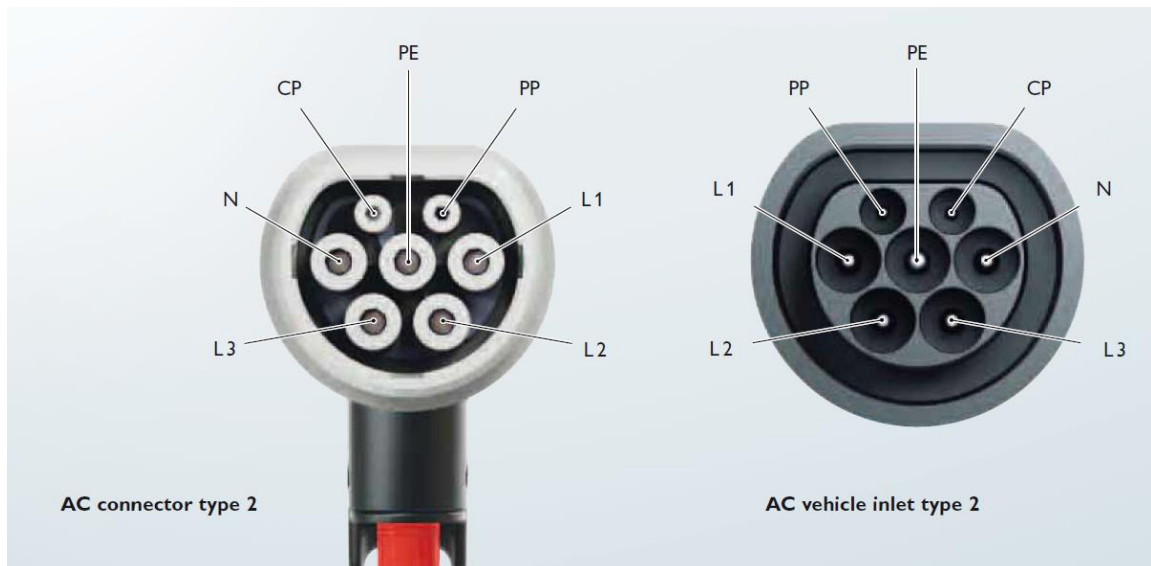


Ilustración 5 - Acoplador Tipo 2. FUENTE: Phoenix Contact

Este conector se puede encontrar en vehículos como: Audi Sportback e-tron. BMW i3, Renault ZOE, Tesla Model S, VW e-Up, VW e-Golf, etc. («Conectores para la recarga del vehículo eléctrico», s. f.)

3.5.4.1.1.3 GB/T AC

Es el Acoplador definido por la norma GB/T20234.2 China para la carga de vehículos eléctricos en corriente alterna compatible con la carga trifásica o monofásica.

Conector GB/T CA		
Borne	Monofásica	Trifásica
L1	250 V 16 A, 32 A	440 V 16 A, 32 A
L2	-	440 V 16 A, 32 A
L3	-	440 V 16 A, 32 A
N	250 V 16 A, 32 A	440 V 16 A, 32 A
PE	Dimensionado para la falla	
CP	30 V 2 A	
PP	30 V 2 A	

Tabla 5 - Configuraciones admisibles conector GB/T en AC. FUENTE: Catálogo Amphenol GB/T

El diseño es similar al del acoplador Tipo 2 en cuanto a la configuración de los bornes, pero no son compatibles ya que la forma física del Inlet y el conector del GB/T están invertidos con respecto al Tipo 2 definido en la norma IEC 62196-2.

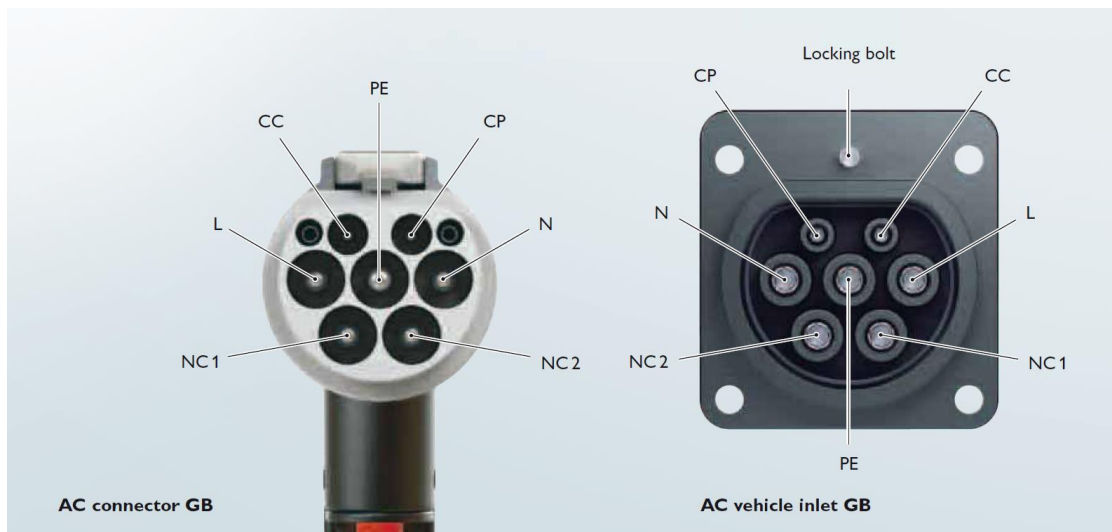


Ilustración 6 - Acoplador GB/T. FUENTE: Phoenix Contact

3.5.4.1.1.4 Tipo 3 o SCAME

Este tipo de conector fue desarrollado por la asociación “EV Plug Alliance” formada por el fabricante italiano Scame, el alemán Schneider Electric y el francés Legrand. SCAME

Podemos distinguir dos variantes de este tipo de conector:

- **Tipo 3 A**

Tiene una tensión de funcionamiento de hasta 250 V y una corriente de 16 A monofásica y consta de cuatro bornes (fase, neutro, tierra y control piloto). Es utilizado en vehículos pequeños como Scooters y motocicletas.

Conectores tipo 3A



Ilustración 7 - Acoplador SCAME Tipo 3A. FUENTE: Catálogo SCAME

- **Tipo 3 C**

Este tipo de conector permite tanto la carga monofásica como trifásica.

Para carga monofásica la tensión de funcionamiento es de hasta 250 V con corrientes de 16 a 32 A. Para carga trifásica la tensión de funcionamiento es de 380 V con corrientes de 16 a 32 A.

Conectores tipo 3C



Ilustración 8 - Acoplador SCAME Tipo 3C. FUENTE: Catálogo SCAME

Actualmente están en desuso ya que en Europa se han impuesto los conectores tipo 2.

3.5.4.1.2 Acopladores de corriente continua

3.5.4.1.2.1 CHAdeMO

Estos acopladores de carga en corriente continua se basan en un protocolo desarrollado por la asociación CHADEMO (CHARge de MOve) la cual se forma en el año 2010 mediante la colaboración de las empresas Toyota Motor Corporation, Nissan Motor Co. Ltd., Mitsubishi Motors Corporation, Fuji Heavy Industries Ltd. y Tokyo Electric Power Company. («Chademo Association – EV Fast Charging Organisation», s. f.)

Este protocolo permite la carga del VE con potencias que van desde 6 a 400 kW, aunque la mayoría de los ECVE en el mercado tienen una potencia máxima de 50 kW y los vehículos actuales no permiten una potencia de carga superior a 150 kW.

Los conectores de protocolo CHADEMO están formados por 10 pines, de los cuales 2 son de potencia y 8 de comunicación.



Ilustración 9 - Acoplador Chademo. FUENTE: Yazaki Charge Conectors

Los Inlet de protocolo CHADEMO puede encontrarse en vehículos como Nissan Leaf, Mitsubishi Outlander, Mitsubishi I-MIEV, Nissan eNV200, KIA Soul, Peugeot ion, Citroen C-Zero, Honfa Fit, Mazda Demio entre otros.

3.5.4.1.2.2 GB/T CC

Es el conector definido por la norma GB/T20234.3 China para la carga rápida de vehículos eléctricos en corriente continua.

En la Tabla 6 se muestra un resumen de los pines que lo componen y sus funciones.

Conector GB/T DC		
Borne	Tensión Corriente	Función
DC+	750 V,1000 V 80 A, 125 A, 250 A	Polo de potencia positivo
DC-	750 V,1000 V 80 A, 125 A, 250 A	Polo de potencia negativo
PE	-	Protección contacto indirecto
S+	30 V 2 A	Comunicación de carga
S-	30 V 2 A	Comunicación de carga
CC1	-	Confirmación de carga
CC2	-	Confirmación de carga
A+	30 V 20 A	Polo + auxiliar de baja tensión
A-	30 V 20 A	Polo + auxiliar de baja tensión

Tabla 6 - Configuraciones admisibles conector GB/T DC. FUENTE: Catálogo Amphenol GB/T

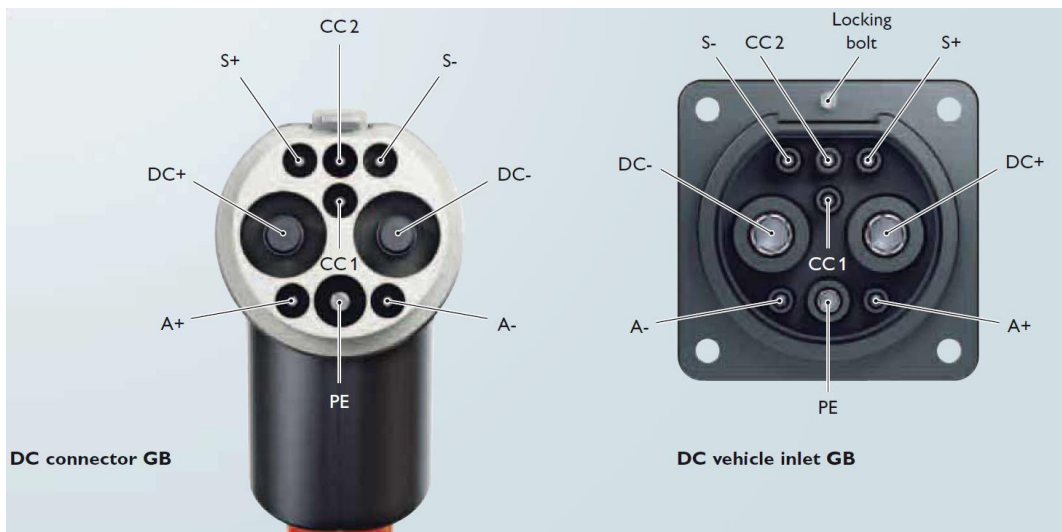


Ilustración 10 - Acoplador GB/T DC. FUENTE: Phoenix Contact

3.5.4.1.3 Acopladores combinados CA y CC

3.5.4.1.3.1 CCS Combo Tipo 1

El sistema de carga combinada (CCS) Tipo 1 definido por la norma SAE J1772 e IEC 62196-3 ha sido diseñado para permitir la carga tanto en corriente alterna como en corriente continua. Es utilizado principalmente en el mercado norteamericano («IEC 62196-2:2016 | IEC Webstore», s. f.; PHOENIX CONTACT GmbH & Co, s. f.).

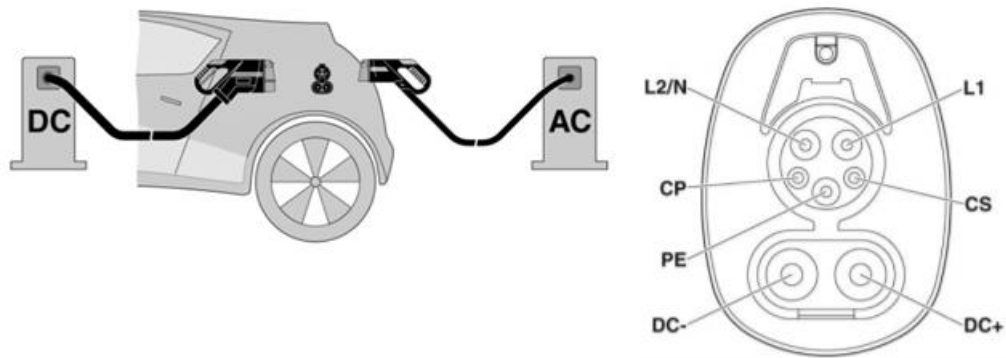


Ilustración 11 - Inlet CCS tipo 1. FUENTE: Phoenix Contact

Para la carga en corriente alterna se utiliza el conector Tipo 1 mencionado anteriormente.

Para la carga en corriente continua el conector se caracteriza por utilizar los pines de comunicación y protección del conector Tipo 1 en AC, y los polos de potencia de corriente continua (DC+ y DC-) como se muestran en la Ilustración 12:

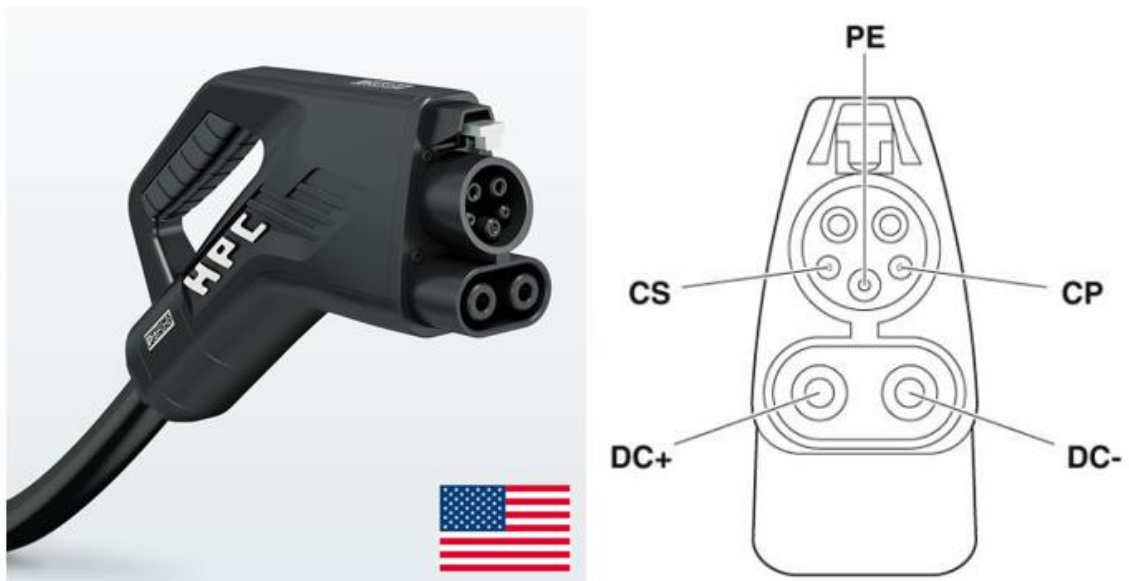


Ilustración 12 - Conector CCS Combo tipo 1. FUENTE: Phoenix Contact.

Conector CCS Combo tipo 1	
Función	CC
DC+	800V 125 A, 200 A
DC-	800V 125 A, 200 A
PE	Dimensionado para la falla
CP	30 V 2 A
PP	30 V 2 A

Tabla 7 - Configuraciones admisibles conector CCS tipo 1. FUENTE: Phoenix Contact.

3.5.4.1.3.2 CCS Combo Tipo 2

El sistema de carga combinada (CCS) Tipo 2 definido por la norma IEC 62196-3 ha sido diseñado para permitir la carga tanto en corriente alterna como en corriente continua. En el año 2013, la Comisión Europea especificó el uso del sistema de carga CCS Combo Tipo 2 como un estándar en toda Europa («IEC 62196-2:2016 | IEC Webstore», s. f.; PHOENIX CONTACT GmbH & Co, s. f.).

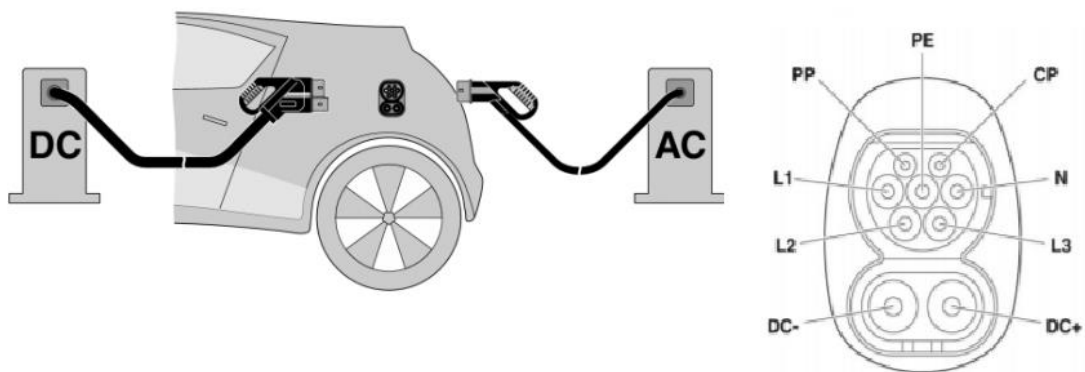


Ilustración 13 - Inlet CCS tipo 2. FUENTE: Phoenix Contact

Para la carga en corriente alterna se usa el conector Tipo 2 mencionado anteriormente.

Para la carga en corriente continua el conector se caracteriza por utilizar los pines de comunicación y protección del conector Tipo 2 en AC, y los polos de potencia de corriente continua como se muestra en la Ilustración 14:

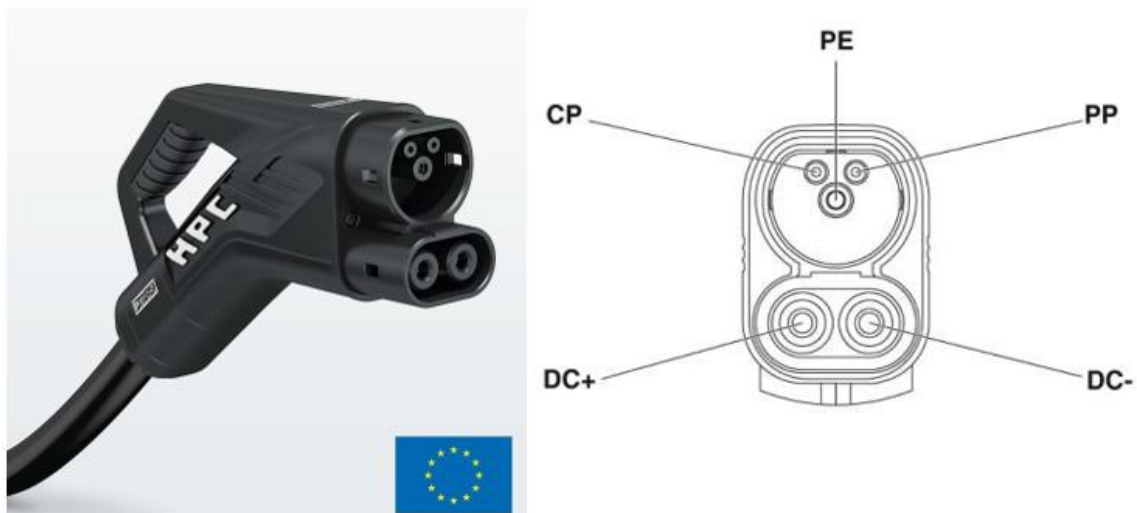


Ilustración 14 - Conector CCS Combo Tipo 2. FUENTE: Phoenix Contact

Conector CCS Combo Tipo 2	
Función	CC
DC+	1000V 60 A, 125 A, 200 A
DC-	1000V 60 A, 125 A, 200 A
PE	Dimensionado para la falla
CP	30 V 2 A
PP	30 V 2 A

Ilustración 15 - Configuraciones admisibles CCS Combo Tipo 2. FUENTE: Phoenix Contact

3.5.5 Gabinete de control y protección

Dispositivo integrado al cable de alimentación del VE que proporciona la función piloto de seguridad y funciones de control de carga del VE (Asociación Electrotécnica Argentina, s. f.).

3.6 Modo de carga

Procedimiento utilizado para cargar las baterías de un VE. Para cada Modo se definen las corrientes, tensiones, funciones de protección y características particulares con las que se realiza el proceso (Asociación Electrotécnica Argentina, s. f.).

3.6.1 Modo 0

Es la carga del VE mediante un cargador externo y no fijo a la instalación eléctrica del inmueble, que entrega corriente continua al VE. La corriente máxima del lado de alterna no debe ser superior a 10 A (Asociación Electrotécnica Argentina, s. f.).

NOTA: este modo de carga no está definido por IEC 61851-1.

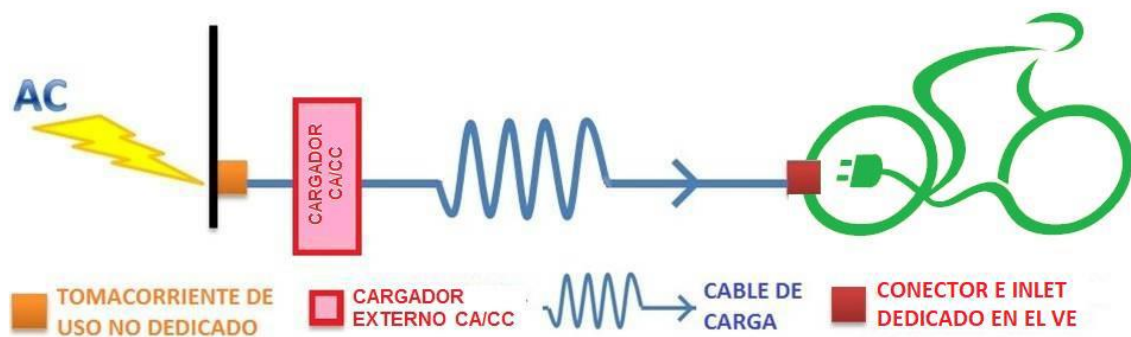


Ilustración 16 - Modo de carga 0. FUENTE: AEA 90364-7-722/2018

3.6.2 Modo 1

Es una conexión directa entre el VE y la red eléctrica. La tensión puede ser monofásica o trifásica. Este Modo no posee seguridad intrínseca, **por lo tanto, se prohíbe su uso en Argentina** (Asociación Electrotécnica Argentina, s. f.).

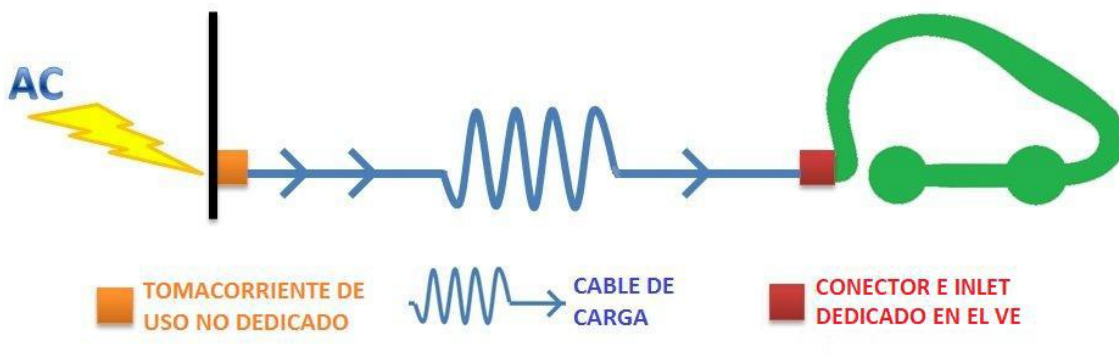


Ilustración 17 - Modo de carga 1. FUENTE: AEA 90364-7-722/2018

3.6.3 Modo 2

Es una conexión indirecta del VE a la red eléctrica a través de un cable de carga. La tensión es monofásica o trifásica, con una corriente máxima de 10 A. El cable de carga integra un gabinete con funciones de control y protección piloto y un sistema de protección contra descargas mediante el conductor de protección a tierra (Asociación Electrotécnica Argentina, s. f.).

NOTA: esta definición se diferencia con respecto al de la norma IEC 61851-1 en la corriente máxima admitida, que es de 32 A.

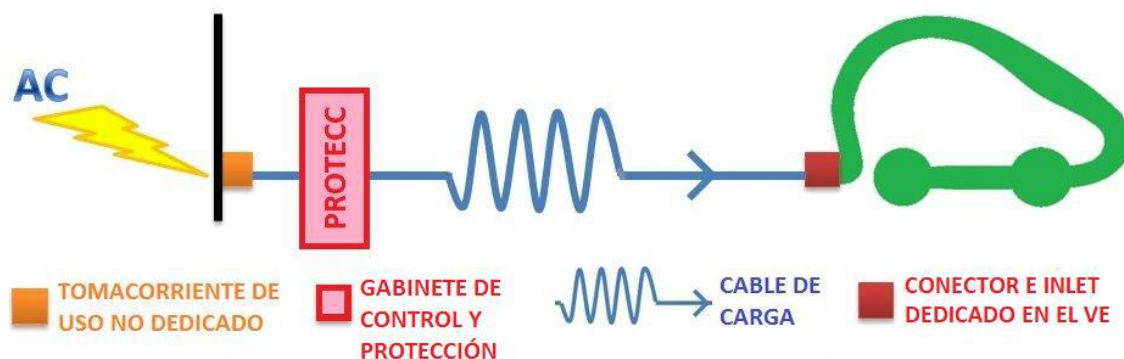


Ilustración 18 - Modo de carga 2. FUENTE: AEA 90364-7-722/2018

3.6.4 Modo 3

Es la conexión entre el VE y la red eléctrica empleando una ECVE que entrega corriente alterna al VE. El ECVE está fijo a la instalación eléctrica del inmueble y su tensión de alimentación puede ser monofásica o trifásica, con su corriente limitada según la corriente máxima de los diferentes componentes del ESVE. En este modo de carga podrá ser exigido por la Autoridad de Aplicación un control de potencia para adoptar estrategias de carga (Asociación Electrotécnica Argentina, s. f.).

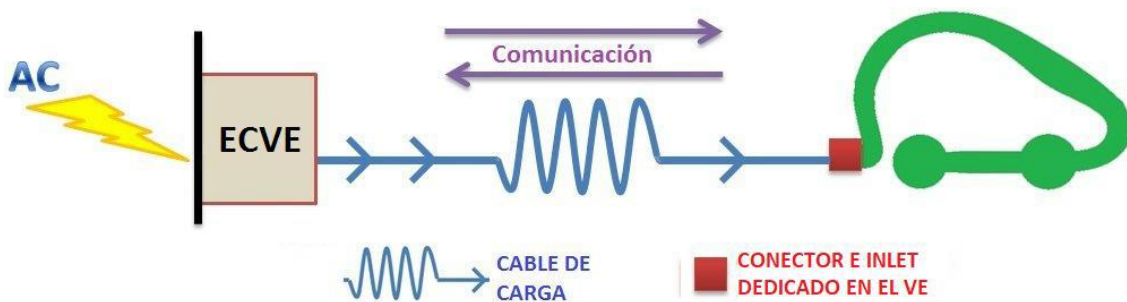


Ilustración 19 - Modo de carga 3. FUENTE: AEA 90364-7-722/2018

3.6.5 Modo 4

Es la conexión entre el VE y la red eléctrica empleando un ECVE externo que entrega corriente continua al VE. El ECVE está fijo a la instalación eléctrica del inmueble e integran un cargador externo, además de las funciones piloto y de control de carga. En este modo de carga podrá ser exigido por la Autoridad de Aplicación un control de potencia para adoptar estrategias de carga (Asociación Electrotécnica Argentina, s. f.).

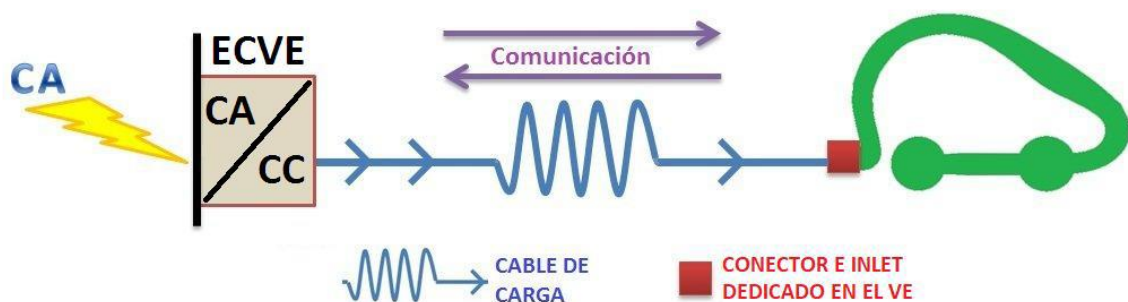


Ilustración 20 - Modo de carga 4. FUENTE: AEA 90364-7-722/2018

3.7 Protección contra contactos indirectos

Los tomacorrientes en inmuebles residenciales y no residenciales aptos para la carga del VE deben estar protegidos por diferenciales clase A.

Si se emplea un ESVE con un conector que cumple con la norma IEC 62196, la instalación debe estar protegida ante fallas de corriente continua, a excepción que la protección se encuentre integrada en el ECVE o en el gabinete de protección y control para carga en Modo 2

La protección debe realizarse mediante:

- Un interruptor diferencial clase B, o
- Un interruptor diferencial clase A y un equipo que asegure la desconexión del suministro en caso de una falla superior a 6 mA de corriente continua.

3.7.1 Tipos de dispositivos de protección diferencial

- Tipo AC: el disparo se garantiza en caso de corrientes residuales alternas senoidales.
- Tipo A: el disparo se garantiza en caso de corrientes residuales alternas senoidales y de corrientes residuales unidireccionales pulsantes.
- Tipo B: el disparo se garantiza en caso de corrientes residuales continuas, aparte de corrientes residuales alternas senoidales, así como corrientes residuales unidireccionales pulsantes (ABB, s. f.).






	Forma de la corriente residual	Funcionamiento correcto de los dispositivos de protección diferencial Tipo		
		AC	A	B
CA senoidal	 aplicada súbitamente  incrementada lentamente	+	+	+
CC pulsante	aplicada súbitamente  con o sin \uparrow 0,006 A  incrementada lentamente		+	+
CC uniforme				+

Ilustración 21 - Tipos de protección diferencial. FUENTE: Cuaderno de aplicaciones técnicos N°3 - ABB

3.8 Equipo de suministro para vehículos eléctricos (ESVE)

Cuando hablamos de los equipos de suministro para vehículos eléctricos podemos encontrar varias opciones, como cargadores de acceso privado o público y una gama de potencias que se adaptan a cada necesidad. (*Global EV Outlook 2018, 2018a*)

Las tres características principales de ESVE que diferencia a los cargadores entre si incluyen:

- Rango de potencia de salida.
- Conector utilizado para la carga.
- Protocolo de comunicación.

En la Tabla 8 se muestra un resumen de los rangos de potencia y tipos de conectores para diferentes regiones del mundo.

Clasificación	Nivel	Corriente	Potencia	China	Europa	Japón	Norte América
	nivel 1	CA	$\leq 3,7$ kW	Tomas instaladas en los hogares, cuyo objetivo principal no es la recarga de los vehículos eléctricos.			SAE J1772 tipo1
Carga lenta	nivel 2	CA	$>3,7$ kW y ≤ 22 kW	GB/T 20234 CA	IEC 62196 Tipo2	SAE J1772 tipo1	SAE J1772 tipo1
Carga rápida	nivel 3	CA	>22 kW y $\leq 43,5$ kW	-	IEC 62196 Tipo2	-	SAE J3068 basado en IEC 62196 Tipo2
		CC	< 200 kW	GB/T 20234 CC	CCS Combo 2	CHAdemo	CCS Combo 1
			< 150 kW	CHAdemo			

Tabla 8 - Resumen del nivel de potencia de salida y tipo conector de EVSE. FUENTE: Global EV Outlook 2017

Existen dos protocolos de comunicación entre el VE y el ESVE de acuerdo con el tipo de acoplador.

Acoplador	Protocolo de comunicación
Tipo 1	PLC (Power Line Communication)
Tipo 2	
Tipo 3	
CCS Combo1	
CCS Combo2	
GB/T AC	CAN (Controller Area Network)
GB/T CC	
CHAdeMO	

Tabla 9 - Protocolos de comunicación de acuerdo al tipo conector. FUENTE: State Grid Corporation of China

4 BATERÍAS

En los primeros años del vehículo eléctrico la única opción disponible para el almacenamiento de energía eléctrica eran las baterías no recargables, lo cual era una gran desventaja. Las baterías de plomo-ácido solventaron ese inconveniente al poder revertir el proceso electroquímico de descarga mediante una fuente externa de corriente, permitiendo ser reutilizadas. A pesar de esa ventaja, el gran peso, la baja autonomía, el largo tiempo de recarga y la pobre vida útil de las baterías, fueron características muy fáciles de superar por parte del vehículo de combustión interna.

En la actualidad, la batería aún es uno de los factores que limitan la inserción del VE en el día a día de las personas. Entre los puntos a mencionar se encuentran: la gran diferencia en tiempo de recarga y una autonomía comparable pero no igualada respecto a los vehículos de combustión interna. La apuesta por parte de las compañías en I+D en nuevas tecnologías de almacenamiento está en boga.

Este punto pretende introducir al lector en los diferentes tipos de baterías que se utilizaron en el parque automotor y las tecnologías mayormente empleadas en la actualidad. También a modo informativo se expondrán algunos tipos que actualmente se encuentran en etapa de I+D y que poseen un futuro prometedor.

Las baterías para VE deben entregar grandes potencias y almacenar una gran cantidad de energía en un espacio y un peso comedido, a un precio que sea asequible, por lo que en la actualidad se utilizan tres tipos de baterías basadas en composiciones químicas diferentes: Plomo-ácido, Niquel-metalhidruro (NiMH) y ión-Litio (ion-Li). A modo de comentario, se nombra la tecnología basada en Niquel-Cadmio (NiCd) la cual, debido a la gran toxicidad del Cadmio fue reemplazada por las NiMH, siendo utilizadas en aplicaciones especiales donde la confiabilidad es fundamental.

Entre las características que se comparan para la aplicación en VE se encuentran:

- Potencia específica [W/kg]
- Energía específica [Wh/kg]
- Densidad de energía [Wh/l] o [Ah/kg]

- Durabilidad (ciclos de carga)

4.1 Tipos de baterías

4.1.1 Características constructivas

Para operar un vehículo eléctrico, se requiere una cantidad enorme de energía mil veces mayor que la de un teléfono inteligente. Es por eso que los vehículos eléctricos necesitan desde docenas de celdas hasta miles. La composición de una batería puede variar ligeramente dependiendo del tipo de vehículo eléctrico, pero generalmente éstas están compuestas de celdas, módulos y un pack.

Un grupo de celdas forman un módulo y un grupo de módulos forman un pack, el cual es instalado en un vehículo eléctrico.

La celda es la base de una batería y debe poseer una alta capacidad por unidad de volumen [Wh/l] para ofrecer el máximo rendimiento en un espacio comedido dentro de un vehículo y la celda también necesita tener una vida útil mucho más larga en comparación con las baterías utilizadas en los dispositivos móviles en general. Además, las celdas deben soportar las vibraciones e impactos transmitidos durante el manejo y poseer una alta fiabilidad y estabilidad hasta el punto de ser capaces de soportar un amplio rango de temperaturas de trabajo.

Cuando se colocan varias celdas en un marco para protegerlas mejor de los factores externos como el calor o la vibración, esto se denomina módulo. Y cuando varios módulos se combinan con un BMS (Battery Management System) y un dispositivo de refrigeración que controla y gestiona la temperatura, la tensión, etc. se denomina pack, siendo este último el que se implementa en los VE. («Product | Automotive Battery | LG Chem», s. f.) .



Ilustración 22 - Elementos de un pack para VE. Fuente: LG Chem

Clasificación	Definición
Celda	Unidad básica de una batería de iones de litio que absorbe y libera energía eléctrica mediante la carga y descarga respectivamente. Se fabrica insertando cátodo, ánodo, separador y electrolito en una envoltura rectangular de aluminio.
Módulo	Un conjunto baterías que se coloca en un marco mediante la combinación de un número fijo de celdas para protegerlas de golpes, calor o vibración.
Pack	Forma final del sistema de baterías instalado en un vehículo eléctrico. Compuesto por módulos y varios sistemas de control/protección incluyendo un BMS (Battery Management System), un sistema de refrigeración, etc.

Tabla 10 - Definición de partes componentes pack VE. Fuente: LG Chem.

En la actualidad se están desarrollando y produciendo tres diseños de celdas diferentes: celdas cilíndricas, prismáticas y tipo bolsa o “pouch” en inglés.

4.1.1.1 Celdas cilíndricas:

Está constituida por una carcasa de acero en forma cilíndrica, el cual le otorga a la celda resistencia mecánica y le permite soportar presión interna sin sufrir deformaciones. La transferencia de calor desde el interior de la celda hacia el exterior, en particular, en el caso de las celdas de gran capacidad, se ve entorpecida y puede dificultar su correcta refrigeración.

Las baterías de litio recargables utilizan una nomenclatura especial, la cual se utiliza para grupos de celdas (baterías) o celdas individuales. Se designa según la norma IEC 61960-3:2017, de la siguiente manera:

$$N_1A_1A_2A_3N_2/N_3/N_4 - N_5$$

- N_1 : indica la cantidad de celdas conectadas en serie (sólo para baterías).
- A_1 : indica el elemento químico base del cátodo.
- A_2 : indica el elemento químico base del ánodo.
- A_3 : denota la forma de la celda, R para cilíndrica y P para prismática.
- N_2 : este número determina el diámetro máximo de la celda cilíndrica o el espesor máximo de la celda prismática en mm.
- N_3 : indica el ancho máximo en mm de la celda prismática (no aparece en celdas cilíndricas).
- N_4 : es la altura máxima en mm.
- N_5 : indica la cantidad de celdas conectadas en serie (sólo para baterías).

El tipo 18650, el cual se creó a mediados de los años 90 y que hoy en día se considera un estándar respecto a sus dimensiones ($N_2=18$ mm y $N_4=65$ mm de alto) tiene un volumen aproximado de 16 cm³ con una capacidad media de 3000 mAh, siendo una de las celdas más vendidas y con excelente confiabilidad. Este tipo de celda tiene una relación muy eficiente entre la superficie y el volumen de la misma y su precio por Wh es uno de los más bajos. Tesla Motors utiliza en su Model 3, una celda un poco más grande, de aproximadamente 24 cm³, la cual se denomina 21700 ($N_2=21$ mm y $N_4=70$ mm) y tiene la ventaja de almacenar el doble de energía en un volumen un 50 por ciento mayor.

El empaquetado de este tipo de celdas deja intersticios vacíos, lo cual se compensa con la gran densidad de energía que pueden almacenar (248 Ah/kg frente a 140 Ah/kg correspondiente a las de tipo bolsa) y puede utilizarse ese espacio para propósitos de refrigeración («Battery Comparison of Energy Density Cylindrical and Prismatic Cells», s. f.; «Battery Information Table of Contents, Basic to Advanced», s. f.; «Rechargeable Batteries | Panasonic Industrial Devices», s. f.).



Ilustración 23 - Celda cilíndrica. Fuente: LG Chem.

4.1.1.2 Celdas prismáticas:

La celda prismática optimiza el espacio utilizando el método de laminado en capas y permite un diseño flexible, pero puede ser más costosa de fabricar y menos eficiente en la transferencia térmica. Este diseño permite la dilatación debido a la generación de gases.

Empaquetadas en carcasas de aluminio o acero, las celdas tienen una capacidad de entre 20 y 50 Ah/kg para ser utilizadas en vehículos híbridos y eléctricos («Battery Information Table of Contents, Basic to Advanced», s. f.).



Ilustración 24 - Celda prismática. Fuente: LG Chem.

4.1.1.3 Celdas tipo bolsa o “pouch”:

Este tipo de celdas se construyen sin la utilización de una carcasa metálica, lo cual hace que el peso por Watt-hora sea muy eficiente. Consta de unas lengüetas conductoras soldadas a los electrodos y se sellan herméticamente en una “bolsa” o “pouch”. La química utilizada es la de Litio-polímero.

La celda de bolsa ofrece una solución sencilla, flexible y de bajo peso para el diseño de baterías. Las mismas pueden admitir altas corrientes de carga, pero funcionan mejor bajo condiciones de carga moderada.

La celda de bolsa hace un uso más eficiente del espacio y logra una eficiencia de empaquetamiento del 90 al 95 por ciento, ya que el espacio vacío entre celdas es reducido y sólo es necesario para permitir la dilatación (hinchado) de las bolsas sin generar tensiones perjudiciales. Eliminar la carcasa metálica reduce el peso, pero la celda necesita ser soportada mecánicamente ya que las mismas no cuentan con rigidez estructural por sí mismas.

Esta tecnología, junto con las prismáticas, se puede obtener mayores capacidades que el formato cilíndrico al ser empaquetadas. El costo por kWh en la celda prismática o de bolsa sigue siendo más alto que la celda cilíndrica, pero esto está cambiando («Battery Information Table of Contents, Basic to Advanced», s. f.).



Ilustración 25 - Celda de bolsa o pouch. Fuente: LG Chem.

4.1.1.4 Módulos y paquetes

Muchos consideran la autonomía como el factor más importante a la hora de comprar un vehículo eléctrico, por lo que, los fabricantes de baterías están impulsando activamente el desarrollo de celdas de alta densidad y que garanticen la seguridad.

En la actualidad los actores de la industria están ampliando su enfoque y no sólo avanzando desde el rendimiento de las celdas, sino también sobre el diseño y la estructura eficiente de los módulos y packs. Las características del pack están estrechamente correlacionadas con el rendimiento del vehículo eléctrico, ya que la disposición y el cableado de las celdas y módulos, como también el sistema de refrigeración/calefacción, son factores posiblemente decisivos a la hora del desempeño global del vehículo. Por este motivo, la competencia por mejores diseños de módulos y packs es cada vez mayor («Battery Comparison of Energy Density Cylindrical and Prismatic Cells», s. f.; «Product | Automotive Battery | LG Chem», s. f.).

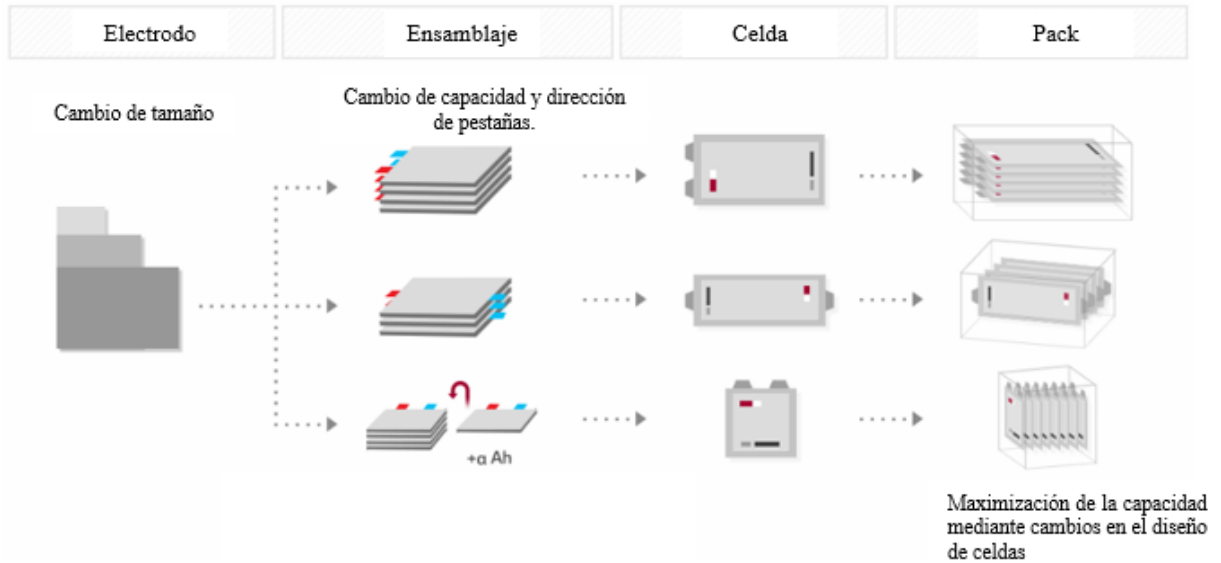


Ilustración 26 - Métodos de construcción de packs. Fuente: LG Chem.

4.1.2 Composición química

4.1.2.1 Plomo-ácido de ciclo profundo:

Este tipo de baterías es la más utilizada hasta el momento en VE ligeros, como lo son autos de golf, sillas de ruedas y motocicletas tipo scooter. Esta gran demanda es debida a su bajo costo y comprobada confiabilidad.

La batería está formada por un depósito de ácido sulfúrico y dentro de él un conjunto de placas de plomo, paralelas entre sí y dispuestas alternadamente en cuanto a su polaridad. Un material aislante separa las placas y permite la circulación del electrolito.

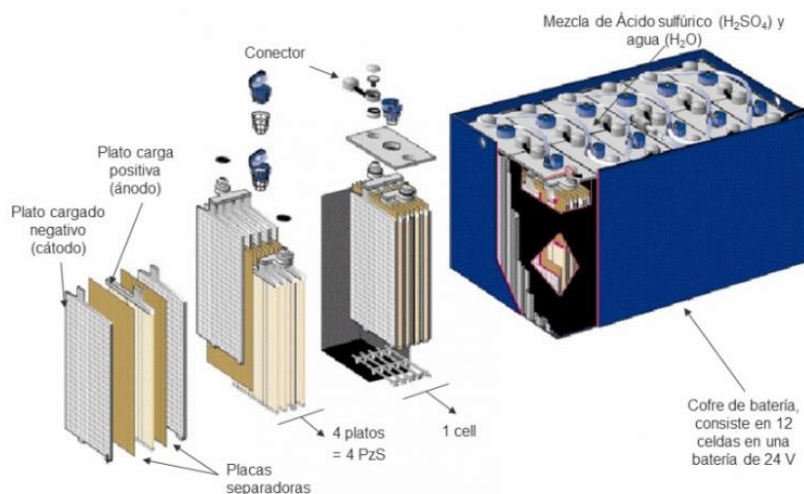


Ilustración 27 - Esquema de una batería de Plomo-ácido. Fuente: Exide.

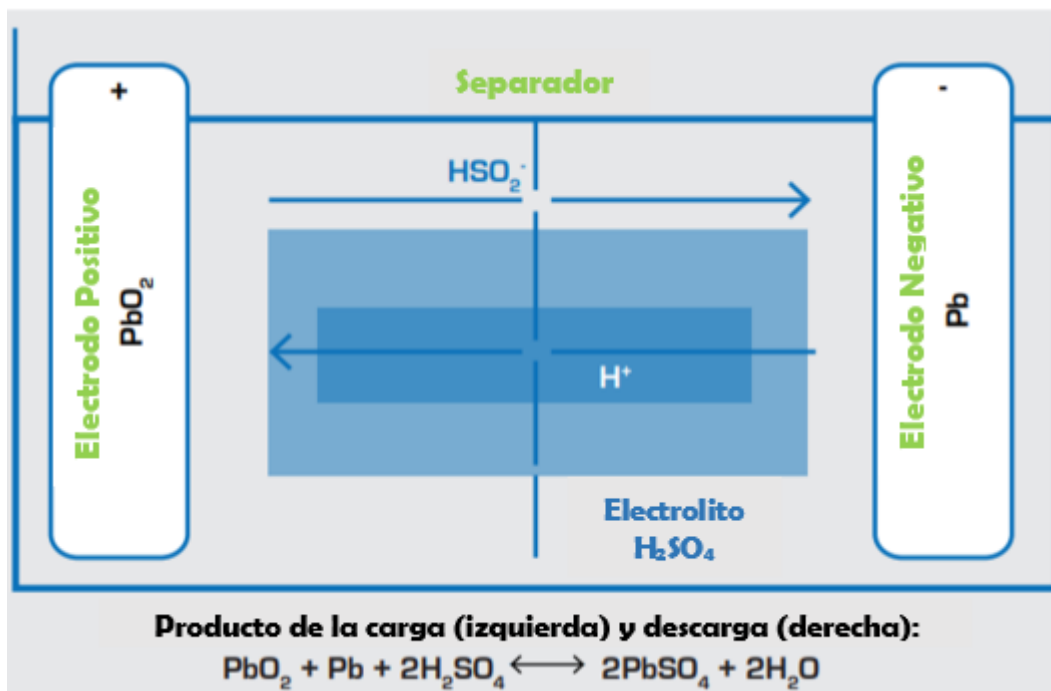


Ilustración 28 - Principio de carga de baterías Plomo-ácido. Fuente: EASE

Esta tecnología es pesada y es menos duradera que los sistemas a base de níquel y litio cuando se realiza un ciclo profundo. Las descargas totales provocan estrés y el número de ciclos se relaciona con la profundidad de descarga (PdD o DoD por sus siglas en inglés), por lo que a mayor PdD, menor es la cantidad de ciclos que durará la batería. Hasta una PdD del 80% la batería no sufre daños (100% = totalmente descargada; 0% = carga completa), pero algunos fabricantes recomiendan no superar el 50% de descarga para aumentar su vida útil. Esta pérdida de capacidad es pequeña mientras la batería está en buenas condiciones de funcionamiento, pero el desvanecimiento aumenta una vez que el rendimiento cae a la mitad de la capacidad nominal.

Las principales razones de su envejecimiento son la corrosión en la rejilla del electrodo positivo, el agotamiento del material activo y la expansión de las placas positivas. Este fenómeno se acelera a elevadas temperaturas de funcionamiento y altas corrientes de descarga.

El plomo-ácido no se puede recargar rápidamente y para la mayoría de los tipos, una carga completa toma entre 14 y 16 horas. La batería debe almacenarse siempre con el nivel de carga completo, ya que carga baja causa sulfatación, la cual disminuye el rendimiento de la batería. La adición de carbono en el electrodo negativo reduce este problema, pero conlleva una reducción de la energía específica.

Este tipo de tecnología tiene una vida útil baja y no está sujeta al efecto memoria como lo están los sistemas basados en níquel. La retención de carga es de las mejores entre las baterías recargables. Esta tecnología funciona bien a bajas temperaturas y es superior al ión-litio cuando funciona en condiciones bajo cero. Otro de los puntos a favor de este tipo de baterías es su bajo costo («Battery Information Table of Contents, Basic to Advanced», s. f.; Zundel, s. f.).

4.1.2.2 Níquel-metalhidruro (Ni-MH):

Durante 50 años, los dispositivos portátiles dependían casi exclusivamente del níquel-cadmio (Ni-Cd). Debido a ello se obtuvo gran cantidad de información, pero en la década de 1990, el Níquel-metalhidruros (Ni-MH) asumió el control para resolver el problema de la toxicidad de la robusta tecnología basada en Ni-Cd. Muchas de las características de la batería de Ni-Cd fueron transferidas al Ni-MH, ofreciendo un cuasi-reemplazo ya que estos dos sistemas son similares. Debido a las regulaciones ambientales, el Ni-Cd se limita hoy en día a aplicaciones especializadas como la aeroespacial.

Las baterías basadas en la tecnología Ni-MH han triunfado claramente en el sector de los híbridos en la actualidad. No obstante, la participación de estos tipos de baterías en el mercado mundial se encuentra en claro declive debido a la irrupción de las diferentes baterías ión-Litio.

Este tipo de sistema se basa en reacciones electroquímicas de carga/descarga que se producen entre un electrodo positivo (cátodo) que contiene óxido-hidróxido de níquel (NiOOH) como material activo y un electrodo negativo (ánodo) que está compuesto de una aleación metálica que absorbe hidrógeno.

Los electrodos están separados por una membrana permeable que permite el flujo de electrones e iones y está inmerso en un electrolito acuoso que es constituido por hidróxido de potasio que no sufre cambios significativos durante su funcionamiento.

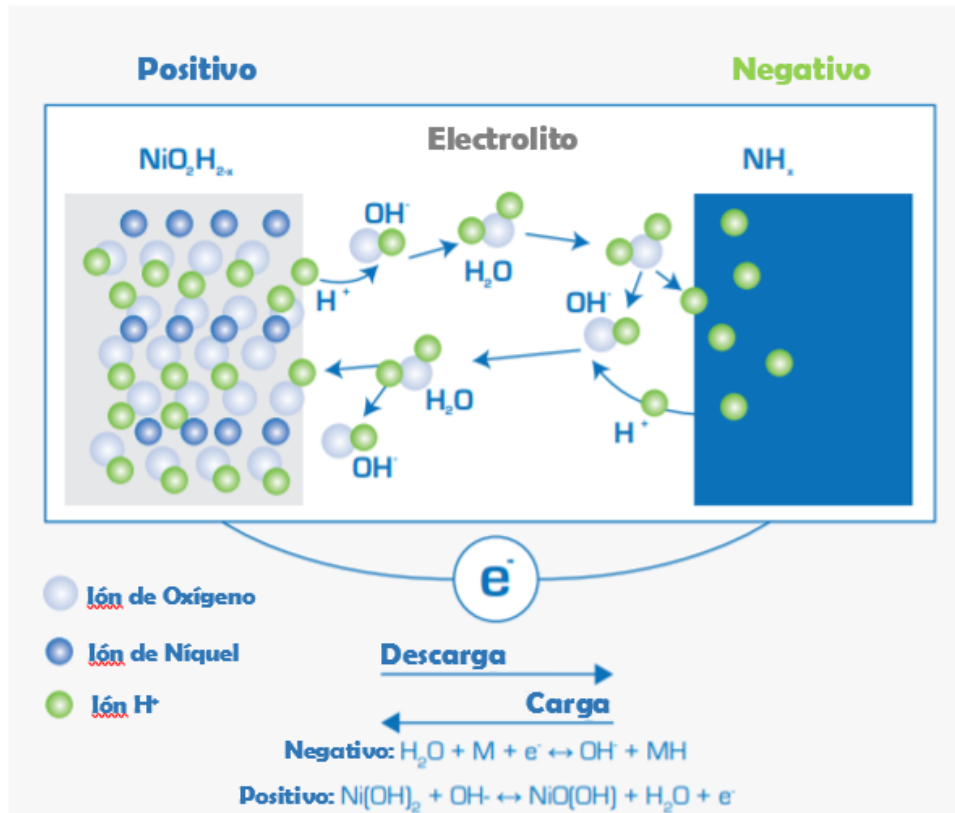


Ilustración 29 - Principio de carga de una batería Ni-MH. Fuente: EASE

El níquel-metalhidruro posee un 20 por ciento de autodescarga en las primeras 24 horas después de la carga y un 10 por ciento por mes a partir de entonces, se encuentra entre las más altas de la clase. La modificación de los materiales de hidruro reduce la autodescarga y reduce la corrosión de la aleación, pero esto disminuye la energía específica. Las baterías para la propulsión eléctrica aprovechan esta modificación para conseguir la robustez y la larga vida útil necesarias.

La autodescarga es la principal característica por la cual esta tecnología se utiliza únicamente en vehículos híbridos y no en puramente eléctricos, donde la retención de carga es un factor determinante en el diseño.

La ventaja en comparación con las baterías recargables de NiCd es la mayor densidad de energía por volumen y peso. Las desventajas son una mayor sensibilidad a las altas temperaturas, lo que lleva finalmente a una vida útil más corta y un coste más elevado («Battery Information Table of Contents, Basic to Advanced», s. f.; Zundel, s. f.).

4.1.2.3 Ión de litio (Li-ion)

Los primeros trabajos con baterías de litio comenzaron en 1912, pero no fue hasta principios de la década de 1970 que las primeras baterías de litio no recargables estuvieron disponibles en el mercado. Los intentos de desarrollar baterías recargables de litio siguieron en la década de 1980, pero fracasaron debido a la inestabilidad del litio metálico utilizado como material del ánodo.

La inestabilidad inherente del litio metálico, especialmente durante la carga, llevó la investigación a una solución no metálica que utilizaba iones de litio. En 1991, Sony comercializó la primera batería de ión-Litio y hoy en día esta tecnología se ha convertido en la batería más prometedora y de más rápido crecimiento del mercado. Aunque su energía específica es menor que la del litio metálico, el ión-Litio es más seguro siempre que se respeten los límites de tensión y corriente en la carga y descarga.

Es una batería de bajo mantenimiento, no tiene memoria, no necesita de descargas completas para mantenerla en buen estado y la autodescarga es menos de la mitad de la de los sistemas basados en níquel.

El término "baterías de ion-litio" es un término genérico que engloba una variedad de combinaciones de materiales. Sus características en cuanto a potencia, vida útil, prestaciones a altas y bajas temperaturas y seguridad dependen en gran medida de la combinación de materiales utilizados. El diseño del electrodo permite la optimización hacia celdas de alta potencia o de alta energía.

Este tipo de baterías alcanzan las más altas densidades de energía gravimétrica [Wh/kg] y de potencia [W/kg] de todas las baterías recargables disponibles en el mercado.

La batería de iones de litio (Li-ion) es un sistema de almacenamiento de energía basado en reacciones electroquímicas de carga/descarga que ocurren entre un electrodo positivo (cátodo) que contiene óxido de metal litiado y un electrodo negativo (ánodo) de carbono (grafito) o compuestos de intercalación.

Los electrodos están separados por materiales poliméricos porosos que permiten el flujo de electrones e iones entre sí y se sumergen en un electrolito que se compone de sales de litio (como el LiPF₆) disueltas en líquidos orgánicos.

Cuando la batería se está cargando, los átomos de litio en el cátodo se vuelven iones y migran a través del electrolito hacia el ánodo de carbono donde se combinan con electrones externos y se depositan entre capas de carbono como átomos de litio. Este proceso se revierte durante la descarga.

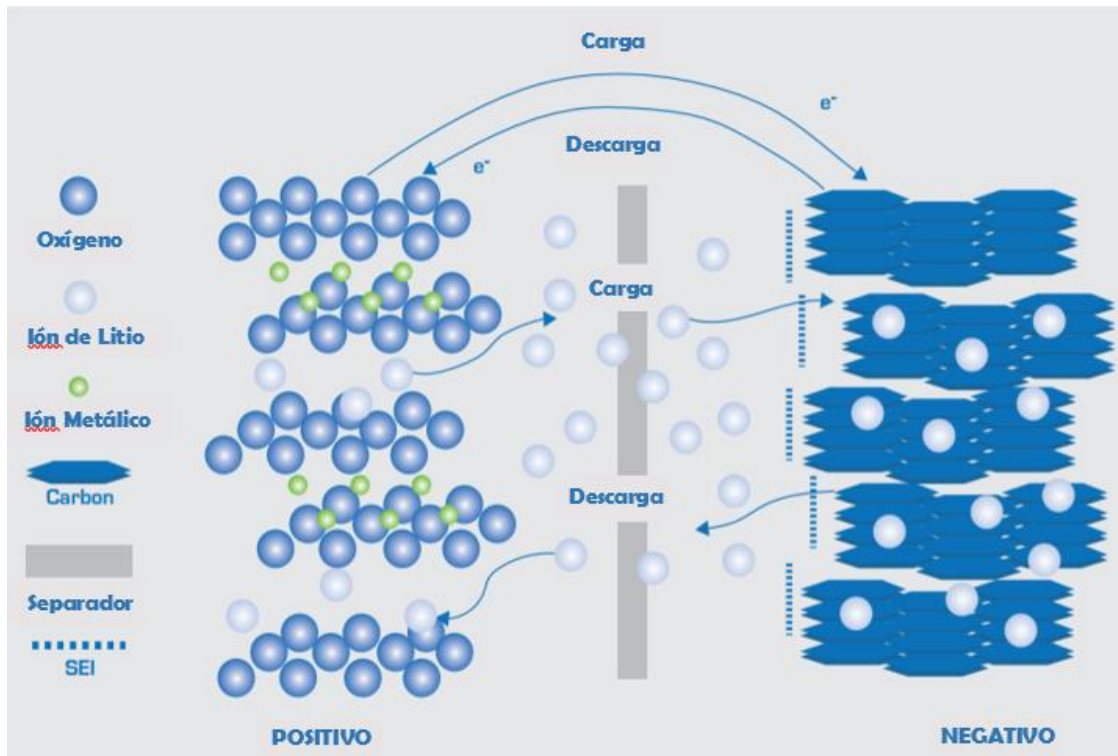


Ilustración 30 - Principio de carga de una batería Li-ion. Fuente: EASE

Las baterías actuales de iones de litio no ofrecen un mecanismo de protección de sobrecarga para evitar dañar la batería. Esto trae la ventaja de una alta eficiencia de Coulomb, cercana al 100%. Por consiguiente, la eficiencia energética es también muy alta en comparación con otras tecnologías. Debido a la falta de protección, las celdas deben ser supervisadas individualmente para evitar la sobrecarga de una sola celda, ya que esto llevaría finalmente a su destrucción. Para evitar este peligro, la primera celda en alcanzar el estado de carga completa finaliza el proceso de carga, y la primera celda en llegar a la tensión mínima durante la descarga termina este proceso.

Esta tecnología depende en gran medida del eslabón más débil (la peor celda), siendo indispensable lograr una calidad muy alta en la producción para minimizar las diferencias entre las capacidades, resistencias internas y, por lo tanto, niveles dispares de envejecimiento de las celdas.

Las baterías de iones de litio se caracterizan por su alta capacidad, incluso en altas intensidades de corriente. Por este motivo, las baterías de iones de litio son especialmente adecuadas para aplicaciones con corrientes elevadas, por ejemplo, en vehículos eléctricos.

Hoy en día, las baterías de iones de litio se ofrecen en dos grandes líneas de producción: baterías de alta energía y baterías de alta potencia:

- La llamada batería de alta energía optimiza la energía específica [Wh/kg] (capacidad) para conseguir un tiempo de funcionamiento prolongado, pero con una potencia específica más baja.
- Las baterías de alta potencia ofrecen una potencia específica [W/kg] excepcional, pero con una capacidad baja. Estas tienen capas de elementos activos muy finas, de modo que los volúmenes relativos de las láminas metálicas (utilizadas como colectores de corriente) y del separador (o electrolito) son elevados en comparación con el volumen del elemento activo. Para acercarse a la capacidad de las baterías de alta energía, las celdas de alta potencia necesitan más material, lo que resulta en mayores costos.

Las características intrínsecas de este grupo de baterías denominadas ión-Litio dependen de la composición química de sus elementos activos, por lo que, de acuerdo con la necesidad se optará por una u otra composición. Originalmente, el componente activo primario del cátodo era el cobalto. Hoy en día, el cobalto es sustituido parcialmente por níquel (NMC, NCA). Los materiales de los cátodos requieren niveles de pureza extremadamente altos y deben estar casi totalmente libres de impurezas metálicas no deseadas, especialmente hierro, vanadio y azufre. («Advanced Battery Technology › RECHARGE Batteries», s. f.; «Batteries», s. f.; «Battery Information Table of Contents, Basic to Advanced», s. f.; Gerssen-Gondelach & Faaij, 2012; *Global EV Outlook 2018*, 2018a; «Product | Automotive Battery | LG Chem», s. f.; «Rechargeable Batteries | Panasonic Industrial Devices», s. f.; Young, Wang, Wang, & Strunz, 2013)

La Tabla 11 contiene un resumen las químicas más utilizadas en la actualidad en baterías de ión-Li:

Química	Litio Óxido de Cobalto	Litio Óxido de Manganeso	Litio Níquel Manganeso	Litio Fosfato de Hierro	Litio Níquel Cobalto Óxido de Aluminio	Litio Titanato
Nombre	Li-cobalto	Li-manganeso	NMC	Li-fosfato	Li-aluminio	Li-titanato
Abreviatura	LiCoC ₂ (LCO)	LiMn ₂ O ₄ (LMO)	LiNiMnCoO ₂ (NMC)	LiFePo ₄ (LFP)	LiNiCoAlO ₂ (NCA)	Li ₂ TiO ₃ (LTO)
Voltaje nominal	3.60V	3.70V (3.80V)	3.60V (3.70V)	3.20, 3.30V	3.60V	2.40V
Tensión con carga completa	4.20V	4.20V	4.20V (o superior)	3.65V	4.20V	2.85V
Tensión sin carga	3.00V	3.00V	3.00V	2.50V	3.00V	1.80V
Voltaje mínimo	2.50V	2.50V	2.50V	2.00V	2.50V	1.50V (est.)
Energía específica	150–200Wh/kg	100–150Wh/kg	150–220Wh/kg	90–120Wh/kg	200-260Wh/kg	70–80Wh/kg
Velocidad de carga	0.7–1C (3h)	0.7–1C (3h)	0.7–1C (3h)	1C (3h)	1C	1C (5C max)
Velocidad de descarga	1C (1h)	1C, 10C posiblemente	1–2C	1C (25C)	1C	10C posiblemente
Cantidad de ciclos (Teórica)	500–1000	300–700	1000–2000	1000–2000	500	3,000–7,000
Fuga térmica	150°C	250°C	210°C	270°C (segura a plena carga)	150°C	Una de las más seguras
Mantenimiento	Mantener fría; guardar con carga parcial; evitar ciclos completos, usar corrientes moderadas de carga y descarga					
Packaging	18650, prismática y celda de bolsa	Prismática	18650, prismática y celda de bolsa	26650, prismática	18650	prismática
Historia	1991 (Sony)	1996	2008	1996	1999	2008
Aplicaciones	Smartphones, tablets, laptops, cámaras	Herramientas eléctricas, dispositivos médicos, sistemas de propulsión	Bicicletas eléctricas, dispositivos médicos, VEs, industrial	Sistemas estáticos de potencia	Dispositivos médicos, industrial, VE (Tesla)	UPS, VE, luces fotovoltaicas
Comentarios	Alta capacidad, potencia limitada. Oferta estable en el mercado.	Alta potencia, menor capacidad; más seguras que Li-cobalto; a menudo mezclada con NMC para mejorar el rendimiento.	Alta capacidad y alta potencia. Oferta en crecimiento. También NCM, CMN, MNC, MCN.	Curva de voltaje de descarga plana, alta potencia, baja capacidad, muy segura; gran autodescarga.	Mayor capacidad que el resto con una potencia moderada. Similar a Li-cobalto.	Larga vida útil, carga rápida, amplio rango de temperaturas y segura. Baja capacidad, precio elevado.

Tabla 11 - Resumen de las baterías de ion-Li más comunes. Fuente: batteryuniversity.com

4.1.3 I+D en baterías

4.1.3.1 Litio aire (Li-air)

El Li-air fue propuesto en la década de 1970, pero a finales de la década del 2000 tomó nuevamente relevancia, en parte debido a los avances en la ciencia de los materiales y al esfuerzo por desarrollar una mejor batería para la propulsión eléctrica.

Esta tecnología utiliza un cátodo de aire catalítico que suministra oxígeno, un electrolito y un ánodo de litio. Dependiendo de los materiales utilizados, el litio-aire produce tensiones de entre 1,7 y 3,2 [V/celda] y lo más prometedor es su enorme densidad de energía teórica, la cual alcanza los 13 [kWh/kg], valor que igualaría a las naftas y que, debido a la diferencia abismal entre los rendimientos, con una fracción de esta densidad de energía, el VE ganaría definitivamente la batalla frente a los vehículos de combustión interna.

Debido a que estas baterías “respiran” aire, la pureza del mismo es muy importante y nos encontramos con un problema. Los filtros, compresores y bombas necesarias para purificar el aire disminuirían significativamente su rendimiento.

Otra desventaja es el efecto llamado “muerte súbita” la cual se genera por la creación de una película de peróxido de litio que limita el movimiento de los electrones y disminuye significativamente la capacidad de la celda. El ciclo de vida también es extremadamente bajo, llegando a 50 ciclos en las pruebas de laboratorio, lo cual es inaceptable para su aplicación en este momento («Battery Information Table of Contents, Basic to Advanced», s. f.; Budde-Meiwes et al., 2013; Gerssen-Gondelach & Faaij, 2012; *Global EV Outlook 2018*, 2018a).

4.1.3.2 Litio metal (Li-metal)

Desde hace mucho tiempo se considera que la batería de litio metal es el futuro de las baterías recargables debido a su alta energía específica y a su buena capacidad de carga. Sin embargo, la deposición incontrolada de litio causa crecimiento dendrítico que induce riesgos de seguridad al penetrar en el separador y producir un cortocircuito.

A 300 Wh/kg, el litio metal tiene una de las energías específicas más altas de las baterías recargables de litio.

Para producir depósitos libres de dendrita, se están realizando pruebas añadiendo nanodiamantes como aditivo electrolítico, generando un depósito uniforme del litio y mejorando el rendimiento cíclico. Además, esta tecnología podría requerir precauciones adicionales como la utilización de electrolitos no inflamables y separadores más robustos («Battery Information Table of Contents, Basic to Advanced», s. f.; Budde-Meiwes et al., 2013; Gerssen-Gondelach & Faaij, 2012; *Global EV Outlook 2018*, 2018a).

4.1.3.3 Litio de estado sólido

La tecnología de estado sólido sustituye el grafito del ánodo por litio puro y sustituye el electrolito líquido empapado en un separador poroso por un polímero sólido o un separador de cerámica.

Los retos que enfrenta esta batería son lograr una conductividad eléctrica suficiente a bajas temperaturas y la necesidad de mejorar la cantidad de ciclos.

Las baterías de estado sólido prometen almacenar el doble de energía en comparación con el Li-ion normal, pero la potencia que puede entregar es baja, lo que las hace menos adecuadas para cadenas cinemáticas eléctricas y aplicaciones que requieren altas corrientes de corta duración («Battery Information Table of Contents, Basic to Advanced», s. f.; Budde-Meiwes et al., 2013; Gerssen-Gondelach & Faaij, 2012; *Global EV Outlook 2018*, 2018a).

4.1.3.4 Supercapacitor

El supercapacitor, también conocido como ultracapacitor o condensador de doble capa, difiere de un condensador regular por su elevada capacitancia, la cual se expresa en Farad [F], que es miles de veces mayor que el condensador electrolítico.

La energía es almacenada por medio de una carga estática en lugar de una reacción electroquímica como lo hacen las baterías, por lo que son capaces de absorber y entregar energía de forma casi instantánea.

La tensión del supercondensador está limitada a 2.5-2.7 V, siendo posibles voltajes de 2.8 V y superiores, pero con una vida útil reducida. Para obtener mayores voltajes, se conectan varios supercondensadores en serie. La cual reduce la capacitancia total y aumenta la resistencia interna, haciendo necesario el balanceo de voltaje para evitar la sobrecarga de alguna de las celdas. Las baterías de iones de litio comparten un circuito de protección similar.

La energía específica del supercondensador oscila entre 1 Wh/kg y 30 Wh/kg, de 10 a 50 veces menor que la del ión-Li. Otra desventaja se ve reflejada en la curva de descarga, ya que mientras que la batería electroquímica suministra una tensión constante en la banda de potencia utilizable, la tensión del supercondensador disminuye linealmente, reduciendo el espectro de potencia utilizable.

El tiempo de carga de un supercondensador se encuentra entre 1 y 10 segundos. La característica de carga es similar a la de una batería electroquímica y la corriente de carga está limitada por la capacidad de corriente del cargador. Se deben tomar medidas para limitar la corriente de entrada cuando se carga un supercondensador vacío, ya que absorberá toda la energía que sea capaz, lo que lo hace muy útiles a la hora de absorber la energía proveniente de frenos regenerativos. El supercapacitor no está sujeto a sobrecarga y no requiere detección de carga completa, ya que la corriente deja de fluir cuando éste se llena.





Especificaciones	HC Series	BC Series	K2 Series	Módulos
				
Capacitancia (F)	1 - 150	310 - 350	650 - 3,400	5.8 - 500
Voltage (V DC)	2.3 - 2.7	2.7	2.7 - 2.85	16 - 160
ESR _{DC} (mohm)	14 - 700	2.2 - 3.2	0.28 - 0.8	2.1 - 240
Corriente de fuga (mA)	0.006 - 0.500	0.3 - 0.45	1.5 - 18	3.0 - 170
E _{max} (Wh/kg)	0.7 - 4.7	5.2 - 5.9	4.1 - 7.4	2.3 - 4.0
P _{max} (W/kg)	2,400 - 7,000	9,500 - 14,000	12,000 - 14,000	3,600 - 6,800

Ilustración 31 - Tipos y características de supercapacitores. Fuente: Maxwell Technologies

El supercapacitor puede cargarse y descargarse un número virtualmente ilimitado de veces, debido al insignificante desgaste que genera cada ciclo de carga/descarga. Bajo condiciones normales, un supercapacitor reduce su capacidad original del 100 al 80 por ciento en 10 años. La temperatura no influye en el buen desempeño del supercondensador, siendo ésta una ventaja que las baterías no pueden igualar.

La autodescarga de un supercondensador es sustancialmente mayor que la de un condensador electrostático y algo mayor que la de una batería electroquímica.

El supercondensador no es un reemplazo de la batería para almacenar energía a largo plazo, éstos son ideales cuando se necesita una carga rápida para satisfacer una necesidad de energía a corto plazo. La combinación de ambos en una batería híbrida satisface ambas necesidades y reduce el estrés de la batería, lo que se refleja en una vida útil más larga («Battery Information Table of Contents, Basic to Advanced», s. f.; «Maxwell Technologies », s. f.)

4.2 Tecnologías aplicadas en VE en Argentina

Como muestra la Tabla 12, las dos principales tecnologías de baterías que se utilizan actualmente en los vehículos eléctricos son el Níquel-metalhidruro (NiMH) y el ión-Litio (Li-ion). Casi todos los vehículos híbridos disponibles en el mercado hoy en día utilizan baterías de NiMH ya que se cuenta con mucha experiencia en su utilización.

	Compañía	País	Modelo	Tecnología de batería	Capacidad
1	Tesla	E.E.U.U.	Model S	Li-ion	85-100 kWh
2	Volt	Argentina	E1	Li-ion LiFePO4	11 kWh
3	Renault	Francia	Kangoo Z.E.	Li-ion	33 kWh
4	Toyota	Japón	Prius	NiMH	27 kWh
5	Nissan	Japón	Leaf EV	Li-ion	40 kWh
6	BAIC	China	EX260	Li-ion	38 kWh

Tabla 12 - Tecnologías de baterías aplicadas en VE y capacidades.

La Tabla 12 muestra distintos tipos de VE, su tecnología de baterías y su capacidad. Todos los numerados son autos disponibles o anunciados en el mercado argentino para el año 2019, con excepción del Tesla Model S, el cual se agregó por ser uno de los automóviles eléctricos más renombrados y con mayor capacidad en el mercado global («BAIC Argentina », s. f.; «Model S | Tesla», s. f.; «Nissan Argentina», s. f.; «Renault Argentina», s. f.; «VOLT motors», s. f.).

5 MÓDULO DE RECARGA

Las necesidades de rapidez de carga dependen del contexto donde se encuentre el VE, ya que no se requiere la misma potencia en un cargador para el garaje de una casa donde el VE va a estar estacionado mucho tiempo, a una estación de servicio donde es indispensable una recarga lo más rápida posible para continuar viaje.

En la Tabla 13 se muestran las características de los diferentes escenarios de recarga del vehículo eléctrico:

	TIEMPO DE PERMANENCIA	VELOCIDAD DE CARGA	PROPIEDAD DE CONEXIÓN
Domicilio	12 h	Lenta	Privado
Estacionamiento de trabajo	8 h	Lenta	Público/Privado
Estacionamiento	2 h	Lenta	Público
Centro comercial	3 h	Lenta	Público
Estaciones de servicio	30 min	Rápida	Público

Tabla 13 - Rapidez de carga según emplazamiento del cargador. FUENTE: en base a guía Fenercom

Los módulos propuestos en este punto se basan en los diagramados en la norma española ITC-BT52, la reglamentación AEA 90364-7-722 y la guía del vehículo eléctrico II de Fenercom. (Asociación Electrotécnica Argentina, s. f.; *BOE-A-2014-13681*, s. f.; Redjinn, s. f.)

5.1 Módulo domiciliario

Los modos de carga que se utilizan en el ámbito domiciliario son el 0, 2 y 3 debido a que puede realizarse durante toda la noche y no demanda gran potencia. A continuación se presentan ejemplos ilustrativos de diagramas unifilares para conexiones domiciliarias.

5.1.1 Diagrama unifilar Modo 0

Diagrama unifilar para carga domiciliaria en modo 0 utilizando una boca tomacorriente IRAM 2071.

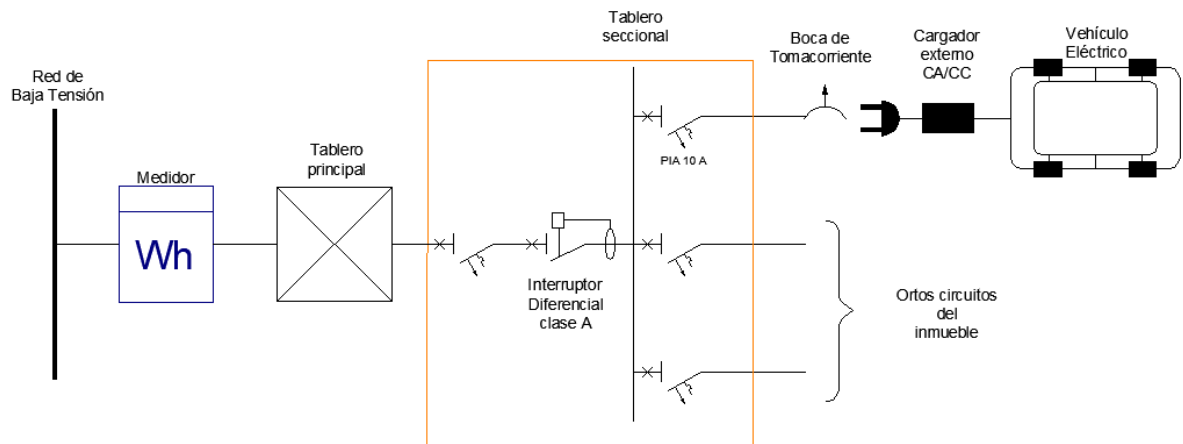


Ilustración 32 - Diagrama unifilar domiciliario para modo 0

5.1.2 Diagramas unifilares Modo 2 y Modo 3

Diagrama unifilar para carga domiciliar empleando una estación de carga para los modos de carga 2 y 3:

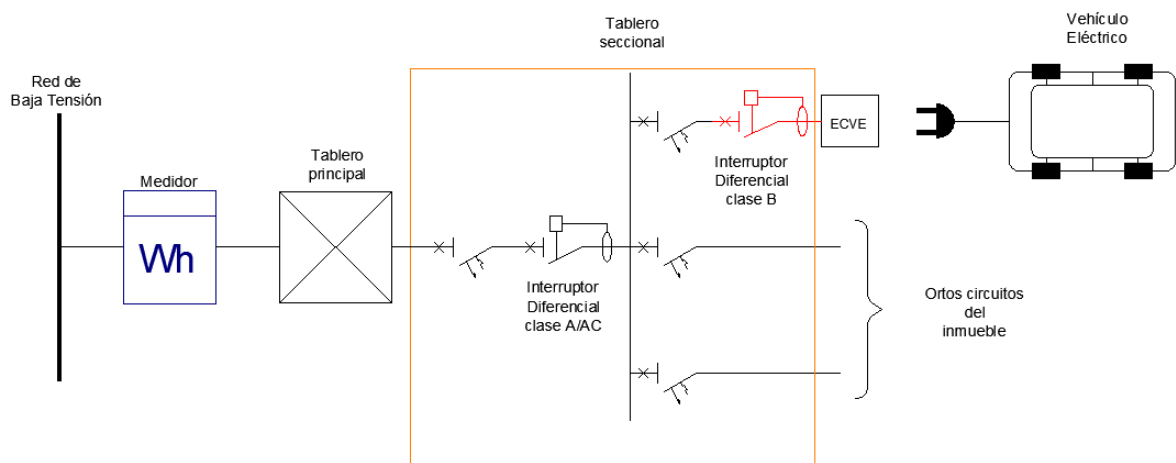


Ilustración 33 - Diagrama unifilar domiciliario para Modos 2 y 3

A continuación se muestran ejemplos de estaciones de carga de vehículos eléctricos de la marca CIRCUTOR, que pueden ser programados para entrar en servicio a la hora deseada y en el caso del segundo, puede utilizarse una aplicación desde el teléfono móvil que permite controlar distintos parámetros de la carga (CIRCUTOR, s. f.):

Ámbito doméstico

eHome



La gama eHome ha sido diseñada para instalarse en entornos domésticos. Optimizada para ofrecer una gran relación calidad/coste y poder ser utilizada de manera sencilla e intuitiva.

- › Salidas con cable Tipo 1 o cable Tipo 2
- › Potencia de carga: 7,4 kW
- › Indicación de fin de carga
- › Potencia máxima ajustable
- › Compatible con gestor de potencia CirBEON
- › Incluye soporte para el cable
- › Dimensiones: 315 x 180 x 115 mm

eNext



La gama eNext es la nueva generación de dispositivos para entornos domésticos. Incorpora comunicación inalámbrica para el control de la carga mediante una aplicación móvil.

- › Salidas con cable Tipo 1, cable Tipo 2 o base Tipo 2
- › Potencia de carga: 7,4 / 22 kW
- › Indicación de fin de carga
- › Potencia máxima ajustable
- › Compatible con gestor de potencia CirBEON
- › Autenticación vía Inalámbrica
- › App para el control de la carga
- › Dimensiones: 200 x 335 x 315 mm

Ilustración 34 - ECVE domiciliario. FUENTE: www.circuitor.es

5.2 Módulo comercial

Para el caso de instalaciones para la recarga de vehículos eléctricos que necesiten múltiples salidas (estacionamientos, centros comerciales, hoteles) el diagrama de la instalación propuesto a utilizar es el esquematizado en la Ilustración 35:

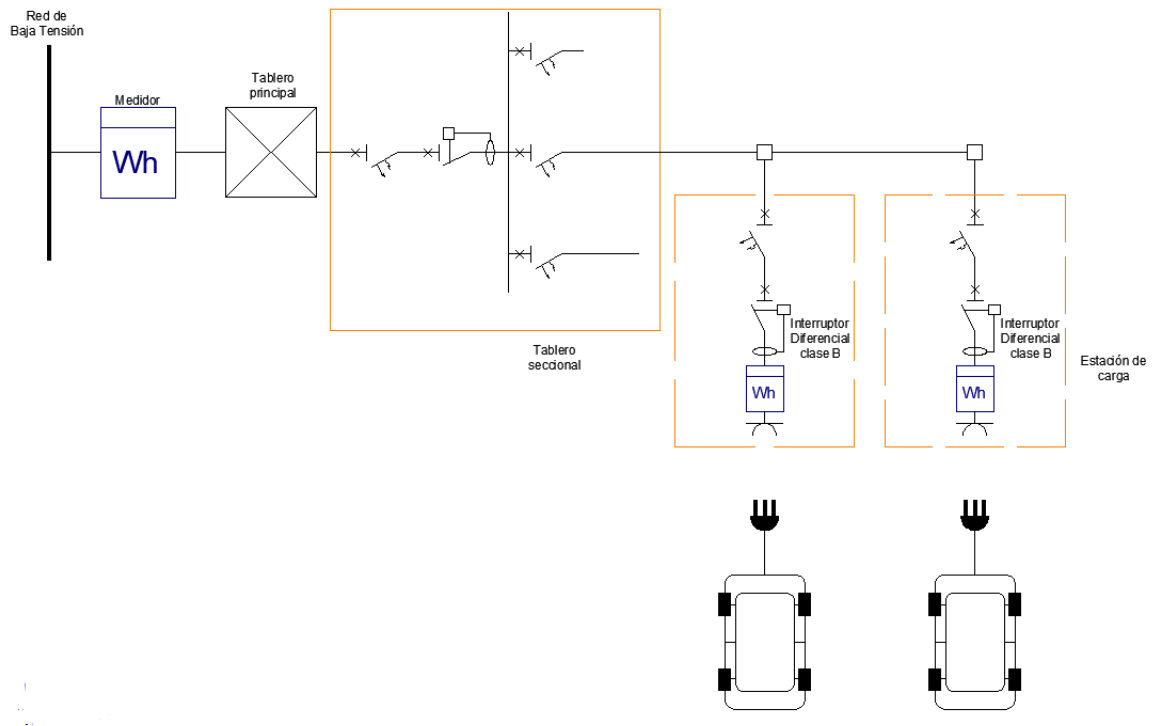



Ilustración 35 - Diagrama unifilar comercial para Modos 2 y 3.

Este tipo de módulos de carga pueden ubicarse tanto en interiores (por ej: playas subterráneas en shoppings) como en intemperie (por ej: estacionamientos de hipermercados) y todos poseen un sistema de cobro para independizar al prestador del servicio del lugar de emplazamiento como también varios tipos de acopladores para ajustarse a los diferentes estándares.

Siguiendo con los ejemplos de la marca CIRCUTOR (CIRCUTOR, s. f.):

Para exteriores:

Urban



Los postes Urban están destinados para la recarga intemperie en los que se busca un equipo robusto a la vez que atractivo.

- › Doble salida con cable Tipo 1, cable Tipo 2, base Tipo 2 y/o Schuko
- › Potencia de carga: 7,4 / 22 kW por toma (total 14,7 / 44 kW)
- › Balanceo de potencia entre tomas
- › Medida de energía integrada MID
- › Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A
- › Protección magnetotérmica y diferencial independiente por toma.
- › Protocolo comunicaciones OCPP 1.5 / 1.6
- › Posibilidad de añadir comunicaciones 3G
- › Dimensiones 1550 x 450 x 290 mm

M1 M2 M3

Ilustración 36 - ECVE comercial exterior. FUENTE: www.circutor.es

Para interiores:

WallBox Smart



La gama WallBox ha sido diseñada para entornos multi-usuario. Esta gama es la más versátil en cuanto a configuraciones se refiere.

- › Salidas con cable Tipo 1, cable Tipo 2, base Tipo 2 y/o Schuko
- › Potencia de carga: 3,6 / 7,4 / 22 kW por toma (en función del modelo)
- › Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A
- › Protocolo comunicaciones OCPP 1.5 / 1.6
- › Posibilidad de añadir comunicaciones 3G
- › Dimensiones: 320 x 225 x 130 mm (350 x 442 x 130 mm)



ePark



La gama ePark es la nueva generación de dispositivos para entornos multi-usuario.

- › Doble salida con base Tipo 2
- › Potencia de carga: 7,4 kW por toma (total 14,7 kW)
- › Balanceo de potencia entre tomas
- › Medida de energía integrada MID
- › Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A
- › Protección magnetotérmica y diferencial independiente por toma.
- › Protocolo comunicaciones OCPP 1.5 / 1.6
- › Posibilidad de añadir comunicaciones 3G
- › Dimensiones: 200 x 335 x 315 mm



Urban WB



La Urban WB ha sido diseñada para entornos multi-usuario. Esta gama es la más robusta ya que su envolvente es metálica.

- › Doble salida con cable Tipo 1, cable Tipo 2 o base Tipo 2
- › Potencia de carga: 7,4 / 22 kW por toma (total 14,7 / 44 kW)
- › Balanceo de potencia entre tomas
- › Medida de energía integrada MID
- › Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A
- › Protección magnetotérmica y diferencial independiente por toma.
- › Protocolo comunicaciones OCPP 1.5 / 1.6
- › Posibilidad de añadir comunicaciones 3G
- › Dimensiones 850 x 450 x 290 mm



5.3 Módulo de carga rápida

En los lugares donde se requiere rapidez de carga (por ej: estaciones de servicio) el diagrama unifilar propuesto será esquematizado en la Ilustración 38:

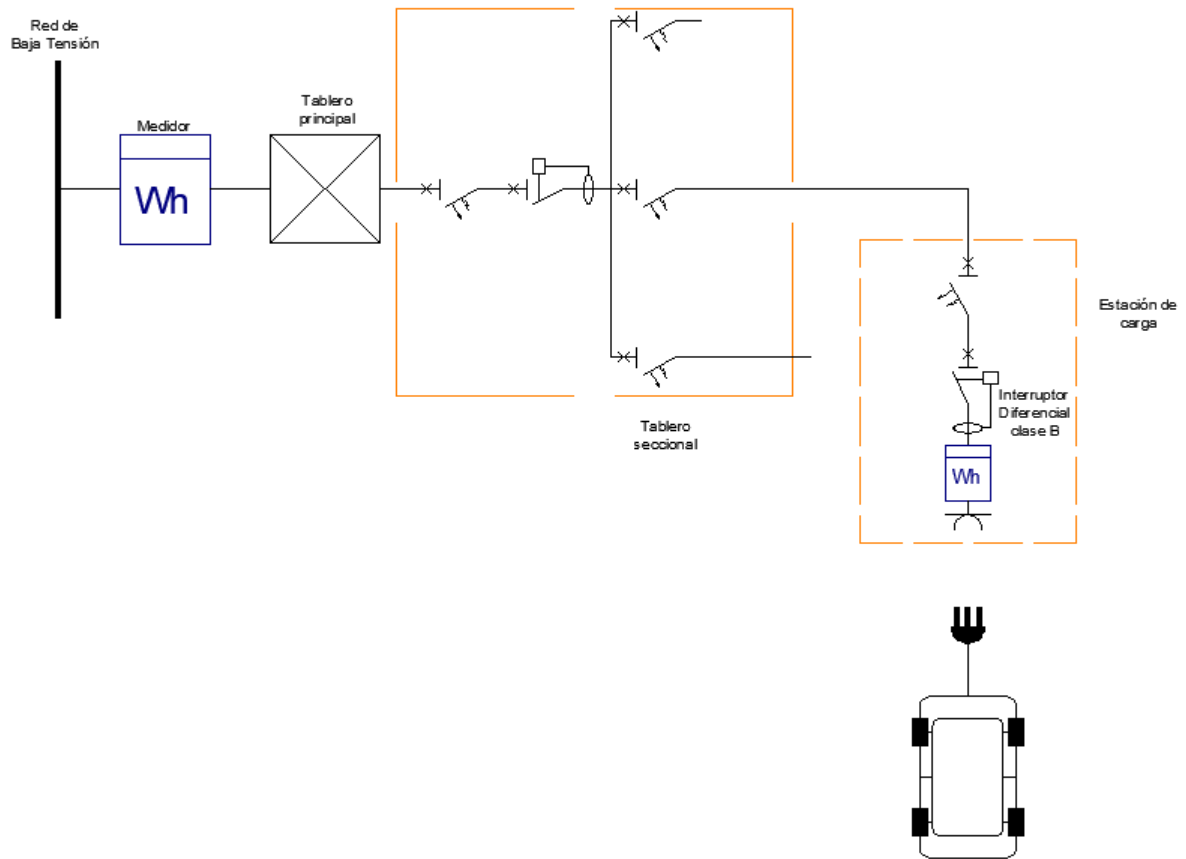


Ilustración 38 - Diagrama unifilar comercial para Modos 3 y 4.

Para estas aplicaciones la estación de carga debe ser apta para entregar una gran potencia, poseer medios de cobro de la energía y acopladores varios para dar solución a los distintos estándares. Uno de los modelos ofrecidos por CIRCUTOR es mostrado en la Ilustración 39 (CIRCUTOR, s. f.):



Descripción

Equipo de recarga rápida para vehículos eléctricos en CC con protocolos CHAdeMO, COMBO CCS y en CA con Modo 3. Los equipos de recarga rápida **RAPTION 50** permiten la recarga de oportunidad en aquellos casos que se requiere rapidez de carga. En función de la capacidad de las baterías puede cargar parcial o totalmente en un período de tiempo reducido.

La estación **RAPTION 50** funciona con potencias de hasta 50 kW. El equipo dispone de una pantalla interactiva, además de comunicaciones (Ethernet, 3G) que facilitan la interacción al usuario y la gestión remota al centro de control.

Aplicaciones

Los equipos **RAPTION** son ideales para la recarga en vía pública, centros comerciales, empresas de alquiler, flotas de vehículos, aparcamientos de empresa, etc.

Características técnicas

Entrada CA	Alimentación CA	3F + N + PE
	Tensión CA	400 Vca ± 10% / 480 Vca (bajo demanda)
	Factor de potencia	> 0.98
	Eficiencia	94% de potencia nominal de salida
	Frecuencia	50 / 60 Hz
Protecciones eléctricas	Protección de sobrecorriente	Interruptor magnetotérmico
	Protección diferencial	Interruptor diferencial 30 mA Tipo A
Conectividad	Ethernet	10/100 Base TX (TCP/IP)
	Comunicaciones inalámbricas	3G / GPRS / GSM
General	Conformidad	CE / Combo2 (Combo1 bajo de manda) / CHAdeMO rev. 0.9 certificado
	Grado protección	IP 54 / IK 10
	Material envolvente	Acero inoxidable
	Temperatura de trabajo	-10 ... +55 °C
	Temperatura almacenamiento	-20 ... +60 °C
	Humedad Relativa	5 ... 95 % sin condensación
	Sistema RFID	ISO / IEC 14443A / B MIFARE Classic, MIFARE DESFire, MIFARE DESFire EV1 ISO 18092 / ECMA-340 (NFC) 13.56 MHz
	Display HMI	8" TFT pantalla táctil anti-vandálica
	Longitud cable CC CCS	3 m
	Longitud cable CC CHAdeMO	3 m
	Indicación de estado de carga	Balizas LED RGB
	Protocolo integración	OCPP / XML
	Dimensiones	355 x 940 x 1800 mm
	Peso	230 kg
	Sistema refrigeración	Ventiladores
Nivel de ruido en funcionamiento	< 55 dBA	
Accesorios opcionales	Protector contra sobretensiones	Sobretensiones transitorias de 4 polos (IEC 61643-11 Class II)
	Protección diferencial	Interruptor diferencial tipo B
	Calentador climatizador	-30 ... +55 °C
Normas	IEC 61851 / IEC 62196 / CE / CCS / CHAdeMO	

Ilustración 39 - ECVE comercial carga rápida. FUENTE: www.circutor.es

6 POLÍTICAS E INCENTIVOS

El objetivo de este capítulo es analizar las políticas implementadas a nivel mundial para fomentar la adopción del vehículo eléctrico y plantear acciones que se deben tomar en nuestro país y principalmente en la ciudad de Córdoba, para la inserción del vehículo eléctrico, cumpliendo con los requisitos de sostenibilidad económica y ambiental.

Las políticas deberán proporcionar seguridad de mercado y señales claras y contundentes a todas las partes interesadas: consumidores, fabricantes de vehículos y componentes de equipos, investigadores y fabricantes de diseño de baterías, proveedores de infraestructuras de equipos de suministro de vehículos eléctricos (ESVE), etc. (*Global EV Outlook 2018*, 2018b)

6.1 Contratación pública

Los programas de contratación pública de vehículos eléctricos pueden proporcionar un estímulo fundamental para la creación y expansión del mercado, ya que aumenta la visibilidad de este tipo de vehículos, estimula el desarrollo de la infraestructura de recarga y ayuda a tomar decisiones esenciales sobre las normas que deben adoptarse.

En este sentido, en febrero de 2019, la municipalidad de Córdoba incorporó 2 vehículos eléctricos para la asistencia y supervisión de la empresa LAM en la recolección de residuos en el marco del plan integral “Recuperando Valor”. Se trata de dos Renault Kangoo Z.E, vehículos utilitarios con baterías de 33 kWh de capacidad con una autonomía de más 200 kilómetros («Municipalidad de Córdoba VE», s. f.).

6.2 Incentivos financieros

El elevado precio de venta es una de las principales barreras a las que se enfrenta la introducción del vehículo eléctrico, entonces los incentivos financieros son una de las opciones más directas que tienen los gobiernos para promover la introducción de los VE.

Los incentivos financieros tendrán que adaptarse a medida que el VE tome relevancia, y ser autosuficientes; también será necesario abordar los problemas estructurales derivados de la disminución de los ingresos públicos procedentes de la venta de los combustibles fósiles.

Los incentivos financieros de mayor eficacia son: la reducción del precio de venta y la reducción de los costos de uso.

6.2.1 Reducir el precio de venta:

La reducción del precio de venta del vehículo eléctrico se puede lograr a través de la reducción o exención de impuestos como pueden ser el impuesto al valor agregado (IVA), aranceles de importación, entre otras.

Dado que los consumidores prestan más atención al precio de compra que a los costos anuales de mantenimiento la mayoría de los incentivos financieros ofrecidos a nivel mundial se enfocan en el costo de compra.

En este sentido el gobierno nacional mediante el decreto 230/2019, que modificó el decreto N°331/2017, estableció una reducción de las alícuotas que tributan en concepto de Derecho de Importación Extrazona (todo aquel vehículo que no se fabrique en el Mercosur, Colombia o México), por un plazo de 36 meses y para un cupo de 6000 vehículos, a los efectos de estimular la creación de un mercado que permita difundir el uso de las nuevas tecnologías. («Boletín Oficial República Argentina Nomenclatura Común del Mercosur- Decreto 230/2019», s. f.)

La alícuota baja del 35% al 5% para los vehículos híbridos totalmente armados con capacidad de carga de hasta 1,5 toneladas y del 35% al 2% para los vehículos eléctricos totalmente armados.

En el caso que los vehículos entren al país semi desarmados o totalmente desarmados el descuento del arancel es total.

6.2.2 Reducir el costo de propiedad o de uso:

La reducción de impuestos a la propiedad, tarifas de estacionamiento, seguro, subsidio a la electricidad para carga de VE, entre otras, ayudan al consumidor a reducir los costos a lo largo del tiempo.

La municipalidad de Córdoba, a finales del año 2018, anunció el envío de dos proyectos de ordenanza al Concejo Deliberante para fomentar la producción y el uso de vehículos eléctricos en la ciudad:

El primero busca apoyar a los emprendedores sustentables, eximiéndolos del pago de la contribución comercio e industria en un 40% de la producción total, durante 3 años.

El segundo proyecto apunta al consumidor final de este tipo de vehículos, al eximir el pago de la contribución automotor durante 2 años, con posibilidad de prórroga. («Mestre busca fomentar la producción y el uso de vehículos eléctricos en la ciudad Municipalidad de Córdoba», s. f.)

6.3 Incentivos no financieros

Más allá de los beneficios económicos, las ciudades, regiones y países proponen medidas que permiten a los vehículos de menor impacto ambiental tener ventajas respecto a los con mayor impacto VCI. Siendo algunas de las políticas más utilizadas:

- Permiso para utilizar los carriles exclusivos de autobuses o la creación de carriles exclusivos para VE.
- Estacionamientos exclusivos.
- Establecimiento de zonas de baja o nula emisión.

6.4 Infraestructura de recarga

El apoyo político al despliegue de los ESVE es una señal clara y contundente hacia la población, demostrando el interés del gobierno hacia la movilidad eléctrica. Este tipo de apoyo se complementa eficazmente con las medidas que promueven la adquisición de vehículos eléctricos. Para que éstas políticas sean efectivas, el apoyo debe centrarse en dos ámbitos: el privado y el público.

6.4.1 Cargadores privados:

La carga privada (hogar o trabajo) es la forma más común de recarga de vehículos eléctricos de particulares en Europa, destacándose Noruega con una adopción de cargadores en el hogar/trabajo del 90%. (*Global EV Outlook 2018*, 2018b)

La instalación de cargadores privados debe ser apoyada debido al menor impacto que generan sobre la red eléctrica, ya que promueven la carga durante los períodos de menor

demanda de energía y trabajan con potencias menores a las utilizadas por los cargadores rápidos públicos.

Para incentivar la utilización de cargadores domiciliarios el gobierno puede tomar medidas financieras y/o regulatorias:

Medidas regulatorias

- Implementar una tarifa residencial diferencial (valle, pico y resto) para incentivar a los dueños de los vehículos eléctricos a realizar la carga fuera de los horarios con pico de demanda, permitiendo un ahorro en el costo de la energía y un aplanamiento de la curva de demanda de la red de distribución.
- Establecer una tarifa especial de movilidad eléctrica a través de acometidas exclusivas para ESVE o utilizando las funciones de comunicación entre el ESVE y la distribuidora de energía.
- Incorporar en las ordenanzas la previsión de alimentadores troncales con sus respectivas derivaciones para la instalación de ESVE en estacionamientos de edificios nuevos o renovados.

En este sentido, el día viernes 21 de junio de 2019, mediante la publicación en el Boletín Oficial de la Provincia de la Resolución N° 2209, se fijó fecha de Audiencia Pública a solicitud de la Empresa Provincial de Energía de Córdoba, para tratar:

“b. Modificación de la Estructura Tarifaria actual de la EPEC, a los fines de incorporar las tarifas correspondientes a la carga de vehículos eléctricos en las categorías tarifarias vigentes, aplicables a partir del 01 de julio de 2019.” («Junio | 2019 | Boletín Oficial de la Provincia de Córdoba», s. f.)

Siendo éste el primer paso en el desarrollo de la normativa para un futuro con movilidad eléctrica.

Medidas financieras

- Reducir en cierto porcentaje el impuesto inmobiliario si en el inmueble se instala un ESVE para la carga de vehículos eléctricos y se verifica que el propietario del inmueble posee un VE.

- Préstamos con una tasa de interés menor a la de mercado para la instalación de una ESVE en el hogar para carga de VE de su propiedad.

6.4.2 Cargadores de acceso público:

Aunque la frecuencia de uso de la infraestructura de carga pública es mucha más baja que la de carga privada, los cargadores públicos serán un componente importante de la infraestructura de recarga de los vehículos eléctricos en el territorio argentino debido a la extensión del mismo.

6.4.2.1 Comercialización de la energía eléctrica

Actualmente en nuestro país, las empresas distribuidoras son las únicas habilitadas a vender energía eléctrica directamente al consumidor final. Debido a esto, es necesario generar un marco normativo que permita la venta de energía para la carga de vehículos eléctricos a empresas distintas a las distribuidoras de energía eléctrica (en Córdoba: EPEC y Cooperativas), como ser: estacionamientos, hoteles, centros comerciales, etc.

En este sentido, Brasil promulgó una ley en la que se crea la figura de vendedor de electricidad para fines automotrices. Este tipo de medidas promueven la inversión privada permitiendo nuevos modelos de negocios. («The Incorporation of Electric Cars in Latin America», s. f.)

6.4.2.2 Garantía de acceso

Las asociaciones público-privadas permiten garantizar que la disponibilidad de cargadores públicos accesibles se sostenga no solo sobre la base de consideraciones de negocio, sino también como un servicio público. Puede haber zonas donde la infraestructura de carga no sea rentable como negocio, pero si crítica para promover la transición hacia la movilidad eléctrica, en esta situación el apoyo público es imprescindible. (*Global EV Outlook 2018*, 2018b)

6.4.2.3 Estandarización e interoperabilidad

La estandarización y la interoperabilidad de hardware y software, tanto en acopladores como protocolos, son esenciales para garantizar que la transición hacia los vehículos eléctricos se realice de la forma más rápida y fluida posible.

A nivel mundial se cuenta con diversos estándares, esto se debe principalmente a que se trata de una tecnología aún en desarrollo sin un acuerdo global. Sin embargo, existen esfuerzos de estandarización y ciertas tendencias tecnológicas que vale la pena difundir para lograr que, en el mercado argentino, la masificación de la movilidad eléctrica sea con un alto grado de compatibilidad entre vehículos y estaciones de carga, para mejorar las experiencias de los usuarios, actuales y futuros.

Los estándares adoptados por los principales mercados para la carga de vehículos eléctricos son (*Global EV Outlook 2018*, 2018b; «Plataforma de Electromovilidad», s. f.; «The Incorporation of Electric Cars in Latin America», s. f.):

- Europa: CCS combo tipo 2
- Estados Unidos: CCS combo tipo 1
- Japón:
 - Recarga en CA: Tipo 1
 - Recarga en CC: CHAdeMO
- China: GB/T
- Chile:
 - Recarga en CA: Tipo 2
 - Recarga en CC: CHAdeMO o CCS combo tipo 2.

Teniendo en cuenta que en nuestra región Chile es el país con mayor desarrollo en el ámbito de movilidad eléctrica y considerando nuestra fuerte relación en términos históricos con la Unión Europea, la adopción del estándar CCS combo tipo 2 tiene sentido ya que permite la carga tanto en CA como en CC.

6.5 Políticas medioambientales

6.5.1 Generación de energía eléctrica con fuentes renovables

Las medidas del sector energético que incentivan la generación de electricidad con bajas emisiones de carbono complementan el enfoque del uso del transporte eléctrico, en conjunto pueden fomentar la transición hacia una movilidad baja en emisiones ya que pueden proporcionar las señales necesarias para que la industria invierta en el desarrollo de estas tecnologías.

En octubre de 2015 se promulgó en Argentina, la ley 27.191 que promueve la instalación de generación eléctrica a partir de fuentes renovables, entre ellas:

- Eólica
- Solar fotovoltaica
- Solar térmica
- Geotérmica
- Mareomotriz
- Undimotriz
- Hidráulica (hasta 50 MW)
- Biomasa
- Gases de vertederos
- Biogás
- Biocombustibles

Se estableció como meta que para el año 2025 el 20% de la demanda sea cubierta con dichas fuentes de generación. («Ley 27191 InfoLEG - Ministerio de Economía y Finanzas Públicas Argentina», s. f.)

La provincia de Córdoba se adhirió a la Ley Nacional 27.424 mediante Ley Provincial 10604, y reglamentó mediante el Decreto 132/19 – “Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública”. Permitiendo al consumidor generar energía de bajo o nula emisión de gases de efecto invernadero y utilizarla de acuerdo a sus necesidades. («Decreto 132/19â”Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública"», 2019)

6.5.2 Monitoreo de calidad de aire e inventario de gases de efecto invernadero

Uno de los pasos más importantes a la hora de generar políticas efectivas es la adquisición de datos sobre la situación actual del aire en la ciudad y los posibles riesgos que conllevarían a largo plazo. Por ello, en junio 2017, la Municipalidad de Córdoba y la Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) suscribieron un convenio específico referido al Monitoreo de Calidad de Aire en la ciudad de Córdoba.

En este momento, la medición de contaminantes se lleva a cabo en el microcentro de la Ciudad en la intersección de Avenida General Paz y calle La Rioja dentro del predio de la

Casona Municipal. Los equipos analizadores de contaminantes y equipamiento de apoyo constituyen una estación de monitoreo de aire perteneciente al CIQA (Centro de Investigación y Transferencia en Ingeniería Química Ambiental) – Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, los cuales son operados por dicho Centro y cuyos datos son compartidos con la Municipalidad de Córdoba.

A partir de la medición de concentración en el aire de cinco contaminantes básicos se calcula el Índice de Calidad de Aire (ICA), los contaminantes que se miden son: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono troposférico (O₃) y material particulado (PM₁₀ – partículas suspendidas de menos de 10 µm). Este índice fue elaborado por la Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos (USEPA) con el objetivo de reportar diariamente el estado de contaminación del aire en las ciudades de una manera sencilla y fácil de comprender. («Calidad de Aire», 2018)

La ciudad de Córdoba, en el marco de la adhesión en 2014 al CDP, y en 2015 al Pacto de Alcaldes (Compact of Mayors), se asumió el compromiso de aunar esfuerzos con más de 400 ciudades del mundo a fin de minimizar los efectos urbanos en el Cambio Climático.

Estos esfuerzos se concentran en:

- Normalizar la medición y reporte de las emisiones, a través de la realización de inventarios según la metodología del IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático).
- Analizar e implementar acciones climáticas orientadas a mejorar progresivamente la mitigación, adaptación y resiliencia urbanas
- Poner a disposición los datos al público. Córdoba reporta sus datos y acciones a través de la Plataforma CDP.

El Pacto de Alcaldes se basa en establecer metas progresivas a cumplimentar, las cuales se muestran en la Ilustración 40:

METAS PROGRESIVAS A CUMPLIMENTAR



Fase	Escudo	Descripción
Compromiso Año 1		Comprometerse a reducir emisiones de GEI y adaptarse a los impactos del cambio climático
Inventario Año 2		Medir las emisiones de GEI a nivel de la ciudades usando el GPC
		Identificar riesgos climáticos
Meta Año 3		Plantearse una meta/s de reducción
		Evaluar vulnerabilidades climáticas
Plan Año 4		Desarrollar planes de acción para alcanzar las metas
		Desarrollar un plan de adaptación



Ilustración 40 - Metas Compact of Mayors. FUENTE: Primer inventario de GEI de la ciudad de Córdoba.

Donde, según la última información disponible, la ciudad se encuentra en la Fase N° 3, habiendo cumplimentado las Fases 1 y 2. («Pacto de Alcaldes Córdoba», s. f.)

Fases Completadas:



Municipalidad: Córdoba

Intendente: Ramón Javier Mestre

Ilustración 41 - Fases completadas Pacto de Alcaldes. FUENTE: <http://pactodealcaldes-la.eu/firmantes/cordoba/>

6.5.3 Regulación de emisión de CO₂ vehicular

Las normativas de eficiencia energética en el ámbito del transporte se implementan exitosamente en Europa y en varios países de Latinoamérica, informando a los consumidores sobre el rendimiento por litro y las emisiones de CO₂ por kilómetro, permitiéndole al usuario comparar con ésta información los distintos modelos de vehículos de acuerdo a sus aspiraciones tanto en ahorro de combustible como en cuidado del medio ambiente.

En Argentina, el 4 de diciembre de 2018, la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable sancionó la Resolución 85/2018, en la cual se estableció que:

A partir del 6 de junio de 2019

“todos los fabricantes e importadores de vehículos automotores livianos pertenecientes a las categorías M1 y N1 [...], deberán exhibir en sus salones y puntos de venta, al menos el 15% de aquellos modelos que se encuentren certificados en emisiones de CO₂ y consumo de combustible con certificado de emisiones gaseosas y/o Licencia de Configuración Ambiental (LCA), [...] con una etiqueta informativa de eficiencia energética vehicular removible y/o permanente y otra como inserto en la bibliografía de abordó, ambas conforme la norma IRAM-AITA 10274 2da parte. En caso de punto de venta virtual oficial de la marca, la exhibición deberá efectuarse junto a la ficha del producto.” («Resolución 85 / 2018» Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable», s. f.)

La etiqueta brinda la siguiente información: nombre del fabricante, modelo del vehículo, combustible que utiliza, cilindrada del motor, identificación de la transmisión (tipo y cantidad de marchas), identificación de las emisiones de CO₂ y consumo de combustible en ciclo urbano, mixto y extraurbano, expresado en litros cada 100 kilómetros.

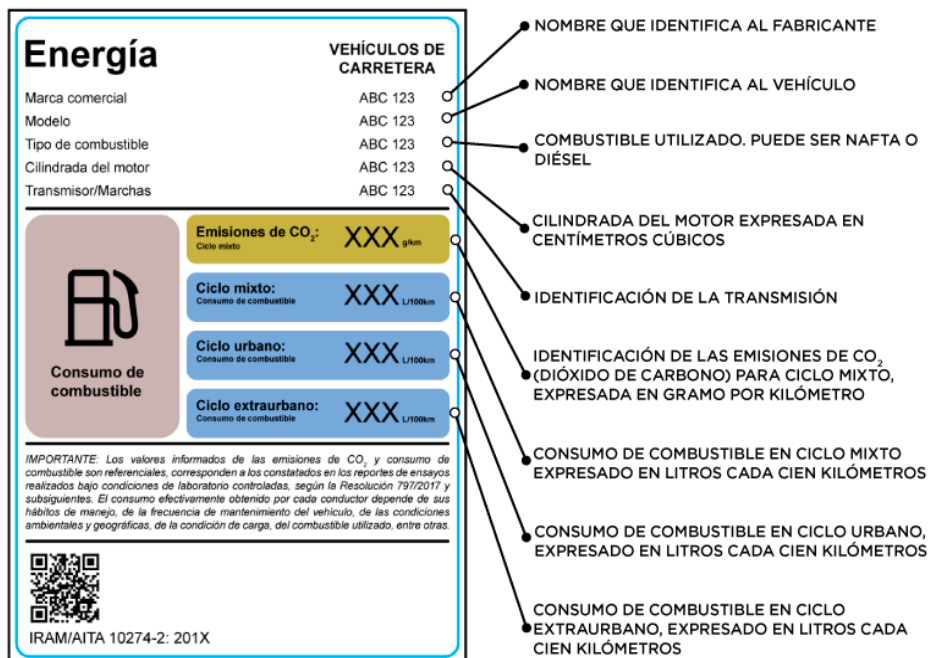


Ilustración 42 - Etiqueta Vehicular IRAM-AITA 10274/2. FUENTE: www.argentina.gob.ar/etiqueta-vehicular

6.5.4 Concientización sobre cambio climático

La información sobre los efectos de los gases de efecto invernadero se encuentra por doquier, por lo que, consolidar la información disponible y presentarla de una manera de fácil entendimiento a la población, promoviendo un cambio de hábitos hacia un futuro con menores emisiones, impactaría enormemente en la inserción de la movilidad eléctrica.

Paralelamente, una campaña de concientización medioambiental desde la temprana edad generaría el cambio de paradigma necesario para lograr un futuro sustentable.

6.6 Políticas en minería e I+D

6.6.1 Litio

Argentina es uno de los 3 países que integran el denominado “Triángulo del Litio”, nombre que engloba también a los países de Chile y Bolivia y hace alusión a las grandes reservas de este metal. Juntos poseen, al año 2017, el 65.6% de las reservas a nivel mundial y el 54.2% de los recursos identificados, teniendo Argentina un 13,8% y un 19,1% de las reservas y recursos identificados a nivel mundial, respectivamente. («Litio: Informe conjunto del Servicio Geológico de EE.UU. y el SEGEMAR - Ministerio de Energía y Minería», s. f.)

Este recurso es de suma importancia en la transición hacia VE, por lo que generar políticas que incentiven la producción y el procesamiento del litio, para transformar el carbonato de litio purificado en las pastas inorgánicas y los polímeros necesarios para construir los ánodos, cátodos y electrolitos que se precisan para la confección de la batería, ampliarían la ventaja competitiva que estos recursos proveen.

Un punto que consideramos primordial, es el reciclado de las baterías. Impulsar la investigación y el desarrollo de la industria del reciclado de las baterías no sólo contribuiría a la protección del medioambiente, sino que también impulsaría una industria en donde el producto final completaría el ciclo del litio y los materiales utilizados en la fabricación de las mismas.

6.6.2 Cobre y Cobalto

El camino hacia la movilidad eléctrica lleva aparejado un cambio en la demanda de materiales para el sector transporte. Los motores eléctricos y las baterías son los elementos que más impacto tienen en la nueva demanda.

El cobre, por su importancia en los bobinados de los motores, como elemento conductor en las estaciones de carga, su utilización en baterías y en la adecuación que requerirá la red eléctrica, verá un crecimiento importante de la demanda que puede, si no crece la oferta, incurrir en un aumento del precio. Siendo Argentina un país con reservas de cobre, su explotación y producción contribuiría ampliamente en el desarrollo del país y en la inserción del VE.

El cobalto utilizado en las baterías de litio, es un material que se obtenía como sub producto de la explotación de cobre y níquel, pero que en este nuevo mercado tendrá una importancia considerable y al día de hoy, un rápido crecimiento de la demanda conllevaría directamente a un aumento del precio del material por estar ligado a la explotación de otros recursos. La República Democrática del Congo produce aproximadamente el 60% de este material y la República Popular China concentra el 90% de la capacidad de refinamiento (*Global EV Outlook 2018*, 2018b).

7 COMPARACIÓN DE COSTOS

El punto más importante a la hora de adquirir un nuevo vehículo es sin lugar a dudas el costo. Los vehículos eléctricos en la actualidad tienen una característica muy superior a los convencionales de combustión interna: el menor impacto que generan sobre el medioambiente. Más allá de eso, los VCI lideran en autonomía, velocidad, conveniencia y precio de adquisición, por lo que la adopción del VE va a realizarse de forma paulatina en los próximos años, cuando las condiciones sean adecuadas y el precio competitivo.

En este apartado se utilizará el modelo Kangoo de la marca Renault en sus tres motorizaciones disponibles a julio 2019: nafta, diésel y eléctrico, para realizar una comparación con la menor cantidad de variables posibles. Todos los precios serán referidos al día 15 de julio de 2019 y obtenidos de las páginas oficiales de los distintos proveedores (Renault Argentina, EPEC, entre otros)

7.1 Modelos, rendimientos y precios

Los modelos que se utilizarán son los siguientes («Renault Argentina», s. f.):

- Nuevo KANGOO Express PROFESIONAL 2A (Nafta):
 - Motor: SCe 1.6 l, 16V, 114 CV, 156 Nm
 - Transmisión: Manual de 5 velocidades
 - Tracción: Delantera

Nuevo KANGOO Express PROFESIONAL 2A

\$701.000

DESDE

* Precio base inicial

Motor tipo

SCe 1.6 16V Manual de 5
velocidades Delantera

<p>1.598 CAPACIDAD DEL MOTOR - INGRESAR UNIDAD</p>  <p>CAPACIDAD DEL MOTOR</p> 	<p>114 CV</p>  <p>POTENCIA</p> 	<p>156 NM</p>  <p>TORQUE</p> 
--	--	--



- Control Electrónico de Estabilidad (ESP) + Control de Tracción + Asist. Arranque en Pendiente (HSA)
- Frenos con ABS y Distribución Electrónica de la Fuerza de Frenado (EBD)
- Asistencia al Frenado de Urgencia (AFU)
- Radio 1 DIN con USB, salida AUX y conectividad Bluetooth para telefonía y audio
- Alerta colocación cinturón de seguridad

Ilustración 43 - Nuevo KANGOO Express Nafta. FUENTE: www.renault.com.ar



Energía		VEHÍCULOS DE CARRETERA	
Marca comercial	RENAULT		
Modelo	Kangoo 1.6 Furgón		
Tipo de combustible	Nafta s/plomo		
Cilindrada del motor	1.598 cm ³		
Transmisión/Marchas	Manual / 5 v M.A.		
 <p>Consumo de combustible</p>	Emisiones de CO ₂ : 174,7 g/Km <small>Ciclo mixto</small>		
	Ciclo mixto: Consumo de combustible	7,4	L/100Km
	Ciclo urbano: Consumo de combustible	9,5	L/100Km
	Ciclo extraurbano: Consumo de combustible	6,2	L/100Km
<small>IMPORTANTE: Los valores informados de las emisiones de CO₂ y consumo de combustible son referenciales, corresponden a los constatados en los reportes de ensayos realizados bajo condiciones de laboratorio controladas, según Resolución 797/2017 y subsiguientes. El consumo efectivamente obtenido por cada conductor depende de sus hábitos de manejo, de la frecuencia de mantenimiento del vehículo, de las condiciones ambientales y geográficas, de la condición de carga, del combustible utilizado, entre otras.</small>			
		Potencia: 84,2 kW	
		Nivel de emisiones: EURO 5a	
IRAM/AITA 10274-2: 2018		REPUBLICA ARGENTINA	

Ilustración 44 - Etiqueta Vehicular - Nuevo KANGOO Express Nafta. FUENTE: www.renault.com.ar

- Nuevo KANGOO Express CONFORT 2A (Gas oil):
 - Motor: DCI 1.6 l, 16V, 89 CV, 220 Nm
 - Transmisión: Manual de 5 velocidades
 - Tracción: Delantera

Nuevo KANGOO Express CONFORT 2A

\$726.300

DESDE

* Precio base inicial

Motor tipo

dCi 1.5 16V Manual de 5 velocidades Delantera

<p>1.461</p> <p>CAPACIDAD DEL MOTOR - INGRESAR UNIDAD</p>  <p>CAPACIDAD DEL MOTOR</p>	<p>89</p> <p>CV</p>  <p>POTENCIA</p> 	<p>220</p> <p>NM</p>  <p>TORQUE</p> 
---	--	---



- Cierre centralizado de puertas con mando a distancia
- Sensor de estacionamiento
- Control Electrónico de Estabilidad (ESP) + Control de Tracción + Asist. Arranque en Pendiente (HSA)
- Levantacristales delanteros con comando eléctrico
- Radio 2 DIN con USB, salida AUX y conectividad Bluetooth para telefonía y audio
- Rack de techo portaobjetos

Ilustración 45 - Nuevo KANGOO Express Diesel. FUENTE: www.renault.com.ar


Energía		VEHÍCULOS DE CARRETERA	
Marca comercial	RENAULT		
Modelo	Kangoo 1.5 Furgón		
Tipo de combustible	Gas Oil		
Cilindrada del motor	1.461 cm ³		
Transmisión/Marchas	Manual / 5 v M.A.		
Consumo de combustible	Emisiones de CO ₂ : Ciclo mixto	118,4	g/Km
	Ciclo mixto: Consumo de combustible	4,5	L/100Km
	Ciclo urbano: Consumo de combustible	5,1	L/100Km
	Ciclo extraurbano: Consumo de combustible	4,1	L/100Km
<small>IMPORTANTE: Los valores informados de las emisiones de CO₂ y consumo de combustible son referenciales, corresponden a los constatados en los reportes de ensayos realizados bajo condiciones de laboratorio controladas, según Resolución 797/2017 y subsiguientes. El consumo efectivamente obtenido por cada conductor depende de sus hábitos de manejo, de la frecuencia de mantenimiento del vehículo, de las condiciones ambientales y geográficas, de la condición de carga, del combustible utilizado, entre otras.</small>			
		Potencia: 66 kW	
IRAM/AITA 10274-2: 2018		Nivel de emisiones: EURO 5a	
		REPUBLICA ARGENTINA	

Ilustración 46 - Etiqueta Vehicular - Nuevo KANGOO Express Diesel. FUENTE: www.renault.com.ar

- KANGOO Z.E. 2A (Eléctrico):
 - Motor: Eléctrico – 5AQ604, 60CV, 225 Nm
 - Transmisión: Automática
 - Tracción: Delantera

KANGOO Z.E.

Kangoo Z.E. 2A

\$1.430.900

DESDE

* Precio base inicial

Motor tipo

Motor Eléctrico - 5AQ604
Automática Delantera

<p>60 CV</p>  <p>POTENCIA</p> 	<p>130 KM/H</p>  <p>VELOCIDAD MÁXIMA</p> 	<p>225 NM</p>  <p>TORQUE</p> 
---	--	--



- Cero vibraciones
- Cero contaminación sonora
- Conducción confortable
- 100% vehículo eléctrico

Ilustración 47 - KANGOO Z.E. FUENTE: www.renault.com.ar

Este modelo al ser eléctrico no emite CO₂ durante la conducción, sino que su emisión depende del factor de emisión de red de acuerdo a la matriz energética del lugar. Esto se tratará más adelante en el punto referido a impacto ambiental.

7.2 Costos de utilización

7.2.1 Determinación de tarifa eléctrica y precios de combustibles

Para determinar la tarifa de energía se consideraron los siguientes parámetros:

1. Cantidad de kilómetros recorridos: 1 800 [km/mes]
2. Consumo monofásico residencial promedio (verano)(Celiz et al., 2018): 384,16 [kWh/mes]

Con esta cantidad de kilómetros recorridos y el rendimiento del vehículo eléctrico calculamos la energía mensual consumida por el automóvil:

$$\frac{\text{Consumo vehículo}}{\text{mes}} = 1800 \left[\frac{\text{km}}{\text{mes}} \right] * 0,155 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{km}} \right] = 279 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \right]$$

Obtenemos un consumo mensual igual a:

$$\text{Consumo promedio} = 384,16 + 279 = 663,16 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \right]$$

Lo cual corresponde a una tarifa N°1 residencial para suministros cuyos consumos sean mayores a 500 kWh por mes y menores o iguales a 700 kWh por mes, en la totalidad del consumo. La tarifa que utilizaremos es la correspondiente al horario Valle en excedente de 120 kWh. El valor de la misma es de \$ 4,99337 por kWh («ERSeP Ente Regulador de Servicios Públicos de Córdoba», s. f.). (Resolución N°44 Anexo N°2 ERSeP julio 2019)

Los valores de los combustibles líquidos que se utilizarán en los cálculos son los correspondientes con los de la empresa YPF:

1. Nafta Super: 48,44 [\$/l]
2. Diesel 500: 42,59 [\$/l]

La Tabla 14 resume todos los datos de los diferentes modelos, rendimientos y precios que se utilizarán para la comparación:

Datos				
Modelo	Motor	Consumo [l/km] [kWh/km]	Precio de combustible (Nafta Super, Diesel Euro, kWh)	Precio de compra
Kangoo 1,6 Furgón	Nafta	0,074	\$ 48,44	\$ 701.000,00
Kangoo 1,5 Furgón	Diesel	0,045	\$ 42,59	\$ 726.300,00
Kangoo Z.E.	Eléctrico	0,155	\$ 4,993	\$ 1.430.900,00

Tabla 14 - Resumen de datos de modelos y combustibles

7.2.2 Costos por Service Oficial

Costo Service Oficial Renault						
km	Nafta		Diesel		Eléctrico	
	Costo por Service [\$]	Acumulado [\$]	Costo por Service [\$]	Acumulado [\$]	Costo por Service [\$]	Acumulado [\$]
10000	8.170	8.170	14.060	14.060	2.910	2.910
20000	8.645	16.815	14.535	28.595	3.860	6.770
30000	8.170	24.985	14.060	42.655	2.910	9.680
40000	13.595	38.580	15.010	57.665	3.860	13.540
50000	8.170	46.750	14.060	71.725	2.910	16.450
60000	23.385	70.135	33.370	105.095	3.860	20.310
70000	8.170	78.305	14.060	119.155	2.910	23.220
80000	22.230	100.535	22.695	141.850	11.035	34.255
90000	8.170	108.705	14.060	155.910	2.910	37.165
100000	8.645	117.350	14.535	170.445	3.860	41.025
110000	8.170	125.520	14.060	184.505	2.910	43.935
120000	27.860	153.380	33.840	218.345	3.860	47.795

Tabla 15 - Resumen de costos por Service oficial

El costo del Service oficial sólo se pudo obtener hasta los 120 000 km, por lo que para realizar una comparación a mayor cantidad de kilómetros utilizamos regresión lineal. El aumento de los costos de mantenimiento cuando el vehículo se aproxima al límite de su vida útil no se consideró debido a la complejidad y a la cantidad de variables que entran en juego (modo de conducción, estado de caminos transitados, etc)(«Renault Argentina», s. f.). (Ver Ilustración 48)

Como se puede observar, el costo por Service del vehículo eléctrico es sumamente inferior a los de combustión interna. Esto se debe a menor cantidad de partes móviles y la propia tecnología que posee el VE.

7.2.3 Cálculo de costos por kilómetros recorridos

Utilizando el precio de compra de cada modelo, los costos por Service acumulados, y calculando mediante el rendimiento el costo del combustible por cada 10 000 km hasta los 120 000 km, obtenemos los costos totales de utilización. (Ver Ilustración 49 e Ilustración 51). Se puede apreciar de forma clara las diferentes pendientes, las cuales representan cuán rápido crecen los costos del vehículo en función de los kilómetros recorridos.

Para obtener estas curvas se llevaron a cabo los siguientes cálculos:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{kilómetro}} = \$_{\text{compra}} + \$_{\text{combustible}} * \text{Consumo} * km_{\text{recorrido}} + \sum_{i=0}^{12} \$\text{Service}_i$$

Obteniendo los siguientes costos:

Costo según km			
km	Nafta	Diesel	Eléctrico
0	\$ 701.000,00	\$ 726.300,00	\$ 1.430.900,00
10000	\$ 745.015,60	\$ 759.525,50	\$ 1.441.549,72
20000	\$ 789.506,20	\$ 793.226,00	\$ 1.453.149,45
30000	\$ 833.521,80	\$ 826.451,50	\$ 1.463.799,17
40000	\$ 882.962,40	\$ 860.627,00	\$ 1.475.398,89
50000	\$ 926.978,00	\$ 893.852,50	\$ 1.486.048,62
60000	\$ 986.208,60	\$ 946.388,00	\$ 1.497.648,34
70000	\$ 1.030.224,20	\$ 979.613,50	\$ 1.508.298,06
80000	\$ 1.088.299,80	\$ 1.021.474,00	\$ 1.527.072,79
90000	\$ 1.132.315,40	\$ 1.054.699,50	\$ 1.537.722,51
100000	\$ 1.176.806,00	\$ 1.088.400,00	\$ 1.549.322,24
110000	\$ 1.220.821,60	\$ 1.121.625,50	\$ 1.559.971,96
120000	\$ 1.284.527,20	\$ 1.174.631,00	\$ 1.571.571,68

Tabla 16 - Costos por km recorridos

Como se observa en la Ilustración 49 y en la Tabla 16 - Costos por km recorridos, para 120 000 km recorridos, el costo del vehículo eléctrico sigue siendo muy superior, costando un 22% más que el modelo naftero y un 33% más que en la versión diésel.

7.2.4 Punto de igualdad de costos

7.2.4.1 Estimación para tarifa valle

Para conocer el punto de intersección, en donde el VE equipara el costo de las dos versiones de combustión interna, generamos una proyección lineal de las curvas y calculando luego las intersecciones, se obtiene la cantidad de kilómetros. (Ver Ilustración 50)

Las ecuaciones de las proyecciones obtenidas son:

$$y_{\text{nafta}} = 4,857 * x + 693057,418$$

$$y_{\text{diesel}} = 3,722 * x + 718764,341$$

$$y_{\text{eléctrico}} = 1,191 * x + 1428709,615$$

Observar que los cortes con el eje de ordenadas no coinciden con el precio de compra de los vehículos, esto se debe a que estas ecuaciones fueron obtenidas por regresión lineal teniendo en cuenta todos los costos de acuerdo a los km recorridos.

Igualando las ecuaciones Nafta-Eléctrico y Diesel-Eléctrico obtenemos:

$$x_{nafta/eléctrico} = \frac{693057,418 - 1428709,615}{1,191 - 4,857} = \mathbf{200668 [km]}$$

$$x_{diesel/eléctrico} = \frac{718764,341 - 1428709,615}{1,191 - 3,722} = \mathbf{280477 [km]}$$

En la situación actual de costos de combustible, tarifa de energía eléctrica y precio de adquisición, el VE sólo será económicamente rentable después de recorrer 200 mil km con respecto al naftero y 280 mil km con respecto al diésel.

7.2.4.2 Estimación para tarifa Resto

Utilizando la tarifa correspondiente al horario Resto (\$ 7,78812 por kWh) para considerar la posibilidad de que el vehículo se cargue fuera del horario valle y comparar los resultados. Utilizando el mismo procedimiento que para el horario Valle, obtenemos: (Ver Ilustración 51 e Ilustración 52)

$$y_{nafta} = 4,857 * x + 693057,418$$

$$y_{diesel} = 3,722 * x + 718764,341$$

$$y_{eléctrico} = 1,625 * x + 1428709,615$$

$$x_{nafta/eléctrico} = \frac{693057,418 - 1428709,615}{1,625 - 4,857} = \mathbf{227615 [km]}$$

$$x_{diesel/eléctrico} = \frac{718764,341 - 1428709,615}{1,625 - 3,722} = \mathbf{338552 [km]}$$

Se observa un incremento de 26 947 km y 58 075 km respecto a los necesarios para lograr el equilibrio utilizando la tarifa Valle. Esta diferencia es equivalente a utilizar el VE por 1,25 y 6,38 años más, conduciendo una distancia promedio anual de 21600 km.

7.3 Conclusiones

Este análisis pone en evidencia que el precio de compra es el ítem con mayor incidencia en el costo del VE, y un descuento en el mismo puede impactar significativamente en su adopción.

Para vehículos que recorran grandes distancias por año, el VE tiene una ventaja importante debido a su bajo mantenimiento y costo de recarga. En este sentido, la flota de taxis de la ciudad de Córdoba es uno de los nichos donde el VE podría generar un impacto muy positivo, tanto en el medioambiente, en la calidad del servicio, la reducción de los tiempos muertos por service y ventajas económicas para los prestadores del servicio.

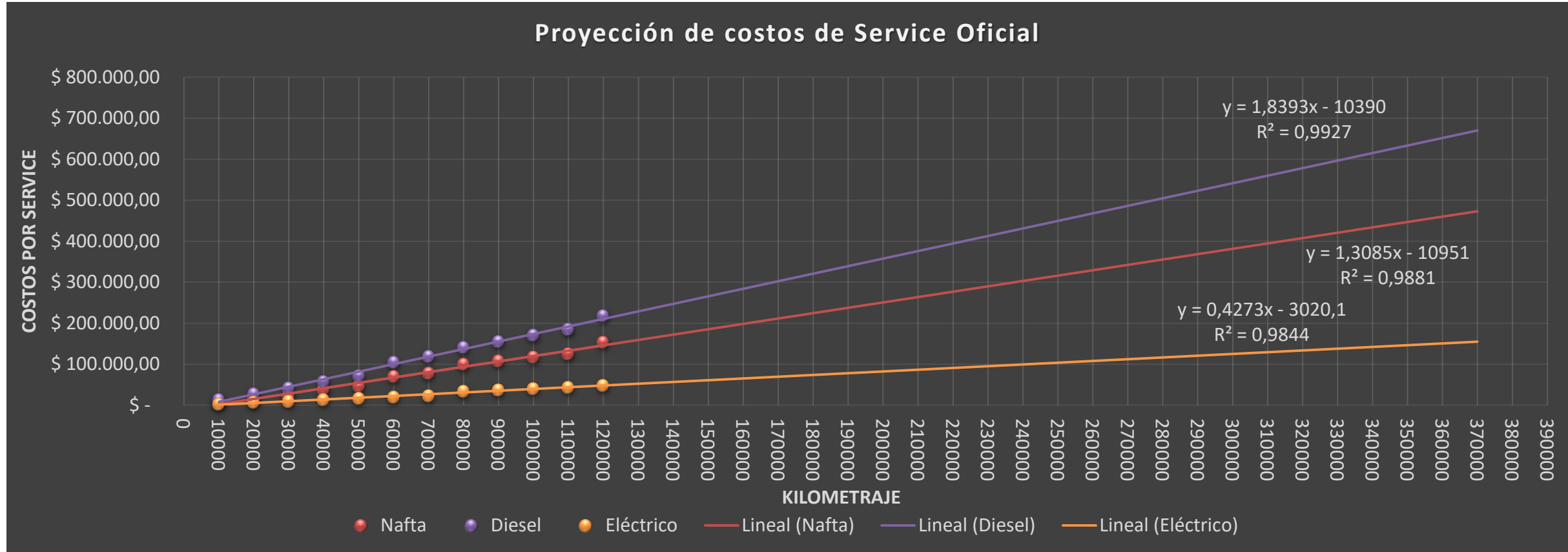


Ilustración 48- Proyección de costos de Service Oficial

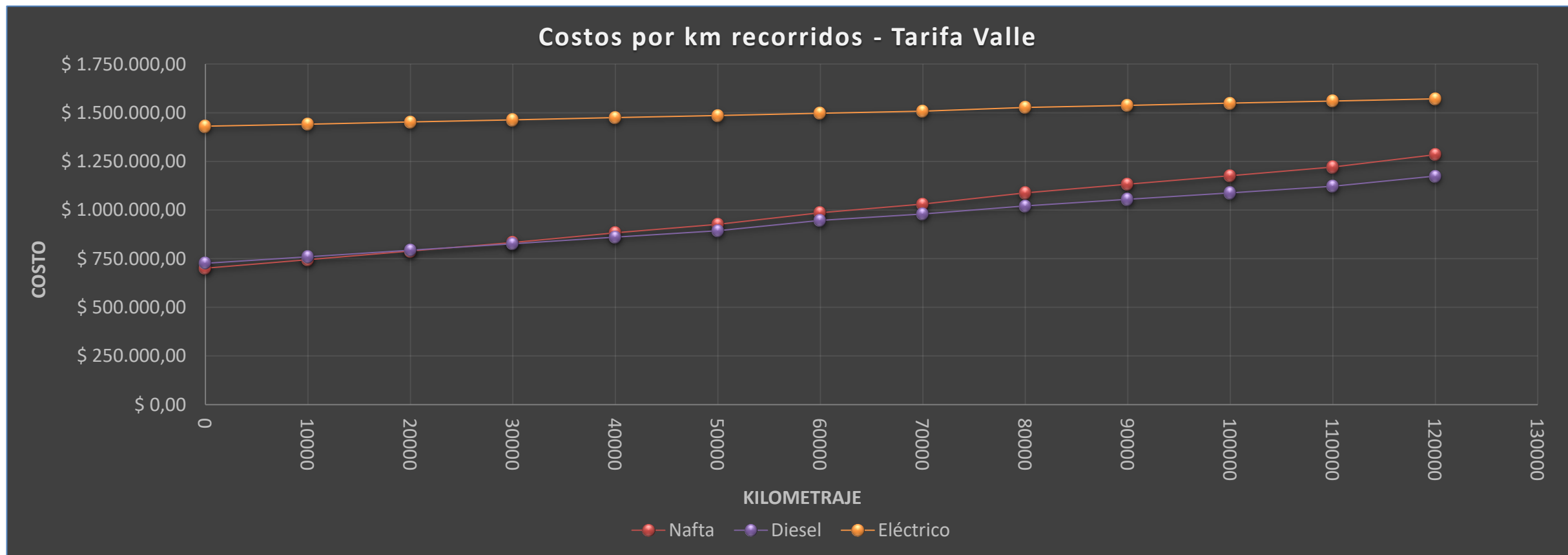


Ilustración 49 - Costos por kilómetros recorridos – Tarifa Valle

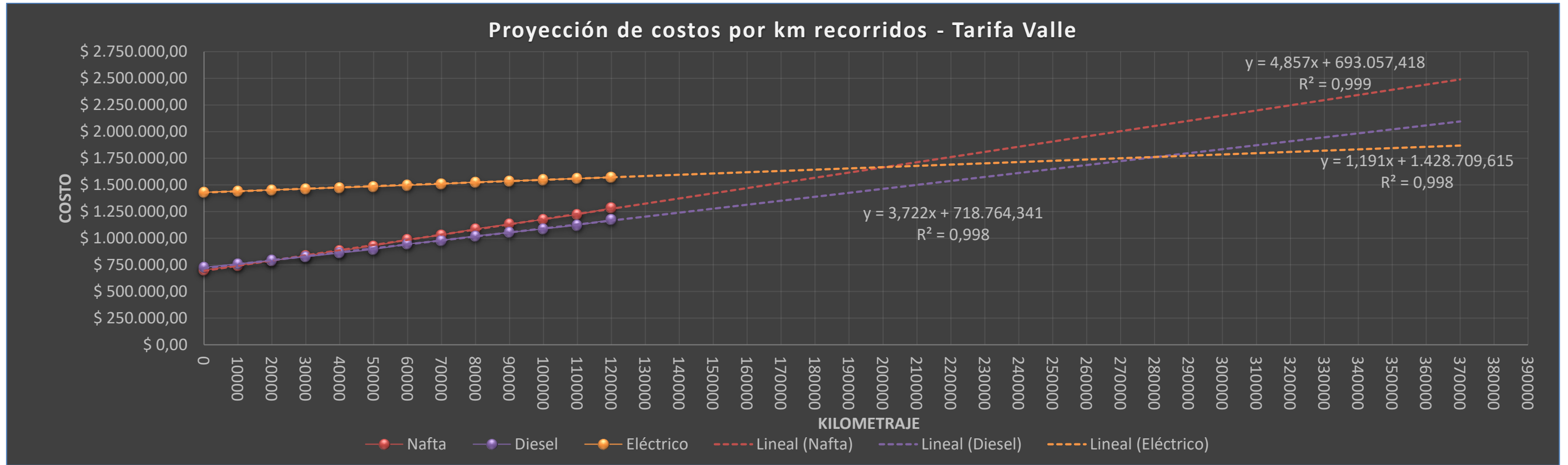


Ilustración 50 - Proyección de costos totales – Tarifa Valle

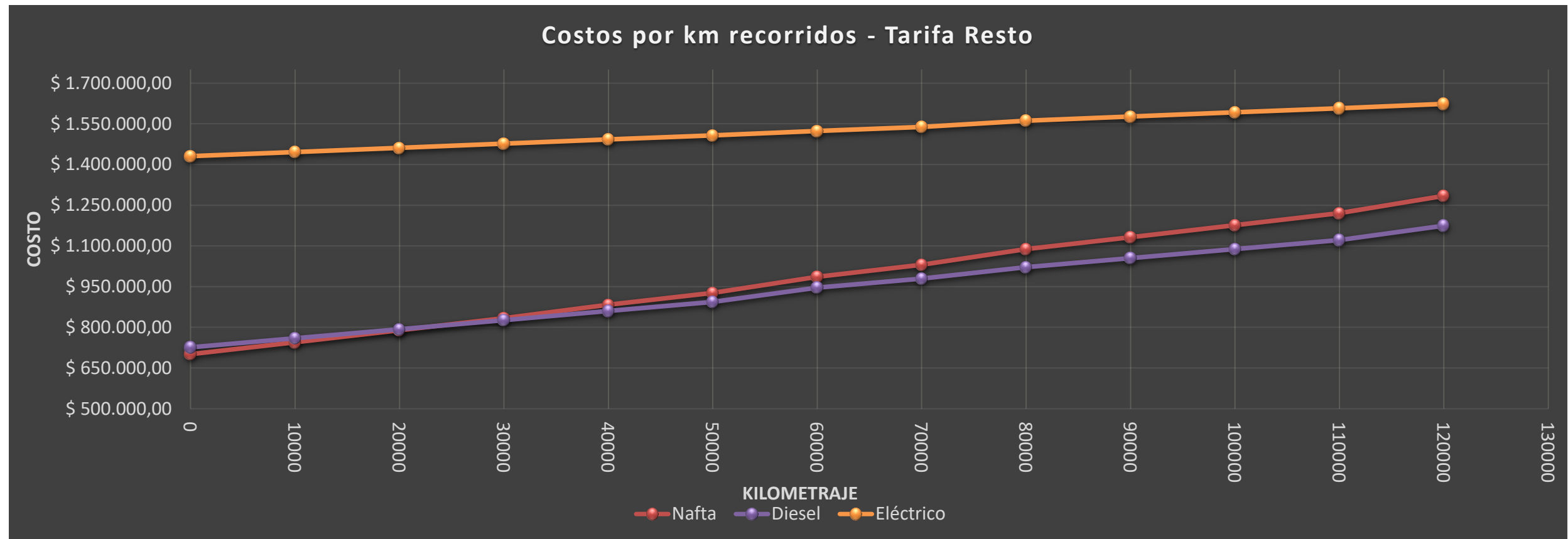


Ilustración 51 - Costos por kilómetros recorridos – Tarifa Resto

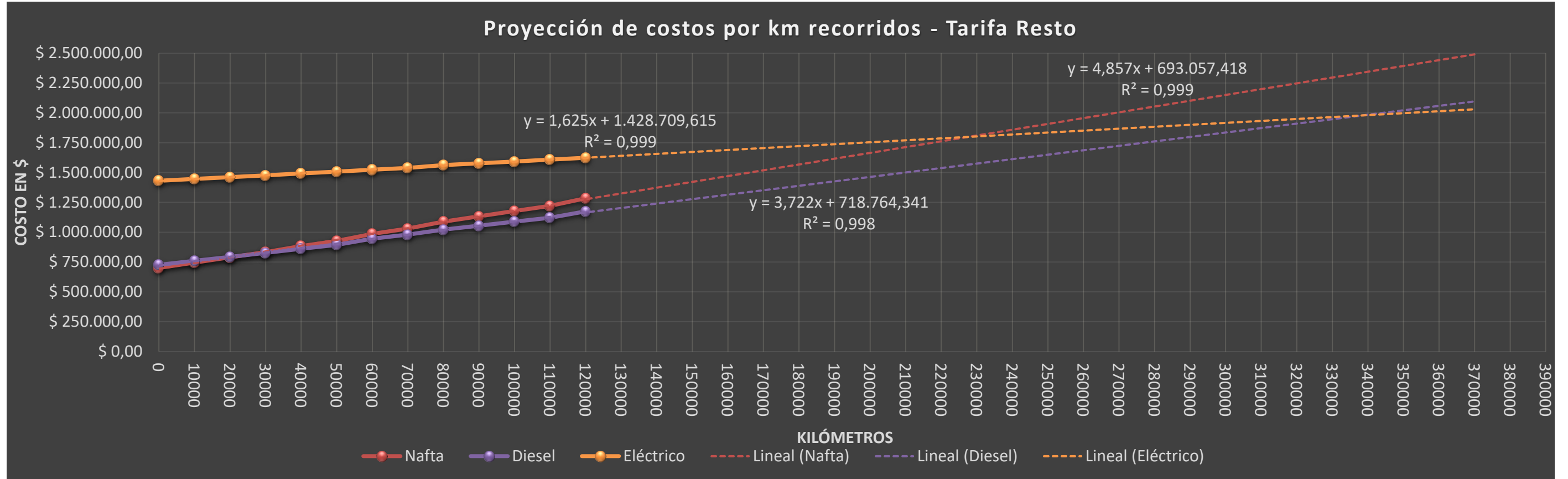


Ilustración 52 - Proyección de costos totales – Tarifa Resto

8 IMPACTOS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

En nuestro estudio queremos determinar cuál será el impacto de la introducción del vehículo eléctrico en la ciudad de Córdoba proyectado al año 2040, tanto en reducción de las emisiones de CO₂ como en la curva de demanda de la ciudad.

8.1 Impacto en las emisiones de CO₂ vehiculares

Para determinar el impacto en las emisiones vehiculares de CO₂ es necesario conocer el parque automotor cordobés, el cual se observa en la Ilustración 53:

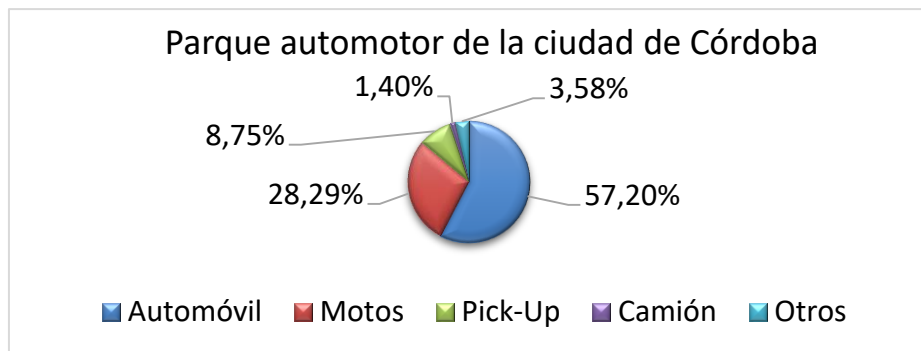


Ilustración 53 - Composición del parque automotor de la ciudad de Córdoba. FUENTE: Municipalidad de Córdoba

Los datos que se utilizarán en el desarrollo de esta sección son únicamente los catalogados como automóviles, ya que representan el mayor porcentaje de patentamientos en la ciudad. Los mismos se detallan en la Tabla 17 (Córdoba, s. f.):

Año	Patentamiento	Año	Patentamiento
1994	11.471	2007	14.456
1995	8.367	2008	17.432
1996	7.446	2009	15.743
1997	9.021	2010	19.416
1998	9.797	2011	24.131
1999	8.207	2012	23.208
2000	8.528	2013	27.646
2001	4.792	2014	21.855
2002	2.217	2015	19.285
2003	3.170	2016	21.675
2004	7.134	2017	26.242
2005	9.451	2018	26.293
2006	11.422		

Tabla 17 - Patentamiento anual de automóviles en la ciudad de Córdoba. FUENTE: Municipalidad de Córdoba

Para una mejor comprensión de los datos, se realiza la Ilustración 54:

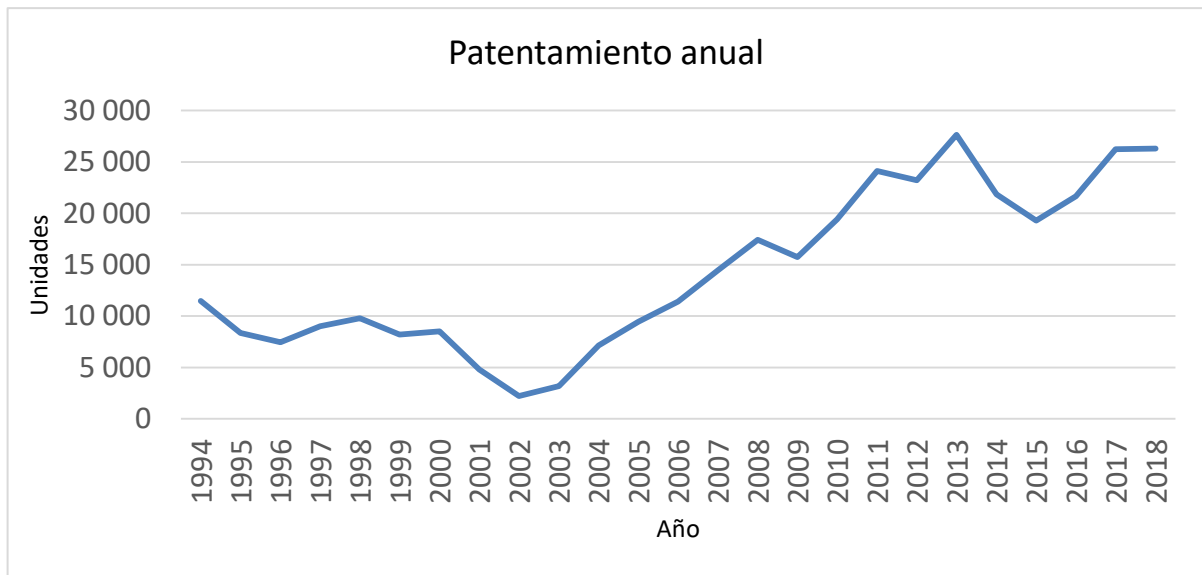


Ilustración 54 - Patentamiento anual de automóviles en la ciudad de Córdoba

NOTA: Observar cómo la crisis económica del año 2001 en nuestro país se ve reflejada en el patentamiento de vehículos.

Calculamos el índice de variación de patentamiento interanual de la siguiente manera:

$$\text{Índice de variación}_{\text{patentamiento}} = \frac{\text{Patentamiento}_{\text{actual}} - \text{Patentamiento}_{\text{anterior}}}{\text{Patentamiento}_{\text{anterior}}}$$

Año	Patentamiento	Índice interanual de patentamiento	Año	Patentamiento	Índice interanual de patentamiento
1994	11.471		2006	11.422	20,85%
1995	8.367	-27,06%	2007	14.456	26,56%
1996	7.446	-11,01%	2008	17.432	20,59%
1997	9.021	21,15%	2009	15.743	-9,69%
1998	9.797	8,60%	2010	19.416	23,33%
1999	8.207	-16,23%	2011	24.131	24,28%
2000	8.528	3,91%	2012	23.208	-3,82%
2001	4.792	-43,81%	2013	27.646	19,12%
2002	2.217	-53,74%	2014	21.855	-20,95%
2003	3.170	42,99%	2015	19.285	-11,76%
2004	7.134	125,05%	2016	21.675	12,39%
2005	9.451	32,48%	2017	26.242	21,07%
			2018	26.293	0,19%

Tabla 18 - Índice de variación interanual de patentamientos

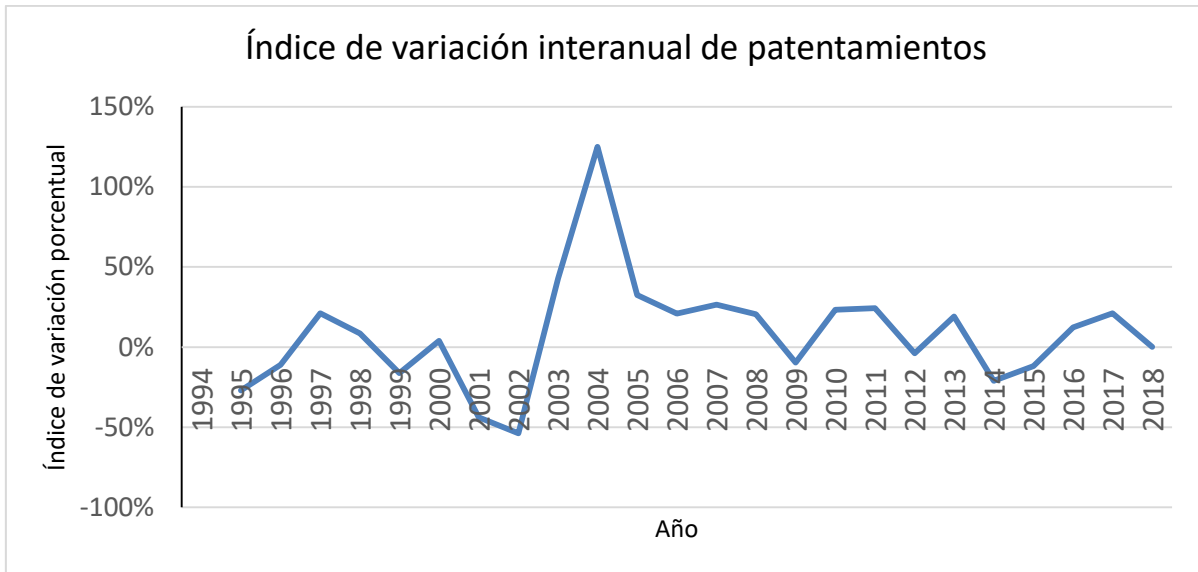


Ilustración 55 - Índice de variación interanual de patentamientos

Como se puede observar en la Ilustración 55, después de la crisis económica el índice de patentamiento del año 2004 presenta un pico de variación muy grande que se puede considerar atípico, por lo tanto, para armonizar el gráfico bajamos el rebote utilizando el promedio entre los años anterior y posterior al pico:

$$\text{Índice de variación}_{\text{promedio } 2004} = \frac{\text{índice de variación}_{2005} - \text{índice de variación}_{2003}}{2}$$

$$\text{Índice de variación}_{\text{promedio } 2004} = \frac{32,48 - 42,99}{2} = 37,73 \%$$

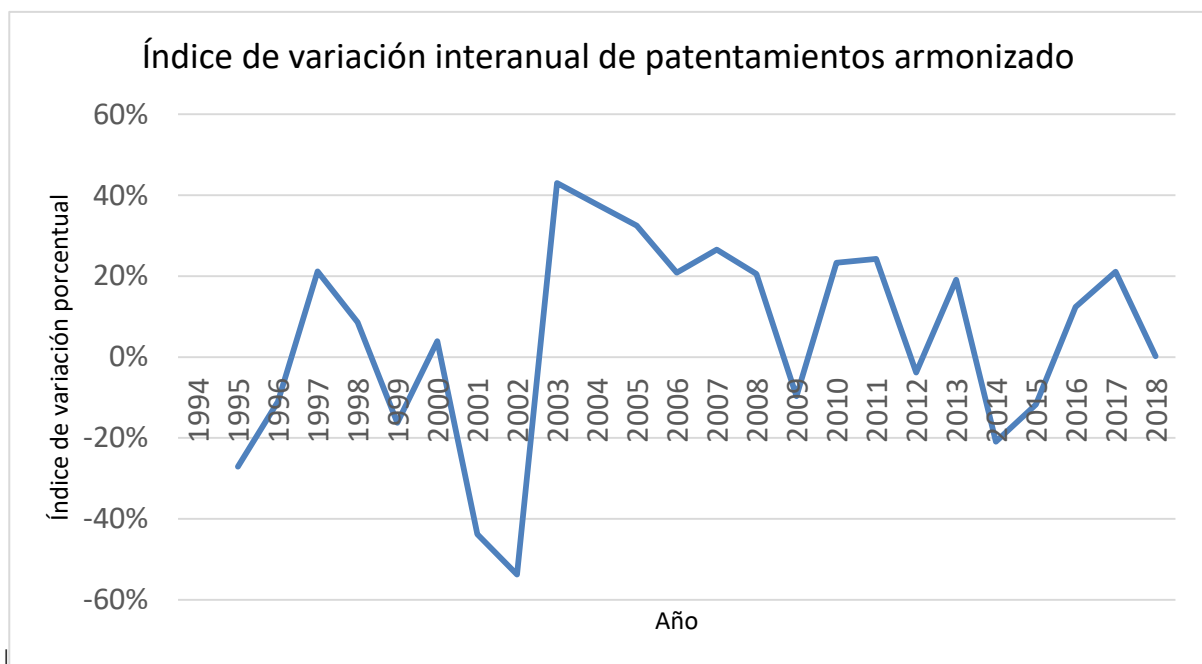


Ilustración 56 - Índice de variación interanual de patentamientos armonizado

8.1.1 Proyección de patentamientos

Para estimar los patentamientos al 2040 teniendo en cuenta la influencia de los cambios de políticas y crisis económicas en el índice de patentamiento, utilizamos la siguiente función:

$$Y = K + A * \text{Sen}\left(\frac{2 * \pi * x}{T} + \varphi\right)$$

Donde:

T = Periodo [años]

K = Valor medio [%]

A = Amplitud variación [%]

φ = Desfasaje inicial

Los valores utilizados en la función del índice de patentamiento que se utilizaron para estimar el parque automotor de la ciudad fueron los siguientes:

T = 8

K = 2

A = 10

$\varphi = 2,3$

Superponiendo la función periódica con la curva de índices de variación real de patentamientos:

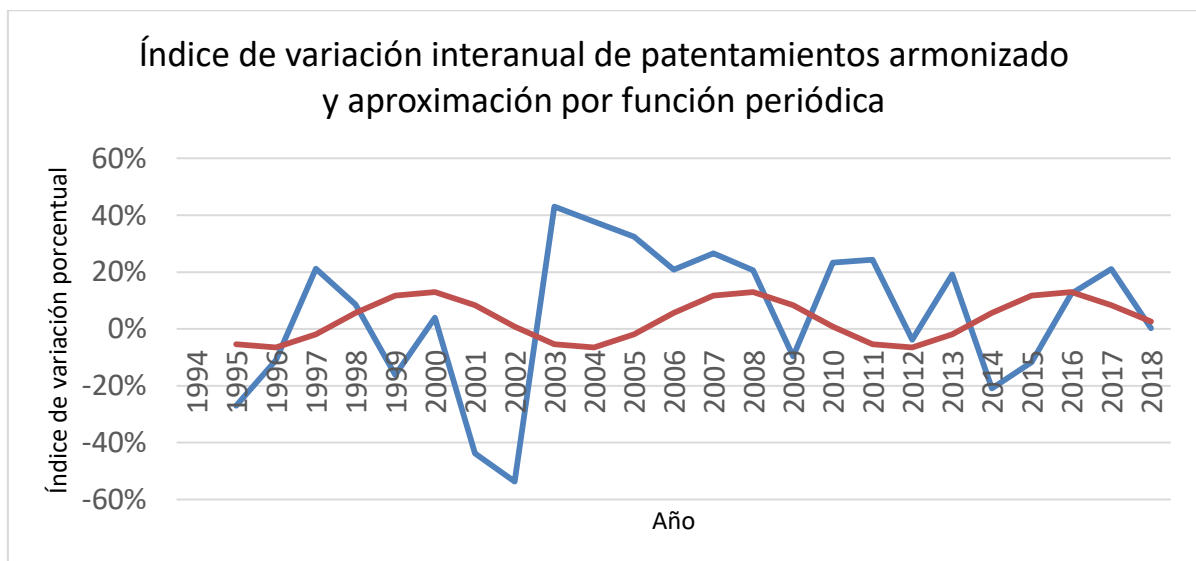


Ilustración 57 - Superposición de curvas: Índice de variación interanual de patentamientos real y periódica

Se observa que la función periódica representa de forma aceptable a la función real, logrando una diferencia de alrededor del 0,5 % en el total del parque automotor.

Utilizando los mismos valores para la proyección, obtuvimos la Tabla 19:

Año	Patentamiento	Año	Patentamiento proyectado
1994	11.471	2019	25.067
1995	8.367	2020	23.065
1996	7.446	2021	21.807
1997	9.021	2022	22.121
1998	9.797	2023	24.037
1999	8.207	2024	26.918
2000	8.528	2025	29.463
2001	4.792	2026	30.218
2002	2.217	2027	28.809
2003	3.170	2028	26.508
2004	7.134	2029	25.062
2005	9.451	2030	25.423
2006	11.422	2031	27.625
2007	14.456	2032	30.936
2008	17.432	2033	33.861
2009	15.743	2034	34.728
2010	19.416	2035	33.109
2011	24.131	2036	30.465
2012	23.208	2037	28.803
2013	27.646	2038	29.218
2014	21.855	2039	31.749
2015	19.285	2040	35.554
2016	21.675		
2017	26.242		
2018	26.293		

Tabla 19 - Patentamiento proyectado 2040

De acuerdo con los datos obtenidos, generamos nuestra curva de crecimiento de patentamiento proyectado:

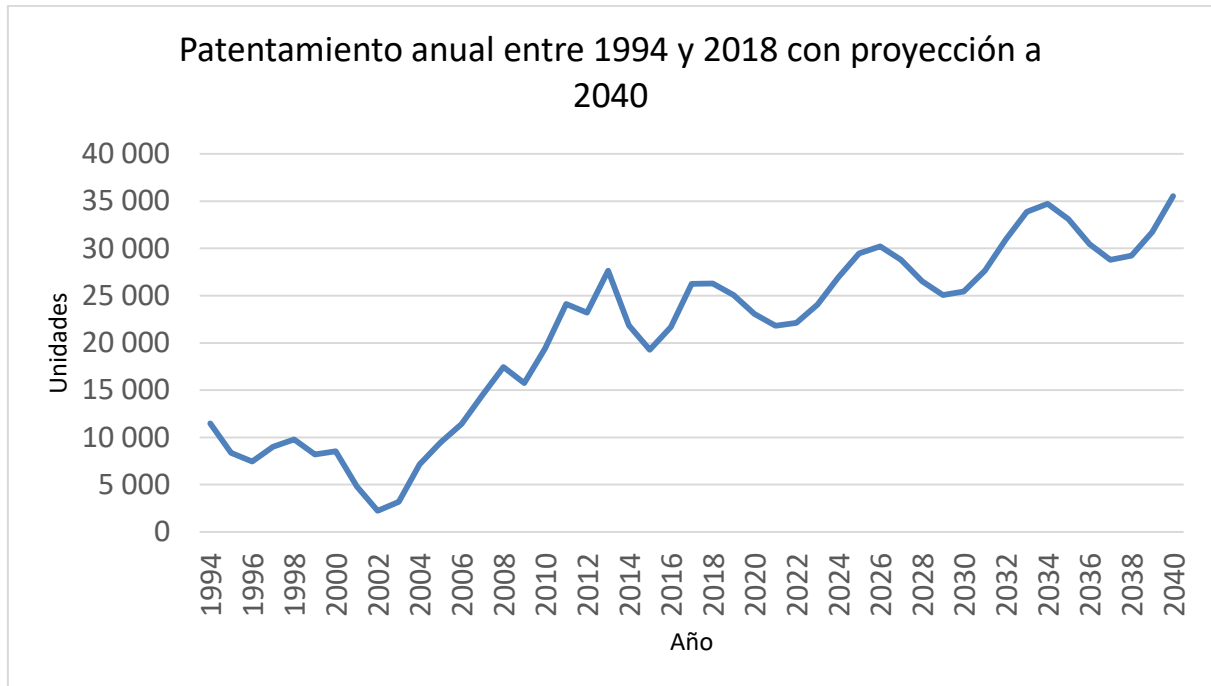


Ilustración 58 - Patentamiento proyectado 2040

Como se puede ver en la Ilustración 58, el crecimiento del patentamiento es influenciado por los vaivenes económicos y políticos de nuestro país, con lo cual, al año 2040 se obtiene una proyección de 35 554 patentamientos anuales.

8.1.2 Proyección de patentamientos de VE

Una vez estimado el índice de nuevos patentamientos en la ciudad, es necesario establecer qué porcentaje de dichos patentamientos serán eléctricos. Para ello se realizó una curva de adopción de automóviles eléctricos de forma exponencial, la cual es congruente debido a que, en los primeros años, la adopción del vehículo eléctrico será lenta por la diferencia en los costos de adquisición respecto al vehículo convencional de combustión interna, la falta de políticas de promoción, la falta de infraestructura de recarga pública y el desconocimiento de los posibles usuarios sobre los beneficios que el VE ofrece. A medida que la tecnología de los vehículos eléctricos madure, se reduzca la brecha que existe en el costo de adquisición, aumente la oferta de modelos y los usuarios pierdan el miedo a la menor autonomía del VE, el porcentaje de patentamientos de vehículos eléctricos aumentará rápidamente.

Año	Porcentaje de patentamientos de VE	Año	Porcentaje de patentamientos de VE
2020	0,05%	2031	5,49%
2021	0,20%	2032	6,85%
2022	0,38%	2033	8,39%
2023	0,58%	2034	10,25%
2024	0,84%	2035	12,46%
2025	1,16%	2036	15,44%
2026	1,59%	2037	18,49%
2027	2,10%	2038	22,10%
2028	2,71%	2039	26,39%
2029	3,44%	2040	31,46%
2030	4,37%		

Tabla 20 - Porcentaje del VE en el patentamiento anual

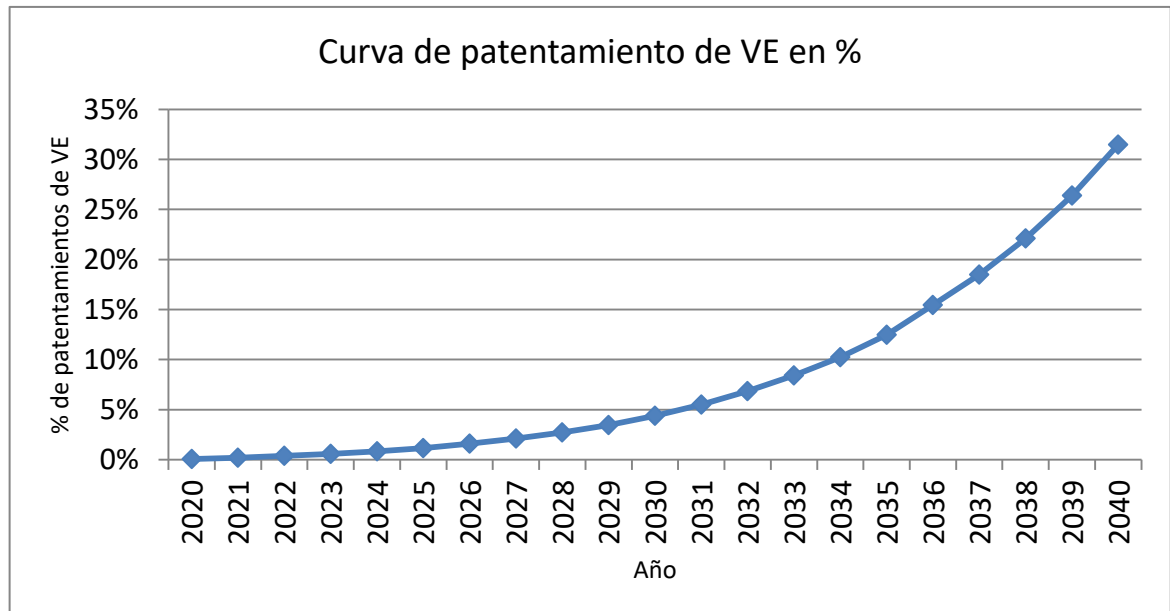


Ilustración 59 - Porcentaje del VE en el patentamiento anual

NOTA: El compromiso de algunos países a favor a la movilidad eléctrica, mediante el establecimiento de objetivos de prohibición a la venta de vehículos de combustión interna (*Global EV Outlook 2018, 2018b*), podría dar lugar a dos situaciones en países como Argentina: la primera, que impulse una demanda más rápida y se produzca el cambio con mayor velocidad. El segundo, que las automotrices traten de liquidar el stock de VCI remanente de los países con políticas medioambientales estrictas y los envíen a países en vías de desarrollo, donde la necesidad de transporte supera a la conciencia ambiental, retrasando el cambio. En la tabla siguiente se observan los países con objetivos de prohibición en la venta de VCI (no se tienen en cuenta los VEHE):

País	2025	2030	2032	2040	2045
Francia					
Irlanda					
Países Bajos					
Noruega					
Eslovenia					
Sri Lanka					
Suecia					
Escocia					
Reino Unido					
	Prohibición de venta de VCI u objetivo de ventas 100% eléctrico				
	Parque automotor sin VCI				

Tabla 21 - Año de prohibición de venta de VCI en diferentes países. FUENTE: Global EV 2018

Con el patentamiento anual y el porcentaje de VE, podemos calcular la cantidad de VE que ingresarán al parque automotor de la ciudad de Córdoba:

Año	Patentamientos anuales	Porcentaje de patentamientos de VE	Patentamientos anuales de VE
2020	25.067	0,05%	12
2021	23.065	0,20%	43
2022	21.807	0,38%	83
2023	22.121	0,58%	140
2024	24.037	0,84%	226
2025	26.918	1,16%	342
2026	29.463	1,59%	479
2027	30.218	2,10%	604
2028	28.809	2,71%	717
2029	26.508	3,44%	861
2030	25.062	4,37%	1110
2031	25.423	5,49%	1516
2032	27.625	6,85%	2118
2033	30.936	8,39%	2842
2034	33.861	10,25%	3558
2035	34.728	12,46%	4127
2036	33.109	15,44%	4705
2037	30.465	18,49%	5326
2038	28.803	22,10%	6458
2039	29.218	26,39%	8377
2040	31.749	31,46%	11185

Tabla 22 - Cantidad de patentamientos anuales de VE

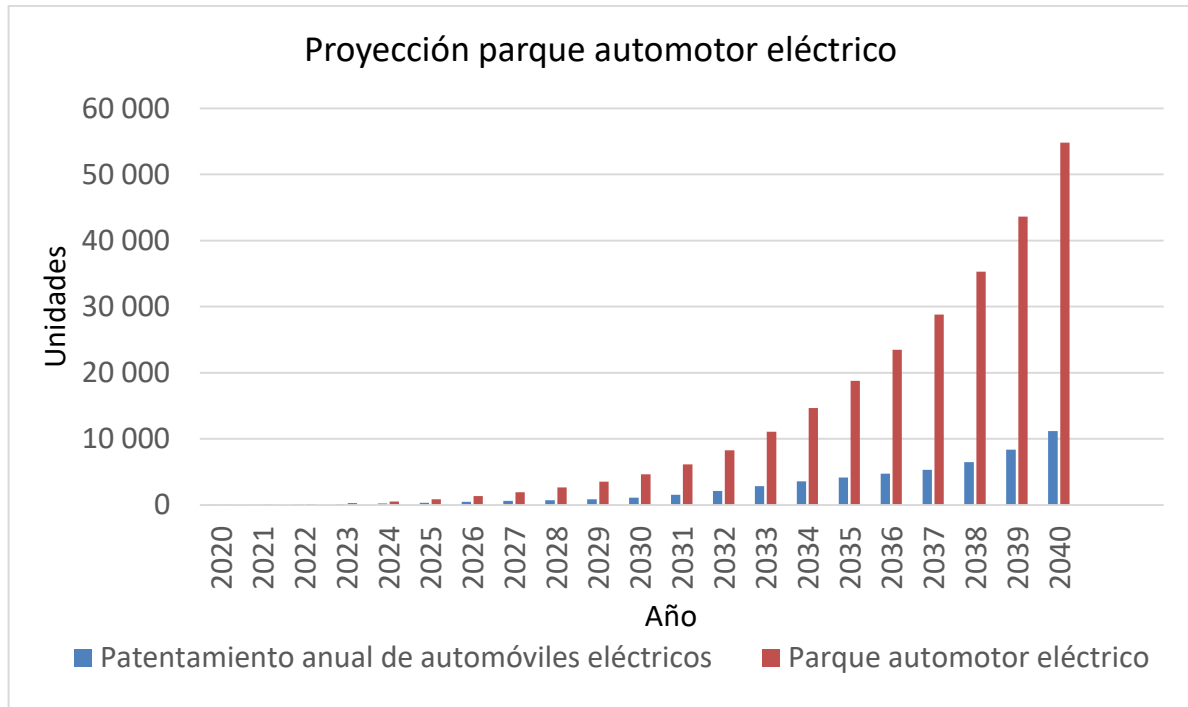


Ilustración 60 - Parque automotor y cantidad de patentamientos anuales eléctricos

8.1.3 Cálculo de emisiones

Con la cantidad acumulada de vehículos eléctricos (54 829 unidades) podemos estimar las emisiones de CO₂ para la carga de los mismos usando la siguiente fórmula:

$$Emisión_{CO_2} = Cantidad_{VE} * Distancia [km] * Consumo \left[\frac{kWh}{km} \right] * Factor de Emisión_{red} \left[\frac{kgCO_2}{kWh} \right]$$

La distancia media anual recorrida por los vehículos en la ciudad de Córdoba es de 21 600 km, lo que equivale a hacer un promedio de 60 km por día.

El consumo por kilómetro utilizado es el perteneciente al modelo Kangoo ZE de la marca Renault, ya que a junio 2019, es el único vehículo 100% eléctrico que se puede adquirir homologado para la circulación en ciudad y ruta en argentina. Dicho consumo es 0,155 [kWh/km].

El factor de emisión de red utilizado es el nacional, ya que el factor de emisión de la provincia resultaría menor debido a la generación con ciclos combinados y, por lo tanto, menos conservador. El valor utilizado es el “Ex-ante” del año 2017 (último dato accesible a junio 2019), el cual es igual a: 0,508 [t CO₂/MWh] («Datos Energía Cálculo del Factor de Emisión de CO₂ de la Red Argentina de Energía Eléctrica», s. f.)

Para determinar si el VE contribuye a la disminución de emisión de gases de efecto invernadero, se comparan las emisiones obtenidas anteriormente con las que obtendríamos si esa misma cantidad de vehículos fueran de combustión interna. Para ello, se utiliza el modelo Kangoo Express Profesional de la marca Renault de motorización naftera, ya que nos permite una comparación con menor cantidad de variables por tratarse del mismo modelo con diferente motorización. Calculamos las emisiones mediante la siguiente fórmula:

$$Emisión_{CO_2} = Cantidad_{VE} * Distancia[km] * Factor\ de\ Emisión_{vci} \left[\frac{kg\ CO_2}{km} \right]$$

Los cálculos se organizaron en la Tabla 23:

En la Ilustración 61 se puede apreciar la gran diferencia entre emisiones que la inserción del vehículo eléctrico podría generar, en comparación con la misma cantidad de VCI, año a año:

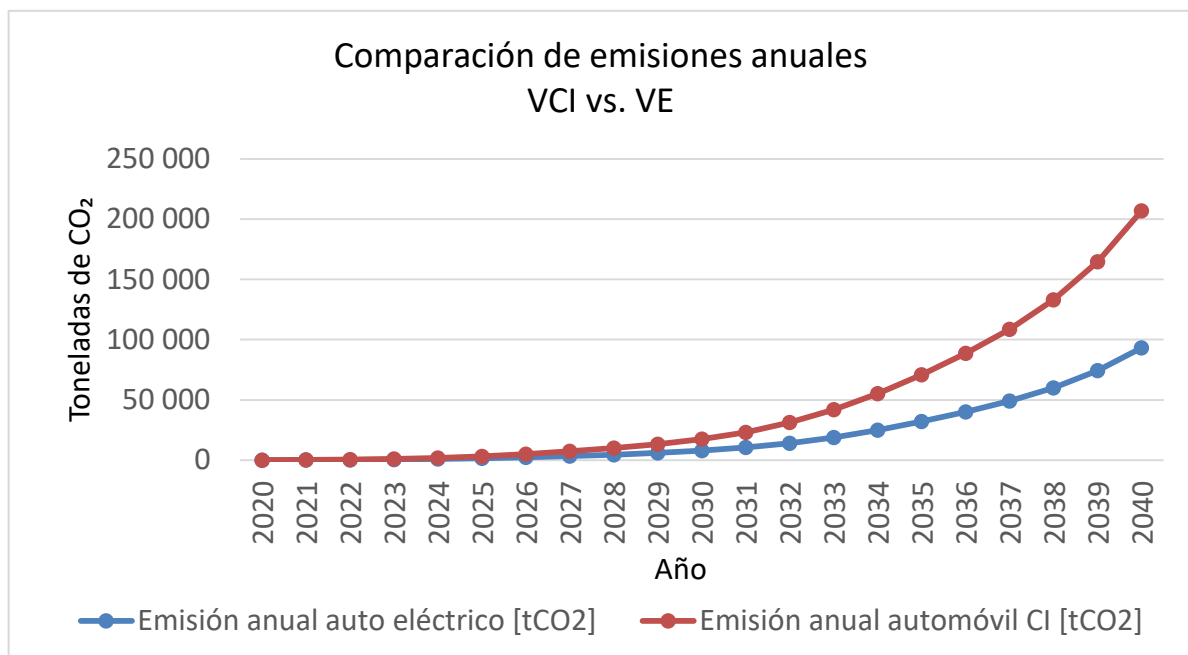


Ilustración 61 - Comparativa emisión de CO₂

La reducción de emisiones acumulada que se obtendría con la sustitución de los vehículos de combustión interna por VE, se muestra en la Ilustración 62:

Año	Patentamiento anual de automóviles eléctricos	Parque automotor eléctrico	Distancia recorrida anual [km]	Energía necesaria anual [MWh]	Emisión anual auto eléctrico [tCO₂]	Emisión anual automóvil CI [tCO₂]	Reducción de emisiones [tCO₂]	Reducción de emisiones acumulada [tCO₂]
2020	12	12	259200	40,18	20,4	45,3	24,9	24,9
2021	43	55	1188000	184,14	93,5	207,5	114,0	138,9
2022	83	138	2980800	462,02	234,7	520,7	286,0	424,9
2023	140	278	6004800	930,74	472,8	1049,0	576,2	1001,1
2024	226	504	10886400	1687,39	857,2	1901,9	1044,7	2045,8
2025	342	846	18273600	2832,41	1438,9	3192,4	1753,5	3799,3
2026	479	1325	28620000	4436,10	2253,5	4999,9	2746,4	6545,7
2027	604	1929	41666400	6458,29	3280,8	7279,1	3998,3	10544,0
2028	717	2646	57153600	8858,81	4500,3	9984,7	5484,5	16028,5
2029	861	3507	75751200	11741,44	5964,6	13233,7	7269,1	23297,6
2030	1110	4617	99727200	15457,72	7852,5	17422,3	9569,8	32867,4
2031	1516	6133	132472800	20533,28	10430,9	23143,0	12712,1	45579,5
2032	2118	8251	178221600	27624,35	14033,2	31135,3	17102,1	62681,6
2033	2842	11093	239608800	37139,36	18866,8	41859,7	22992,9	85674,5
2034	3558	14651	316461600	49051,55	24918,2	55285,8	30367,7	116042,1
2035	4127	18778	405604800	62868,74	31937,3	70859,2	38921,8	154964,0
2036	4705	23483	507232800	78621,08	39939,5	88613,6	48674,1	203638,0
2037	5326	28809	622274400	96452,53	48997,9	108711,3	59713,5	263351,5
2038	6458	35267	761767200	118073,92	59981,5	133080,7	73099,2	336450,7
2039	8377	43644	942710400	146120,11	74229,0	164691,5	90462,5	426913,1
2040	11185	54829	1184306400	183567,49	93252,3	206898,3	113646,0	540559,2

Tabla 23 - Comparación de emisiones por año

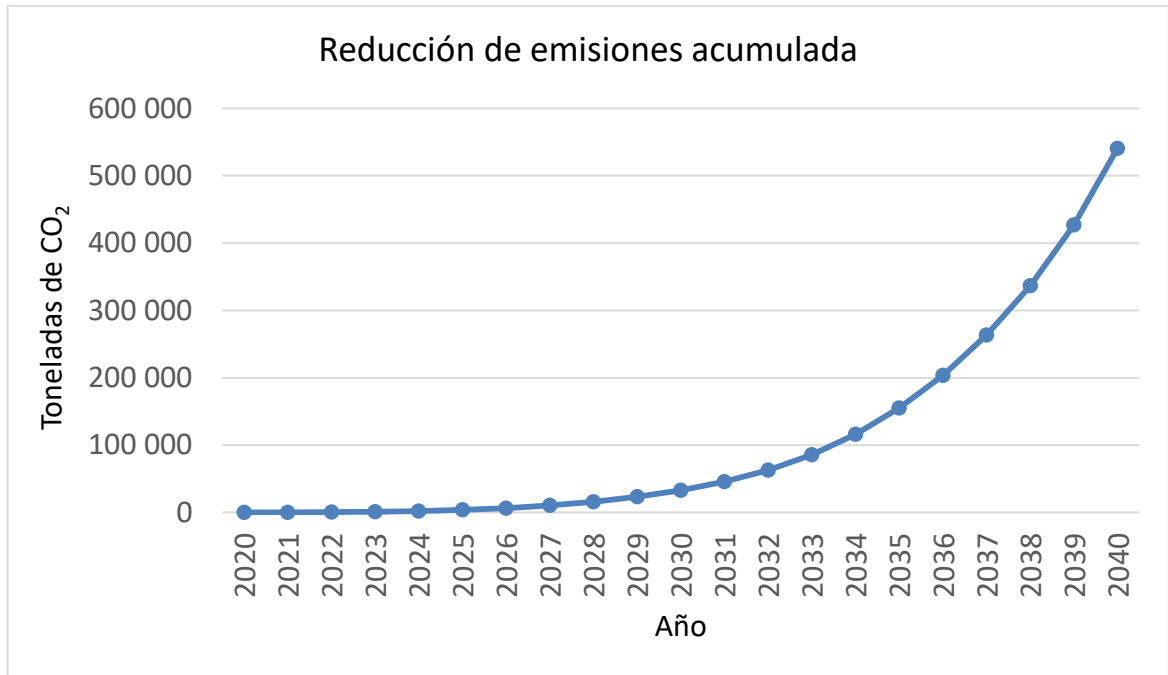


Ilustración 62 - Reducción de emisiones acumuladas

En la ciudad de Córdoba aproximadamente el 32 % de las emisiones de CO₂ provienen del sector de transporte (Municipalidad de Córdoba, 2017), por lo que la adopción del vehículo eléctrico contribuiría enormemente a la reducción de las emisiones.

De acuerdo con nuestra comparativa, la diferencia de emisión de CO₂ lograda por la adopción de los VE para el año 2040 equivaldría a la cantidad de CO₂ que absorbe una plantación de eucaliptos de 2 607 hectáreas de extensión (4,5 % del área del distrito capital de Córdoba), considerando que cada hectárea de eucaliptos absorbe 43,58 tCO₂ por año («La Fijación de CO₂ en Plantaciones Forestales y en Productos de Madera en Argentina», s. f.) ó la emitida por el sistema eléctrico para generar 223,72 MWh de energía.

8.2 Impacto en la curva de demanda

Considerando el número de nuevos vehículos eléctricos obtenidos mediante la proyección al 2040, se estimará y analizará la influencia que tendrá la recarga de los mismos en la curva de demanda de energía de la ciudad.

8.2.1 Curva de demanda de la ciudad de Córdoba 2019

Se realizarán dos curvas de demanda de acuerdo con los datos obtenidos de la EPEC. Una en referencia al día 21 de febrero, en el cual se registró la máxima demanda en la ciudad y

la siguiente, al día 04 de julio, ambas del corriente año (2019), las cuales representan las características de demanda de los períodos estival e invernal.

Periodo estival:

Periodo estival			
Hora	Demanda [MW]	Hora	Demanda [MW]
0:00	619	12:30	726
0:30	602	13:00	752
1:00	588	13:30	766
1:30	572	14:00	779
2:00	554	14:30	784
2:30	535	15:00	798
3:00	522	15:30	798
3:30	514	16:00	793
4:00	503	16:30	783
4:30	493	17:00	771
5:00	489	17:30	760
5:30	486	18:00	732
6:00	484	18:30	705
6:30	496	19:00	681
7:00	490	19:30	651
7:30	496	20:00	635
8:00	513	20:30	659
8:30	545	21:00	665
9:00	569	21:30	674
9:30	599	22:00	668
10:00	619	22:30	663
10:30	636	23:00	653
11:00	657	23:30	651
11:30	676	0:00	644
12:00	704		

Tabla 24 - Potencia demandada cada media hora (ciudad de Córdoba) (estival). FUENTE: EPEC

Con esta información realizamos la Ilustración 63:

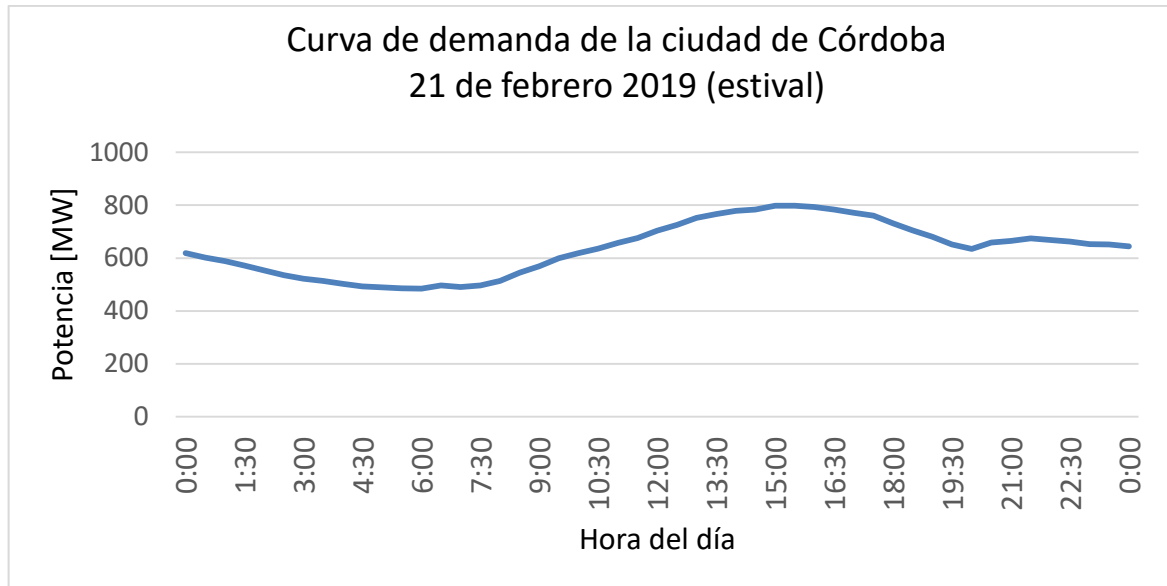


Ilustración 63 - Curva demanda ciudad de Córdoba (21 de febrero 2019) (estival)

Ahora para el periodo invernal:

Periodo invernal			
Hora	Demanda [MW]	Hora	Demanda [MW]
0:00	542	12:30	615
0:30	533	13:00	626
1:00	506	13:30	627
1:30	477	14:00	634
2:00	456	14:30	645
2:30	440	15:00	647
3:00	430	15:30	652
3:30	423	16:00	646
4:00	420	16:30	643
4:30	416	17:00	635
5:00	417	17:30	634
5:30	422	18:00	633
6:00	431	18:30	660
6:30	467	19:00	694
7:00	499	19:30	703
7:30	540	20:00	710
8:00	565	20:30	719
8:30	571	21:00	718
9:00	591	21:30	718
9:30	607	22:00	706
10:00	611	22:30	696
10:30	615	23:00	673
11:00	627	23:30	652
11:30	623	0:00	625
12:00	611		

Tabla 25 - Potencia demandada cada media hora (ciudad de Córdoba) (invernal). FUENTE: EPEC

La curva de demanda se observa a continuación:

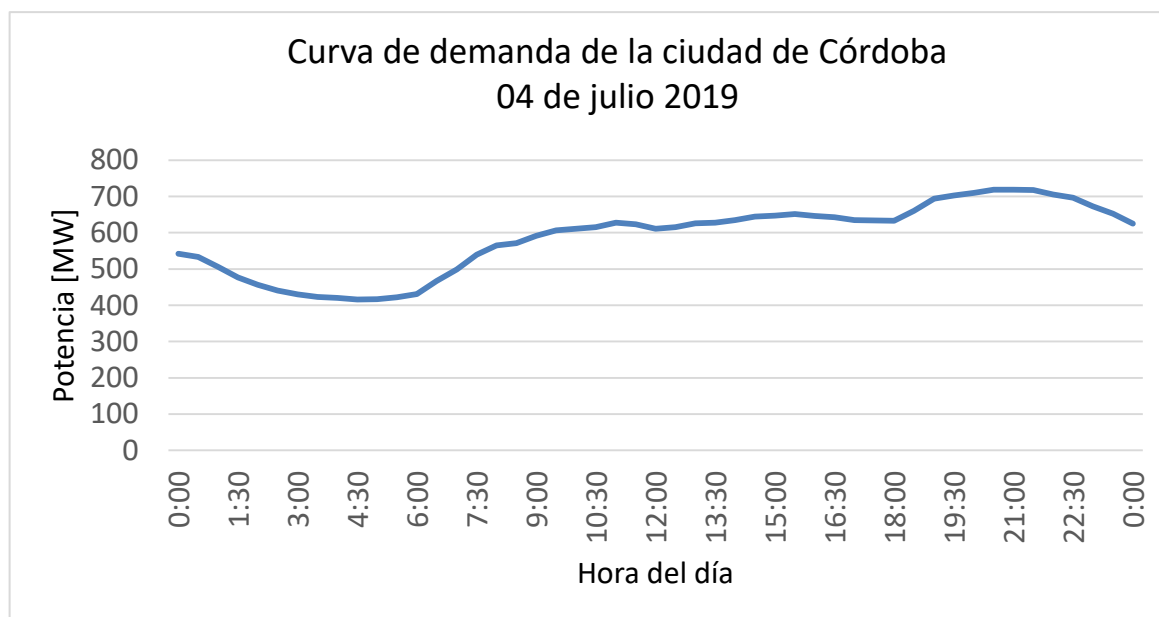


Ilustración 64 - Curva demanda ciudad de Córdoba (04 de julio) (invernal)

Si comparamos ambas curvas se puede observar que los picos y los valles de consumo de los dos períodos se encuentran en diferentes horarios. El pico de verano se da entre las 13:00 y las 18:00 hs, mientras que en la curva invernal se da entre las 18:30 y las 00:00 hs. El menor consumo se da en las primeras horas del día, entre las 02:30 y las 9:30 hs para la curva de verano y entre la 01:00 y las 7:30 hs en invierno.

8.2.2 Curva de demanda de la ciudad de Córdoba proyectada 2040

La demanda proyectada al año 2040 de acuerdo con el libro “Matriz de recursos energéticos de la Provincia de Córdoba” se ubicará, en un escenario de máxima, en 2194,3 MW de potencia máxima. Esta potencia proyectada y su curva de demanda asociada estarán sujetas a diversos factores que podrían modificarlas considerablemente, entre ellos podemos nombrar la generación distribuida en baja tensión, una mayor eficiencia energética en los artefactos de consumo, la situación económica del país, etc. Por lo que, en nuestro análisis sólo se contemplarán los perfiles de las curvas de demanda actuales para generar las curvas de demanda proyectadas al 2040 y trabajaremos sobre ellas.

Calculamos la demanda actual por unidad:

$$Potencia_{p.u.} = \frac{Potencia_i [MW]}{Potencia_{max} [MW]}$$

Siendo:

- $Potencia_{p.u.}$: Potencia por unidad
- $Potencia_i$: Potencia cada media hora
- $Potencia_{max}$: Potencia máxima del día

Afectando la demanda actual por unidad con la potencia máxima al 2040 obtenemos:

$$Potencia_{i\ 2040} = Potencia_{p.u.} * Potencia_{max\ 2040} [MW]$$

Siendo:

- $Potencia_{i\ 2040}$: Potencia cada media hora proyectada 2040
- $Potencia_{max\ 2040}$: Potencia máxima proyectada

El pico invernal es un 0,9 del valor del pico estival, por lo que:

- 2194,3 [MW] para el período estival
- 1976 [MW] para el período invernal

Graficando los valores obtenidos en las Tabla 26 y Tabla 27:

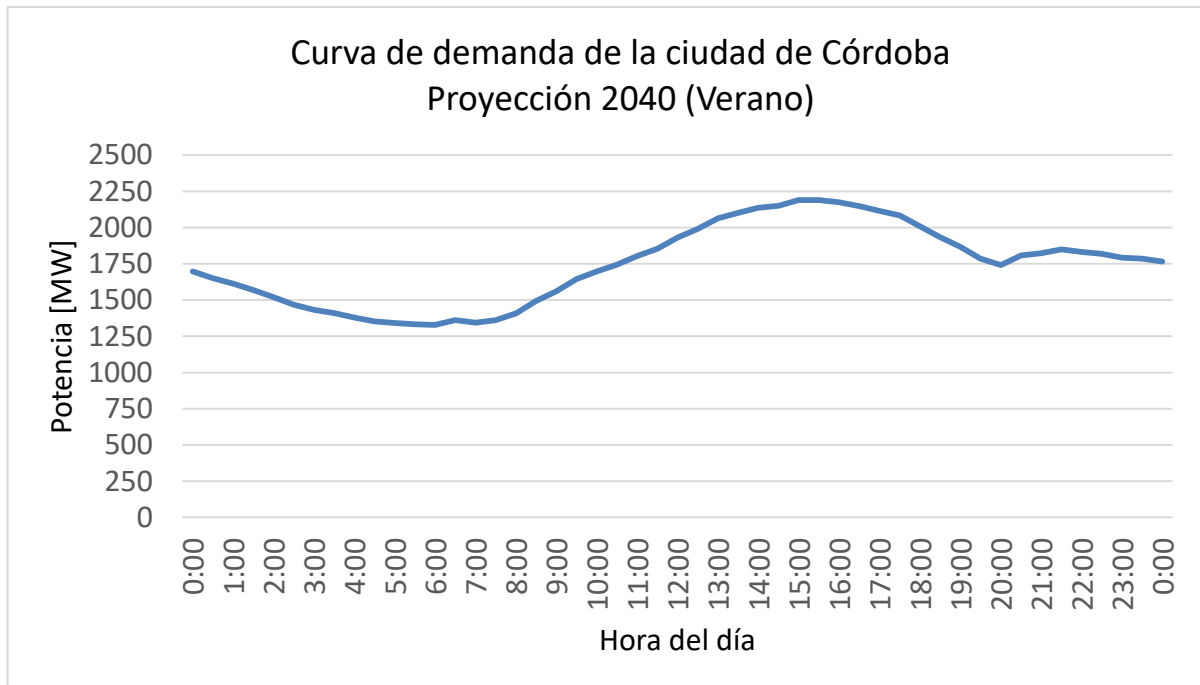


Ilustración 65 - Curva de demanda proyectada 2040 periodo estival

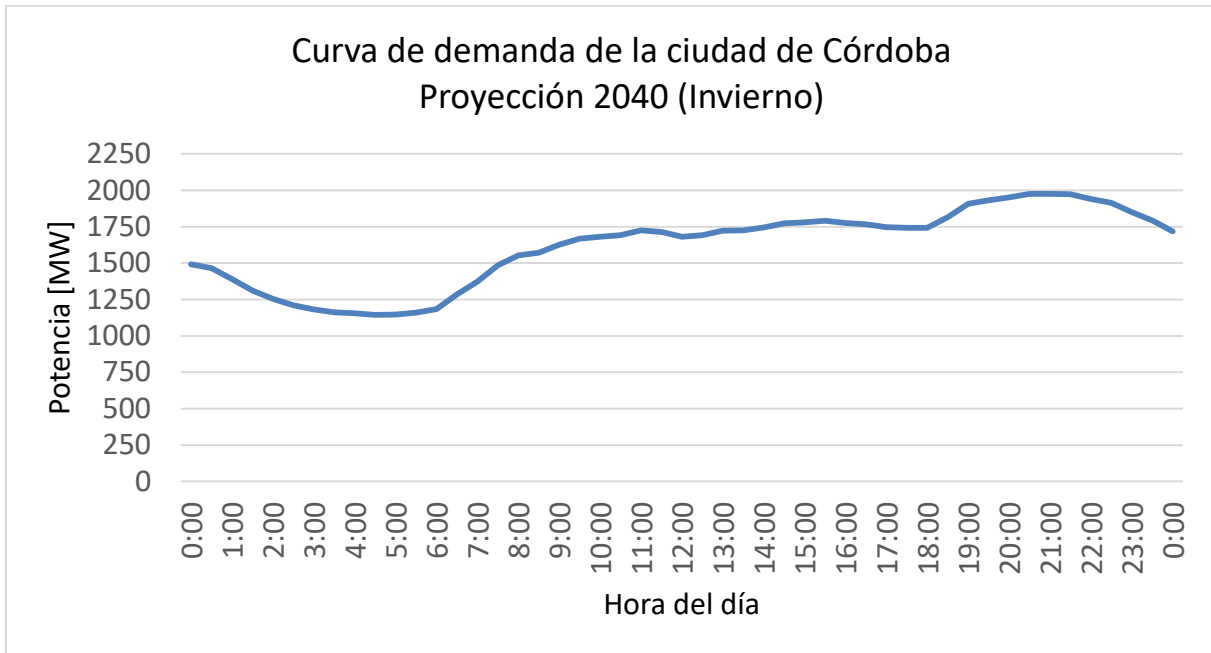


Ilustración 66 - Curva de demanda proyectada 2040 periodo invernal

Como se puede observar en los gráficos los perfiles de las curvas proyectadas son idénticos a los de la actualidad, sólo que la potencia es mayor.

Demanda período estival							
Hora	Demanda [MW]	Demanda por unidad	Demanda 2040 [MW]	Hora	Demanda [MW]	Demanda por unidad	Demanda 2040 [MW]
0:00	619	0,774	1698	12:30	726	0,908	1991
0:30	602	0,753	1651	13:00	752	0,940	2063
1:00	588	0,735	1613	13:30	766	0,958	2101
1:30	572	0,715	1569	14:00	779	0,974	2137
2:00	554	0,693	1520	14:30	784	0,980	2150
2:30	535	0,669	1467	15:00	798	0,998	2189
3:00	522	0,653	1432	15:30	798	0,998	2189
3:30	514	0,643	1410	16:00	793	0,991	2175
4:00	503	0,629	1380	16:30	783	0,979	2148
4:30	493	0,616	1352	17:00	771	0,964	2115
5:00	489	0,611	1341	17:30	760	0,950	2085
5:30	486	0,608	1333	18:00	732	0,915	2008
6:00	484	0,605	1328	18:30	705	0,881	1934
6:30	496	0,620	1360	19:00	681	0,851	1868
7:00	490	0,613	1344	19:30	651	0,814	1786
7:30	496	0,620	1360	20:00	635	0,794	1742
8:00	513	0,641	1407	20:30	659	0,824	1808
8:30	545	0,681	1495	21:00	665	0,831	1824
9:00	569	0,711	1561	21:30	674	0,843	1849
9:30	599	0,749	1643	22:00	668	0,835	1832
10:00	619	0,774	1698	22:30	663	0,829	1819
10:30	636	0,795	1744	23:00	653	0,816	1791
11:00	657	0,821	1802	23:30	651	0,814	1786
11:30	676	0,845	1854	0:00	644	0,805	1766
12:00	704	0,880	1931				

Tabla 26 - Potencia demandada cada media hora, por unidad y proyectada 2040 estival (ciudad de Córdoba). FUENTE: EPEC

Demanda período invernal							
Hora	Demanda [MW]	Demanda por unidad	Demanda 2040 [MW]	Hora	Demanda [MW]	Demanda por unidad	Demanda 2040 [MW]
0:00	542	0,754	1655	12:30	615	0,856	1879
0:30	533	0,742	1628	13:00	626	0,871	1912
1:00	506	0,703	1544	13:30	627	0,873	1915
1:30	477	0,663	1455	14:00	634	0,883	1937
2:00	456	0,635	1393	14:30	645	0,897	1968
2:30	440	0,613	1345	15:00	647	0,900	1975
3:00	430	0,598	1313	15:30	652	0,907	1989
3:30	423	0,588	1290	16:00	646	0,899	1972
4:00	420	0,585	1283	16:30	643	0,894	1962
4:30	416	0,579	1269	17:00	635	0,884	1939
5:00	417	0,580	1273	17:30	634	0,882	1935
5:30	422	0,587	1288	18:00	633	0,881	1934
6:00	431	0,599	1315	18:30	660	0,919	2016
6:30	467	0,650	1426	19:00	694	0,965	2118
7:00	499	0,694	1523	19:30	703	0,977	2145
7:30	540	0,751	1648	20:00	710	0,988	2167
8:00	565	0,786	1725	20:30	719	1,000	2194
8:30	571	0,795	1744	21:00	718	0,999	2193
9:00	591	0,822	1805	21:30	718	0,999	2191
9:30	607	0,844	1852	22:00	706	0,982	2154
10:00	611	0,850	1865	22:30	696	0,969	2126
10:30	615	0,856	1879	23:00	673	0,936	2054
11:00	627	0,873	1916	23:30	652	0,908	1991
11:30	623	0,867	1902	0:00	625	0,869	1908
12:00	611	0,850	1866				

Tabla 27- Potencia demandada cada media hora, por unidad y proyectada 2040 invernal (ciudad de Córdoba). FUENTE: EPEC

8.2.3 Cálculo de energía eléctrica necesaria por día

El cálculo de la energía requerida por día para la recarga de los VE se realizará bajo las siguientes condiciones:

- **Flota VE al año 2040:** 54 831 [unidades]
- **Distancia recorrida por día:** 60 [km/día]
- **Consumo:** 0,155 [kWh/km] (Kangoo Z.E.)
- **Potencia cargador:** 3,5 [kW] (Monofásico)

Estas condiciones se obtuvieron de acuerdo con las proyecciones realizadas sobre el patentamiento automotor de la ciudad de Córdoba para el año 2040 y una distancia recorrida mensual de 1 800 km por automóvil. Se utilizará el modelo Kangoo Z.E. de la marca Renault y

se toma una potencia de 3,5 kW para los cargadores ya que los mismos se consideran monofásicos y la EPEC limita a 5 kW la potencia máxima monofásica.

Calculamos entonces la energía demandada en la ciudad:

$$Energía_{por\ VE} = Distancia [km] * Consumo \left[\frac{kWh}{km} \right]$$

$$Energía_{por\ VE} = 60 * 0,155 \approx 10 [kWh]$$

$$Energía_{total} = Flota_{VE} [unid.] * Energía_{por\ VE} [kWh]$$

$$Energía_{total} = 54831 * 10 = 548310 [kWh] = 548,31 [MWh]$$

La potencia necesaria para la carga de todos los VE en forma simultánea la calculamos:

$$Potencia_{max} = Flota_{VE} [unid.] * Potencia_{cargador} [kW]$$

$$Potencia_{max} = 54831 * 3,5 = 191908 [kW] \approx 191,91 [MW]$$

Tiempo de carga necesario por VE:

$$Tiempo\ de\ carga [h] = \frac{Energía_{por\ VE} [kWh]}{Potencia_{cargador} [kW]}$$

$$Tiempo\ de\ carga = \frac{10 [kWh]}{3,5 [kW]} \approx 2,86 [h] \approx 2h\ 50min$$

Debido a la gran influencia que una tarifa diferencial para VE tendría sobre el comportamiento de carga de los usuarios, podemos presentar 2 situaciones:

1. La primera es que no exista una tarifa diferencial y por lo tanto, la carga de los VE se realice en forma aleatoria, con el posible riesgo que incremente la exigencia de la red en los horarios de mayor consumo.
2. En el segundo caso, donde se establece una tarifa diferencial, generaría una concentración de la demanda de recarga de VE alrededor de las horas de menor costo.

Esta última situación es la que analizaremos a continuación.

8.2.4 Efectos de la recarga del vehículo eléctrico sobre la curva de demanda proyectada

Utilizando una distribución normal en el ingreso de los vehículos al sistema eléctrico, estableciendo como valor pico la potencia requerida por todos los VE en forma simultánea, podemos incorporar esta carga en la curva de demanda proyectada al 2040 mediante el criterio *Ceteris paribus*, donde la única carga que varía es el auto eléctrico. El período de la carga con estas condiciones es de 4,5 hs.

De acuerdo con las características de cada período, podemos incorporar los vehículos en los valles:

Período estival, recarga entre las 03:30 y las 08:00 hs:

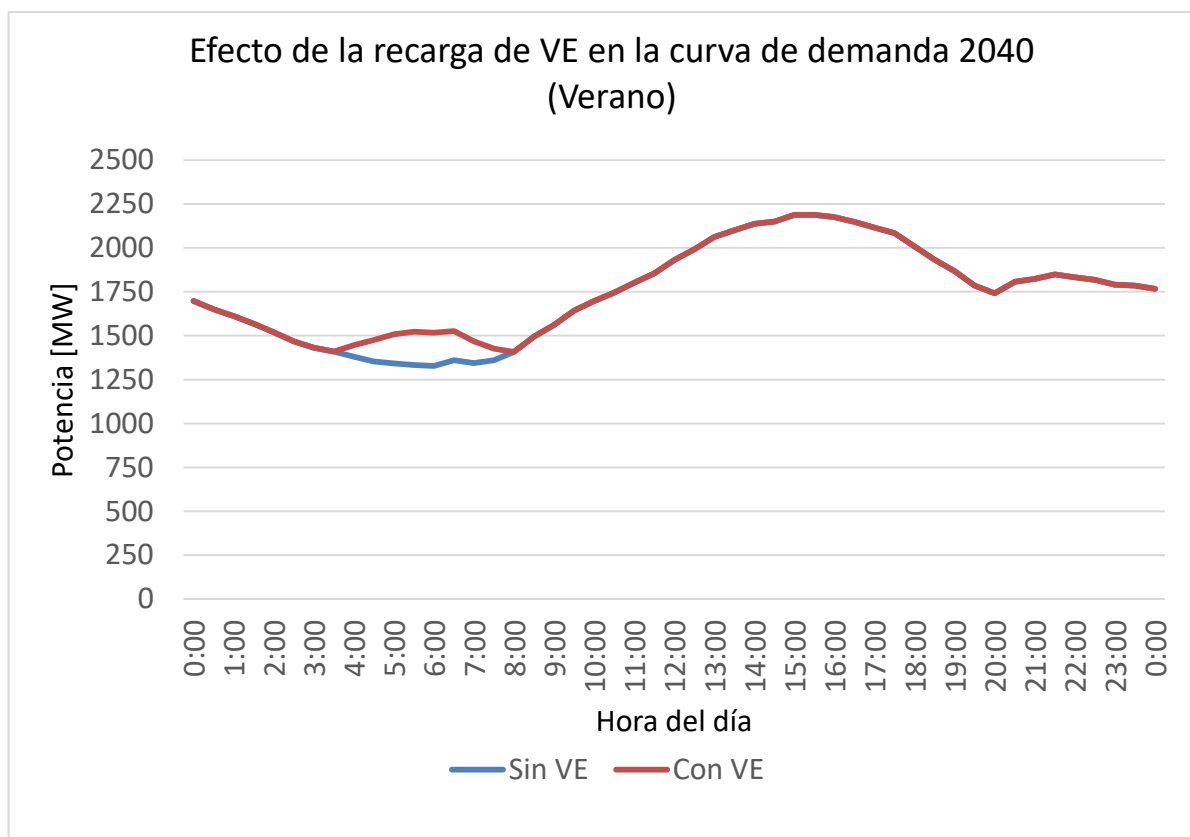


Ilustración 67 - Efecto de la recarga de VE en la curva de demanda estival

Período invernal, recarga entre las 02:00 y las 06:30 hs:

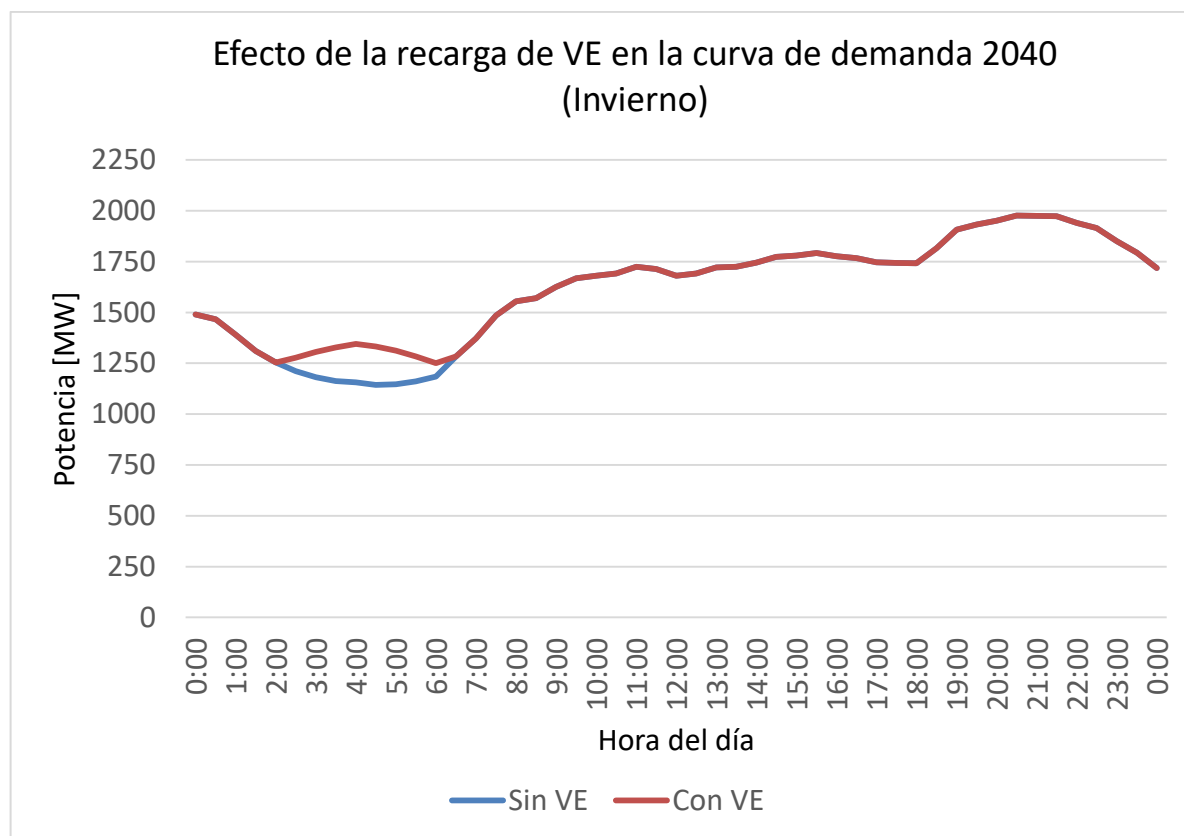


Ilustración 68 - Efecto de la recarga de VE en la curva de demanda invernal

En ambas curvas se observa un claro aumento de la demanda debido a la recarga de los VE en el momento del día con menor consumo, esto mejoraría la eficiencia del sistema “aplanando” la curva de demanda.

Lo expuesto en este apartado es uno de los escenarios posibles, ya que las normativas y los incentivos económicos influyen inmensamente en los hábitos de los consumidores. De establecerse una tarifa diferencial en las diferentes épocas del año, podría actuarse sobre el efecto que la recarga de los VE tendrían sobre el sistema eléctrico, contribuyendo a mejorar la eficiencia del mismo. Para que el usuario pueda llevar a cabo lo planteado, es necesario que los VE cuenten con cargadores programables y que la empresa distribuidora informe de forma efectiva los horarios en que la recarga de vehículos eléctricos es beneficiosa tanto para el usuario como para el sistema.

9 ANÁLISIS FODA

La implementación del vehículo eléctrico en la ciudad de Córdoba conlleva una gran cantidad de variables que van desde la economía hasta la factibilidad técnica y las preferencias de los posibles usuarios. Debido a esta complejidad utilizaremos el análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), la cual es una herramienta que permite analizar la situación actual de forma estructurada y contribuir a una mejor toma de decisiones. Este análisis se basa en utilizar dos puntos de vista uno interno y uno externo. El análisis interno se corresponde con las fortalezas y debilidades, mientras que el externo de las oportunidades y las amenazas («Análisis FODA», s. f.).

9.1 Análisis interno

El análisis interno es un listado y selección de fortalezas y debilidades que generen ventajas o desventajas en la implementación del VE en la ciudad de Córdoba, teniendo en cuenta aspectos organizativos, calidad, percepción de los usuarios, etc.

9.1.1 Fortalezas

Se trata de los puntos donde el VE tiene una ventaja intrínseca respecto a los VCI.

9.1.1.1 Mayor eficiencia energética

La eficiencia del VE es sumamente mayor que la de un VCI convencional, debido a que el sistema completo de propulsión es entre tres y cinco veces más eficiente. Esto puede determinarse fácilmente comparando las diferentes motorizaciones de la Renault Kangoo: nafta, gas oil y eléctrica con sus respectivos rendimientos. Dado que un litro de nafta contiene una energía equivalente de 9,7 kWh y el litro de gas oil contiene 10,3 kWh, podemos comparar los rendimientos en ciclo combinado urbano-ruta:

- Naftera: $0,045 \text{ [l/km]} * 9,7 \text{ [kWh/l]} = 0,4365 \text{ [kWh/km]}$
- Diesel: $0,074 \text{ [l/km]} * 10,3 \text{ [kWh/l]} = 0,740 \text{ [kWh/km]}$
- Eléctrica: $0,155 \text{ kWh/km}$

9.1.1.2 Menores emisiones de CO₂

La emisión del caño de escape de un VE es cero, por lo que para determinar exactamente la huella de carbono de los VE debería analizarse cada etapa del ciclo de vida del vehículo,

desde la extracción de materia prima hasta la disposición final. Aun así, las emisiones de CO₂ en comparación con los VCI son mucho menores y a medida que las energías renovables vayan ganando terreno en la generación de energía eléctrica la brecha cada vez será mayor.

9.1.1.3 Menor contaminación acústica

A diferencia con los VCI que se basan en explosiones controladas del combustible para generar movimiento, los VE utilizan la energía electroquímica almacenada en sus baterías y las entrega al motor eléctrico, siendo éste el encargado de impulsar el vehículo. Este cambio de tecnología hace que las emisiones de ondas sonoras se vean reducidas enormemente, al punto que en la Unión Europea se exige que incluyan un Sistema de Alerta Acústica de Vehículo (AVAS) que anuncie el paso del automóvil para evitar accidentes con peatones desprevenidos o con visión limitada.

9.1.1.4 Practicidad de recarga hogareña

Poder recargar el vehículo en la comodidad del hogar es un elemento fundamental del VE y una ventaja respecto a tener que concurrir a una estación de servicio, con lo cual se gana tiempo.

9.1.1.5 Autonomía suficiente para uso urbano

De acuerdo con diversos estudios, un vehículo particular no recorre grandes distancias en el día a día, (siempre hay excepciones claro) por lo que una autonomía de 200 km es más que suficiente para alcanzar el promedio anual de 60 km por día en las áreas urbanas.

9.1.1.6 Posibilidad de conducción autónoma

Los VE son el paso inicial de una transformación en la forma en que conocemos el transporte privado. Con los nuevos adelantos en software y en inteligencia artificial, estamos cada día más cerca de utilizar nuestro vehículo como taxi particular, sin necesidad de preocuparnos por manejar ya que en el corto o mediano plazo nuestro vehículo lo hará por nosotros.

9.1.1.7 Menores costos de mantenimiento

La menor cantidad de piezas móviles y la naturaleza de estado sólido de los elementos que componen al VE hace que los costos de circulación sean considerablemente menores que

los de un VCI, el cual precisa de cambios de aceites, correas, y bujías cada cierta cantidad de kilómetros. Además, al menos en la etapa inicial de la adopción del VE, suelen agregarse beneficios impositivos o de estacionamiento.

9.1.2 Debilidades

Aspectos del VE que limitan o reducen la capacidad de desarrollo efectivo de la implementación del VE.

9.1.2.1 Mayor costo de adquisición

El gran impedimento del VE es su precio de adquisición, siendo el pack de baterías el elemento más influyente. Las baterías de litio al día de la fecha siguen siendo muy costosas de fabricar, esto se debe a la limitada capacidad de manufactura y a que el VE está dando sus primeros pasos en la economía de escala. Los incentivos gubernamentales deben enfocarse en este punto si desean generar una rápida respuesta a la transición hacia la movilidad eléctrica.

9.1.2.2 Tiempo de carga muy elevado

La gran batalla que debe ganar el VE es el tiempo de recarga. Un VCI puede llenar su tanque en menos de 10 minutos y recorrer 600 km sin problemas, mientras que un VE necesita de hasta 10 hs de carga para recorrer un tercio de la distancia. Existen cargadores que dan una autonomía de 300 km en una hora, pero a detrimento de la vida útil de la batería.

9.1.2.3 Autonomía insuficiente para grandes distancias

Nuestro país y nuestra provincia tienen una extensión de territorio enorme, entre ciudades vecinas las distancias son mayores a 30 km, por lo que un VE todavía no es apto para viajes interurbanos (a excepción de ciudades colindantes o muy próximas <50 km) ya que el rendimiento del VE en ruta es mucho menor que en ciudad, al revés que el VCI, debido a que la resistencia al viento aumenta con el cuadrado de la velocidad de conducción y el frenado regenerativo no se utiliza demasiado.

9.1.2.4 Necesidad de infraestructura de recarga hogareña

Poseer un VE conlleva adaptar al menos un circuito del inmueble para poder recargar el vehículo, ya sea cambiando el tomacorrientes, la sección de los conductores o las protecciones necesarias.

9.1.2.5 Falta de diversidad de modelos

El mercado de los VE al año 2019 es pequeño y por lo tanto, conlleva a que las diferentes marcas sólo ofrezcan pocos modelos. A medida que la oferta de modelos crezca, la demanda por VE crecerá debido a que se podrán satisfacer mayor cantidad de necesidades y gustos de los usuarios.

9.2 Análisis externo

Este análisis engloba un análisis de la situación externa, tanto en el micro como en el macro-entorno, en búsqueda de las oportunidades y las amenazas que enfrenta la implementación del VE.

9.2.1 Oportunidades

Puntos en los que el entorno favorece a la adopción de los VE.

9.2.1.1 Mejora la curva de demanda

Si la recarga de los VE es impulsada por medio de tarifas especiales en los horarios valle de consumo, puede hacer que el sistema eléctrico sea más eficiente aplanando la curva de demanda. Este tipo de medidas tienen buenos resultados en países donde la movilidad eléctrica se encuentra en auge. En nuestra provincia mediante la resolución general N° 44 del 2019 del ERSeP, se impulsa este comportamiento de recarga.

9.2.1.2 Conciencia medioambiental

El despertar de las nuevas generaciones en el cuidado del medioambiente y los objetivos internacionales y nacionales como el Acuerdo de Paris y en nuestra ciudad el Pacto de Alcaldes en referencia al cambio climático impactará en la adopción de formas menos contaminantes de transporte y el VE asoma como una excelente oportunidad.

9.2.1.3 Buen complemento de la generación distribuida

La generación distribuida es una realidad y un gran incentivo para cambiar el VCI por un VE, ya que la recarga del vehículo puede realizarse (al menos en parte) mediante la autogeneración, bajando el impacto ambiental y cuidando la economía del usuario.

9.2.1.4 Impulso de nuevas industrias

Así como los VCI impulsaron industrias paralelas y accesorias como lo son los talleres de forjado para cigüeñales, los fabricantes de bujías o de baterías de plomo ácido, la adopción del VE traerá consigo una adaptación de las empresas existentes para dar apoyo a esta nueva tecnología, impulsará la industria de las baterías de alta capacidad, los motores eléctricos de alto rendimiento y la industria del software de transporte entre otras.

9.2.1.5 Posibilidad de adquirir beneficios económicos y no económicos

Las primeras etapas del VE deben ser impulsadas por políticas que generen una ventaja económica y ofrezcan beneficios exclusivos destinados a promover al VE como la mejor alternativa frente a los VCI. Entre los beneficios económicos puede nombrarse la excepción del pago de patentamiento o de estacionamiento en la vía pública, mientras que un beneficio no económico puede tratarse por ejemplo de la posibilidad de ingresar a zonas restringidas para taxis y transporte público.

9.2.1.6 Reservas de litio y otros recursos esenciales

Nuestro país es muy rico en reservas naturales y es uno de los tres países que integran el triángulo del litio junto con Chile y Bolivia. Esto nos sitúa en una posición de privilegio y nos da una ventaja competitiva respecto a otros países en lo que respecta a VE.

9.2.1.7 Mejora en la imagen de la empresa por adoptar flota cero emisiones

Las empresas no sólo se benefician cuando ofrecen un buen producto o servicio, sino también cuando su imagen ante la sociedad es positiva, por lo que la adopción por parte de las empresas de VE puede dar un mensaje claro de los principios medioambientales de la misma.

9.2.1.8 Menor dependencia de los combustibles fósiles para transportarse

La quema de combustibles fósiles es nuestra manera de movilizarnos desde hace más de 100 años, perjudicando al medioambiente en el proceso, pero una transición hacia la movilidad eléctrica generaría el cambio de paradigma necesario para independizarnos de los combustibles fósiles en el transporte.

9.2.2 Amenazas

Se trata de todos los factores externos que entorpecen la adopción del VE como medio de transporte.

9.2.2.1 Resistencia al cambio por desinformación

La voluntad de parte de los usuarios para adoptar el VE como medio de transporte se ve influenciada enormemente por la falta de información sobre los beneficios que puede ofrecer. Este punto puede revertirse con una campaña de publicidad que resalte las bondades del VE y analice si una autonomía menor a la del VCI es realmente para preocuparse o sólo una ilusión.

9.2.2.2 Falta de estandarización de acopladores y protocolos de comunicación

A pesar de los avances hechos hasta el momento siguen coexistiendo distintos estándares de acopladores en las diferentes regiones del planeta, esto dificulta que los distintos fabricantes compitan en los diferentes mercados y le crean al usuario un inconveniente adicional. La estandarización de los acopladores y protocolos de comunicación contribuiría enormemente a la adopción del VE.

9.2.2.3 Falta de inversión en infraestructura de recarga

La idea de poder recargar el vehículo en la vía pública, en estacionamientos privados o estaciones de servicio es importante para darle seguridad al posible usuario. La infraestructura necesaria para esto puede lograrse de la mano de la EPEC, si la misma instala cargadores públicos y refuerza el sistema eléctrico en áreas clave donde la adopción de los VE puede ser mayor.

9.2.2.4 Reciclado y recuperación de elementos componentes de baterías

Hasta el momento sólo hay pocos lugares a nivel global que se especialicen en el reciclado y recuperación de las baterías. Esto es un punto clave en el pensamiento de una economía circular y al cuidado del medioambiente. Si nuestro país, o nuestra provincia invierte en el desarrollo de esta industria podría ubicarse en una posición de categoría completando el ciclo de vida de las baterías.

9.2.2.5 Falta de legislaciones para nuevos agentes de mercado eléctrico

La imposibilidad de nuevos agentes que puedan ofrecer energía para la recarga de VE establece una traba en la expansión de nuevos puntos de recarga, ya sea en la vía pública o en espacios privados.

9.2.2.6 Vaivenes económicos del país

El mayor impedimento de una adopción rápida del VE es, sin lugar a dudas, la situación del país y sus vaivenes económicos. El poder adquisitivo de la población hace que pensar en eficiencia energética y medioambiente no sea algo prioritario. Esto se pone de manifiesto en países como los nórdicos, donde la adopción del VE es la mayor a nivel mundial.

10 CONCLUSIONES

El movimiento hacia la movilidad eléctrica conlleva cambios significativos en la concepción del vehículo como lo conocemos, desde el método de recarga a su forma de conducción, pero los beneficios con respecto a los vehículos de combustión interna son sumamente importantes, desde la eficiencia energética a la menor emisión de CO₂.

Las emisiones de CO₂ por parte del transporte representan el 32 % de las emisiones totales de la ciudad de Córdoba (Pacto de alcaldes), y se corresponde también con el 15,5 % a nivel nacional (2do BUR inventario nacional GEI Argentina), por lo que de acuerdo con lo expuesto en este trabajo, la reducción de emisiones que lograríamos con la adopción del VE gracias a su mayor rendimiento contribuiría enormemente a lograr los objetivos suscriptos por la ciudad, la provincia y el país. La incorporación de las energías renovables en el sistema eléctrico incluso mejoraría el índice de emisión del VE gracias al origen sustentable de la energía consumida.

Los métodos de recarga poseen el potencial de hacer más eficiente la curva de demanda al aumentar el nivel de consumo en el horario valle. Este escenario será realidad si se incentiva al usuario a recargar el vehículo a cierto horario mediante la tarifa de electricidad y una buena comunicación entre el distribuidor de energía y el usuario, para poder adaptar la demanda de acuerdo a los requerimientos del sistema en las diferentes épocas del año y sus características de carga.

En la opinión de los autores, una manera de impulsar la compra de los VE consiste en ofrecerles a los posibles usuarios ventajas económicas y no económicas de fácil aplicación a nivel municipal, dentro de las cuales se ubican: el estacionamiento gratuito en espacios públicos, el uso de carriles selectivos como el “Sólo Bus” o mediante restricciones al ingreso de VCI en determinadas zonas de la ciudad.

También es necesario crear una legislación provincial que fomente la creación de infraestructura de recarga por medio de iniciativas públicas y privadas. Como un actor importante del mercado se podría pensar que la EPEC es el ente idóneo para impulsar este tipo de medidas.

El precio de compra es el ítem con mayor incidencia en el costo del VE, lo cual lo convierte en una alternativa interesante para vehículos que recorran grandes distancias por año

debido a su bajo mantenimiento y costo de recarga. El uso actualmente se limita a las zonas urbanas debido al rango limitado de autonomía y la baja velocidad de recarga, por lo que servicios de transporte como las flotas de taxis o vehículos de distribución de correo podrían beneficiarse. Para acercarlo a una mayor cantidad de consumidores se puede disminuir su precio de adquisición mediante la reducción de impuestos. Por ejemplo, el impuesto a las importaciones, a los vehículos de lujo, o reducción del IVA.

En nuestro país la principal barrera es la económica ya que para lograr una transición de manera eficaz y duradera es necesario informar a la población, adaptar y generar normas, impulsar la demanda mediante incentivos económicos y proyectar y adaptar la red eléctrica para este nuevo sistema de transporte, y estas medidas requieren de una inversión considerable, siendo los altibajos de nuestra situación económica un obstáculo importante.

Bajo el punto de vista de los autores de este Proyecto Integrador, los vehículos eléctricos son el futuro del transporte privado y público de personas y mercadería, siendo indispensable tomar las medidas necesarias en el ámbito político, normativo y de infraestructura para lograr que su inserción en nuestra provincia no genere más conflictos sino soluciones, considerando los beneficios medioambientales respecto a los actuales vehículos de combustión interna y la mejora en la curva de demanda al aumentar la potencia consumida durante el horario valle.

11 BIBLIOGRAFÍA

- ABB. (s. f.). *Cuaderno de aplicaciones técnicas n° 3*. 53.
- Advanced Battery Technology › RECHARGE Batteries. (s. f.). Recuperado 3 de julio de 2019, de <https://www.rechargebatteries.org/about-batteries/technologies/>
- Analisis FODA. (s. f.). Recuperado 17 de julio de 2019, de <https://foda-dafo.com/>
- Asociación Electrotécnica Argentina. (s. f.). 90364-7-722 Vehículos eléctricos Edición 2018. Recuperado 22 de julio de 2019, de <https://aea.org.ar/producto/aea-90364-7-772-vehiculos-electricos-edicion-2018/>
- BAIC Argentina | Bienvenidos a nuestro sitio oficial. (s. f.). Recuperado 23 de julio de 2019, de <https://baic.com.ar/>
- Batteries. (s. f.). Recuperado 3 de julio de 2019, de Energy.gov website: <https://www.energy.gov/public-services/vehicles/batteries>
- Battery Comparison of Energy Density Cylindrical and Prismatic Cells. (s. f.). Recuperado 3 de julio de 2019, de <https://www.epectec.com/batteries/cell-comparison.html>
- Battery Information Table of Contents, Basic to Advanced. (s. f.). Recuperado 3 de julio de 2019, de <https://batteryuniversity.com/learn/>
- BOE-A-2014-13681.pdf*. (s. f.). Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2014/12/31/pdfs/BOE-A-2014-13681.pdf>
- Boletín Oficial República Argentina Nomenclatura Común del Mercosur- Decreto 230/2019. (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2019, de <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/204339>
- Budde-Meiwes, H., Drillkens, J., Lunz, B., Muennix, J., Rothgang, S., Kowal, J., & Sauer, D. U. (2013). A review of current automotive battery technology and future prospects. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 227(5), 761-776. <https://doi.org/10.1177/0954407013485567>
- Calidad de Aire: El Municipio y la Universidad Tecnológica Nacional firmaron convenio. (2018, junio 22). Recuperado 20 de junio de 2019, de Municipalidad de Córdoba website: <https://www.cordoba.gob.ar/2018/06/22/calidad-de-aire-el-municipio-y-la-universidad-tecnologica-nacional-firmaron-convenio/>
- Celiz, D. H., Etchecopar, M. F., Piumetto, M., Bragagnolo, S. N., Vaschetti, J. C., & Gomez Targarona, J. C. (2018). *ESTUDIO Y ANÁLISIS PARA DEFINIR POLÍTICAS QUE MODIFIQUEN LAS CONDUCTAS DE CONSUMO EN USUARIOS DOMICILIARIOS MONOFÁSICOS*. 15.

- Chademo Association – EV Fast Charging Organisation. (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2019, de <https://www.chademo.com/>
- CIRCUTOR. (s. f.). Tecnología para la eficiencia energética. Recuperado 22 de julio de 2019, de <http://circuitor.es/es>
- Conectores para la recarga del vehículo eléctrico. (s. f.). Recuperado 22 de julio de 2019, de Electromovilidad website: <http://electromovilidad.net/conectores-para-la-recarga-del-vehiculo-electrico/>
- Córdoba, M. de. (s. f.). Parque automotor. Recuperado 1 de julio de 2019, de #PortalDeLaCiudad website: <https://gobiernoabierto.cordoba.gob.ar/data/datos-abiertos/categoria/transporte/parque-automotor/183>
- Datos Energía Cálculo del Factor de Emisión de CO₂ de la Red Argentina de Energía Eléctrica. (s. f.). Recuperado 1 de julio de 2019, de <http://datos.minem.gob.ar/>
- Decreto 132/19 "Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública". (2019, febrero 15). Recuperado 20 de junio de 2019, de Argentina Ambiental website: <http://argentinambiental.com/legislacion/cordoba/decreto-13219-regimen-fomento-la-generacion-distribuida-energia-renovable-integrada-la-red-electrica-publica/>
- ERSeP Ente Regulador de Servicios Públicos de Córdoba. (s. f.). Recuperado 17 de julio de 2019, de http://ersep.cba.gov.ar/ersep_resoluciones_2019.htm
- Gerssen-Gondelach, S. J., & Faaij, A. P. C. (2012). Performance of batteries for electric vehicles on short and longer term. *Journal of Power Sources*, 212, 111-129. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.03.085>
- Global EV Outlook 2017*. (2017). 71.
- Global EV Outlook 2018*. (2018a). 139.
- Global EV Outlook 2018*. (2018b). 139.
- Historia del vehículo eléctrico. (s. f.). Recuperado 3 de julio de 2019, de Electromovilidad website: <http://electromovilidad.net/historia-del-vehiculo-electrico/>
- IEC 62196-2:2016 | IEC Webstore. (s. f.). Recuperado 22 de julio de 2019, de <https://webstore.iec.ch/publication/24204>
- Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2019, de <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/>
- Junio | 2019 | Boletín Oficial de la Provincia de Córdoba. (s. f.). Recuperado 22 de junio de 2019, de <https://boletinoficial.cba.gov.ar/2019/06/>

- La contribución Argentina al Acuerdo de París. (2018, abril 13). Recuperado 20 de junio de 2019, de Argentina.gob.ar website: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/sustentabilidad/cambioclimatico/contribuciones>
- La Fijación de CO₂ en Plantaciones Forestales y en Productos de Madera en Argentina. (s. f.). Recuperado 15 de julio de 2019, de <http://www.fao.org/3/XII/0043-B2.htm>
- Ley 27191 InfoLEG - Ministerio de Economía y Finanzas Públicas Argentina. (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2019, de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000-254999/253626/norma.htm>
- Litio: Informe conjunto del Servicio Geológico de EE.UU. y el SEGEMAR - Ministerio de Energía y Minería. (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2019, de <https://www.minem.gob.ar/mineria/prensa/26810/litio-informe-conjunto-del-servicio-geologico-de-ee-uu-y-el-segemar>
- Maxwell Technologies cell product lines Standard Series, XP™ Series, DuraBlue, Pseudocapacitors. (s. f.). Recuperado 23 de julio de 2019, de <https://www.maxwell.com/products/ultracapacitors/cells>
- Mennekes Spain. (s. f.). Recuperado 22 de julio de 2019, de Mennekes Spain website: <https://www.mennekes.es/>
- Mestre busca fomentar la producción y el uso de vehículos eléctricos en la ciudad Municipalidad de Córdoba. (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2019, de <https://www.cordoba.gob.ar/2018/11/23/mestre-busca-fomentar-la-produccion-y-el-uso-de-vehiculos-electricos-en-la-ciudad/>
- Ministerio de Energía y Minería. (2017). *Plan de acción nacional de energía y cambio climático. Versión 1.* Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/sustentabilidad/planes-sectoriales/energia>
- Model S | Tesla. (s. f.). Recuperado 23 de julio de 2019, de <https://www.tesla.com/models>
- Municipalidad de Córdoba. (2017). *PRIMER INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEIS) DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA, ARGENTINA.* Recuperado de https://gobiernoabierto.cordoba.gob.ar/media/datos/Primer_Inventario_de_Gases_de_Efecto_Invernadero_de_la_Ciudad_de_Cordoba.pdf
- Municipalidad de Córdoba VE. (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2019, de <https://www.cordoba.gob.ar/2019/02/11/mestre-presento-coches-electricos-para-asistencia-y-supervision-del-sistema-de-recoleccion-de-residuos/>
- Nissan Argentina. (s. f.). Recuperado 23 de julio de 2019, de <https://www.nissan.com.ar/>

- Pacto de Alcaldes Córdoba. (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2019, de Pacto de alcaldes website: <http://pactodealcaldes-la.eu/firmantes/cordoba/>
- PHOENIX CONTACT GmbH & Co, KG. (s. f.). Charging technology for electromobility 2019 / 2020. Recuperado 22 de julio de 2019, de https://www.phoenixcontact.com/assets/2018/interactive_ed/101_142148/index.html#6
- Plataforma de Electromovilidad. (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2019, de <http://energia.gob.cl/electromovilidad>
- Product | Automotive Battery | LG Chem. (s. f.). Recuperado 3 de julio de 2019, de <https://www.lgchem.com/global/vehicle-battery/car-batteries/product-detail-PDEB0001>
- Rechargeable Batteries | Panasonic Industrial Devices. (s. f.). Recuperado 3 de julio de 2019, de <https://na.industrial.panasonic.com/products/batteries/rechargeable-batteries>
- Redjinn, I. W. (s. f.). Guía del Vehículo Eléctrico II (2015) "Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid -FENERCOM. Recuperado 20 de junio de 2019, de <https://www.fenercom.com/pages/publicaciones/publicacion.php?id=217>
- Renault Argentina. (s. f.). Recuperado 17 de julio de 2019, de <https://www.renault.com.ar/>
- Resolución 85 / 2018 Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2019, de Argentina.gob.ar website: <https://www.argentina.gob.ar/>
- The History of the Electric Car. (s. f.). Recuperado 3 de julio de 2019, de Energy.gov website: <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>
- The Incorporation of Electric Cars in Latin America. (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2019, de <https://publications.iadb.org/en/publication/17165/incorporation-electric-cars-latin-america>
- VOLT motors | e1 Vehículo urbano 100% eléctrico. (s. f.). Recuperado 23 de julio de 2019, de <http://voltmotors.com.ar/e1.html>
- Young, K., Wang, C., Wang, L. Y., & Strunz, K. (2013). Electric Vehicle Battery Technologies. En R. Garcia-Valle & J. A. Peças Lopes (Eds.), *Electric Vehicle Integration into Modern Power Networks* (pp. 15-56). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0134-6_2
- Zundel, Z. W.-M. (s. f.). EASE Storage. Recuperado 3 de julio de 2019, de <http://ease-storage.eu/energy-storage/technologies/>

