ElectroTransporte

CONFERENCIA Y EXPOSICIÓN DE MOVILIDAD ELÉCTRICA

29 Y 30 DE OCTUBRE

CENTRO DE CONVENCIONES DE LIMA

UN EVENTO DE

MEDIO OFICIAL

APOYO

"LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y LAS POLÍTICAS DE PROMOCIÓN"

Ellioth M. Tarazona Alvarez

Ing. Mecánico & Abogado

Gerente de Planeamiento y Desarrollo

Asociación Automotriz del Perú-AAP

etarazona@aap.org.pe

29 de octubre de 2018

ASOCIACIÓN AUTOMOTRIZ DEL PERÚ

FUNDADA EN 1926

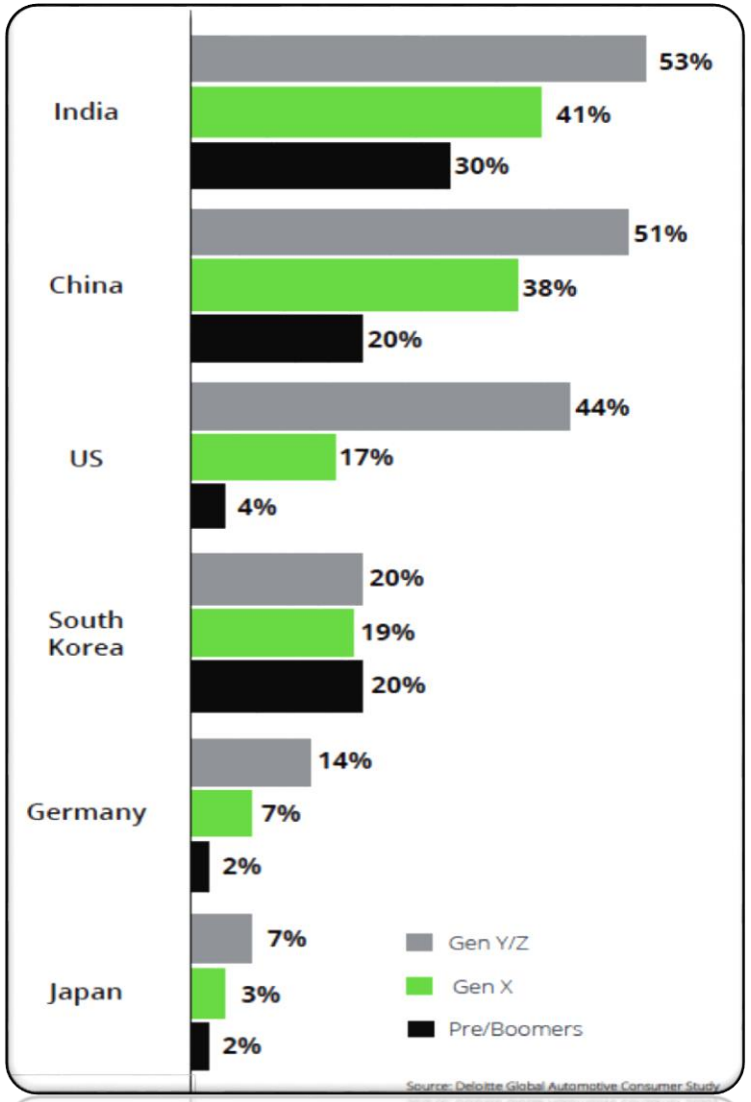
I. TRES GRANDES CAMBIOS EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

1. No Accidentes → Vehículos Autónomos:

- ***Vehículos autónomos en otras industrias*** → *Trenes, aviones, maquinaria agrícola y minera.*
- ***Google Car (Waymo)*** → *Conducción autónoma por ciudad y carreteras detectando a otros vehículos, señales de tráfico, peatones, etc. (Fiat, Chrysler y Honda).*
- ***Tesla, Otto-Uber, IBM & Local Motors*** → ***"Self Driving Vehicles"*** *Conducción autónoma de vehículos de carga. (Conductores están sujetos a muchas regulaciones: horas máx. de conducción, etc.).*
  Octubre 2016: Otto hizo su primera entrega para Budweiser.
- ***Desafíos*** → *Costo de los sensores, ciberseguridad y responsabilidad legal.*
- ***Camino a la autonomía****:*
  - ***Año 2016*** → ***Parcialmente automatizado:*** *Supervisión permanente del conductor.*
  - ***Año 2020*** → ***Altamente automatizado:*** *El conductor siempre debe estar en posición de retomar el control*
  - ***Año 2025*** → ***Completamente automatizado:*** *Sin supervisión del conductor (Piloto automático).*

2. No Propiedad → Las respuestas al problema de la movilidad serán la clave en el futuro:

- **Babyboomers** *(1946-1960)* → *Prioridad auto propio*
- **Generación X** *(1961-1979)* → *Auto propio y movilidad*
- **Generación Y** *(1980-1999)* y **Generación Z** *(partir 2000)* → *Prioridad movilidad*
- *Nuevas tendencias:*
  - ***Car-sharing:*** *Usuarios alquilan un automóvil por periodos de tiempo limitados y sólo cuando lo necesitan, se pagan las horas utilizadas y el kilometraje recorrido*
  - ***Car-pooling:*** *Compartir un automóvil particular con otras personas tanto para viajes periódicos como para trayectos puntuales.*
- *Menos autos en las vías → Se reduce la congestión de tránsito, la contaminación ambiental y la accidentalidad vial.*



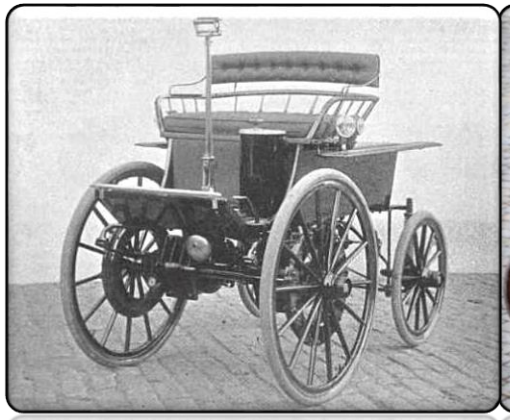
Usuarios de car-sharing y car-pooling por generación

Source: Global Automotive Consumer Study - Deloitte

3. No Emisiones → Vehículos eléctricos:

- ***Vehículo eléctrico no es una nuevo → Tecnologías de motores a inicio del siglo 20:***
  - *40% → Vapor ;* ***38% → Electricidad****; 20% → MCI (Gasolina)*
  - *Tilbury (Charles Jeantaud) → 1881, primer auto eléctrico*
  - *Electrobat (Morris y Salomón) → 1894, 32 km/h y autonomía de 40 km*
  - *Flocken Electrowagen (Andreas Flocken) →1888, motor 0,7 kW, velocidad de 15 km/h*
  - *London Electric Cab (Walter Bersey) → 1897, taxi con autos eléctricos*
  - *C.2 Phaeton (Ferdinand Porsche) →1898; Primer Porsche fue un auto eléctrico*
  - *La Jamais Contente (Camille Jenatzy) → 1899, record mundial de velocidad >100 km/h*
- *Sin embargo → Ganaron los MCI por la amplia disponibilidad del petróleo barato, producción en serie (Ford) y uso del asfalto.*

Tilbury

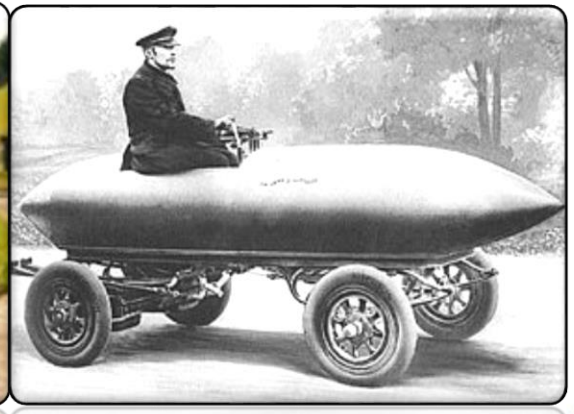


Electrobat

Flocken Electrowagen

London Electric Cab

Porsche



La Jamais Contente

II. TIPOS DE VEHICULOS ELECTRICOS:

1. BEV (Battery Electric Vehicle):

- **Fuente de propulsión** → *Motor eléctrico alimentado por la energía almacenada en un paquete de baterías de iones de litio (Li-Ion) debido a su rendimiento superior en densidad de energía, vida útil, ciclos de carga y fiabilidad.*
- **Baterías** → *Recarga por conexión a la red eléctrica externa y al sistema de frenos regenerativos (recuperación de energía cinética en el frenado)*

2. PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) → Híbridos enchufables

- **Fuente principal de propulsión** → *Motor eléctrico alimentado por la energía almacenada en un paquete de baterías de alta densidad (Li-Ion) de alta potencia y energía, menos perdidas de carga y largos ciclos de vida.*
- **Baterías** → *Recarga por conexión a la red eléctrica externa y al sistema de frenos regenerativos.*
- **MCI** → *Para extender el rango del vehículo o para disponer de las máximas prestaciones posibles.*

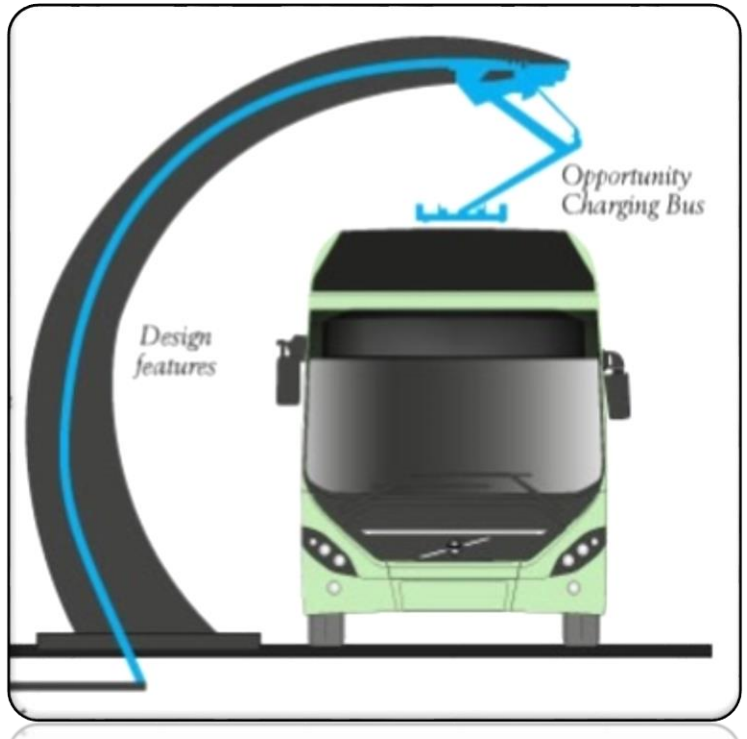
3. HEV (Hybrid Electric Vehicle) → Híbridos convencionales o Híbridos no enchufables.

- **Fuente principal de propulsión** → *MCI*
- **Motor eléctrico** → *Usado en situaciones de bajo consumo y velocidad, cambiando al MCI cuando necesitan más potencia y teniendo la oportunidad de utilizar ambas fuentes de propulsión si el vehículo lo requiere*
- **Baterías** → *Recarga gracias al MCI y al sistema de frenos regenerativos.*

… TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS:

4. e-Buses (Buses eléctricos): Buses eléctricos autónomos con baterías (no con catenarias)

- *Buses con un gran pack de baterías, típicamente de litio-ferrofosfato (LFP) que les permite operar un día completo con una sola carga, efectuada durante toda una noche a través de sistemas de carga estacionaria.*
- *Buses equipados con un pack de baterías de menor tamaño, pero con baterías de litio y titanio (LPO) capaces de descargarse en un corto lapso de tiempo, por lo que se recargan varias veces durante el día con un **"system opportunity charging"** o bien, un sistema de carga de oportunidad o en ruta, que consiste también en un sistema de carga estacionaria.*



5. Motos eléctricas (e-Bike)

- ***Fuente de propulsión*** → *Motor eléctrico alimentado por la energía almacenada en un paquete de baterías de alta densidad (Li-Ion).*
- ***Baterías*** → *Recarga por conexión a la red eléctrica externa y al sistema de frenos regenerativos.*

Otros tipos de Vehículos Eléctricos:

- ***FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle) - Auto eléctrico de pila de combustible →*** *Usan hidrógeno que al oxidarse pierde electrones generando corriente eléctrica que circula a través de pilas de combustible que mueven motores eléctricos.*
- ***MHEV (Mild Hybrid Electric Vehicle) - Auto eléctrico semihíbrido →*** *Usan un MCI como motor principal y un motor eléctrico como auxiliar (híbridos parciales o hibridación leve).*
- ***EREV (Electric Vehicle with Extended Range):*** *Vehículo eléctrico que puede continuar viajando después de que la batería se agota.*
- ***FFV (Flexible Fuel Vehicle) →*** *Con un MCI (Otto o Diésel) que tiene la capacidad de utilizar dos combustibles alternativamente (gasolina / GNV).*

Legislación Española::

- ***Cero Emisiones:*** *Autos eléctricos puros, eléctricos de autonomía extendida e híbridos enchufables con autonomía eléctrica mínima de 40 km.*
- ***ECO:*** *Híbridos enchufables con autonomía eléctrica inferior a 40 kilómetros, híbridos no enchufables, GNV y GLP. Si cuentan con motor térmico, los de gasolina deben ser Euro4 como mínimo y los diésel Euro6*

En el Perú: Nuevo Arancel de Aduanas 2017 (DS 342-2016-EF):

- *Automóvil Hibrido Gasolina/Gas con carga externa*
- *Automóvil Hibrido Diésel con carga externa*
- *Automóvil Hibrido Gasolina/Gas sin carga externa*
- *Automóvil Hibrido Diésel sin carga externa*
- *Automóvil Eléctrico*

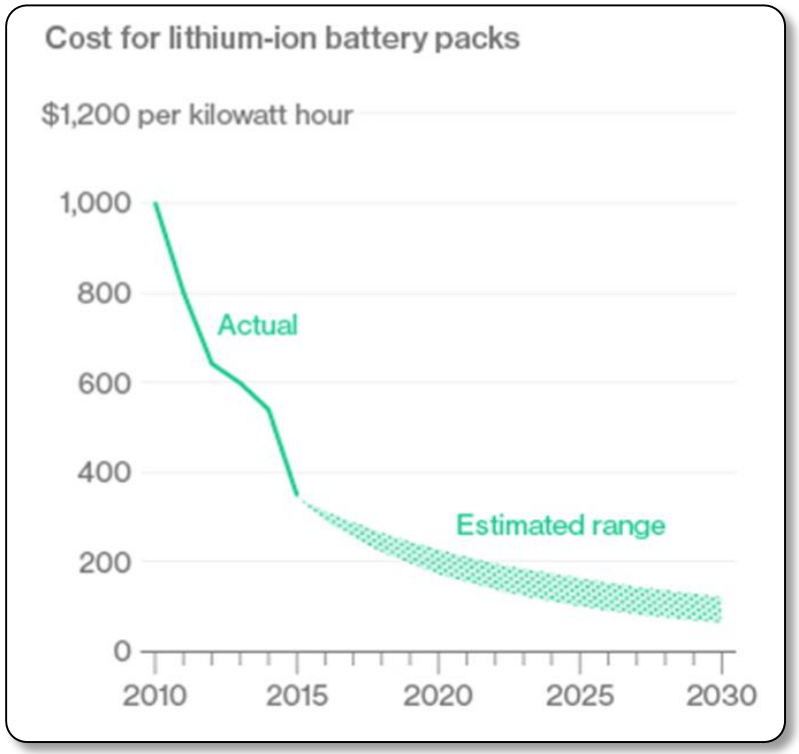
III. TIPOS DE ESTACIONES DE CARGA:

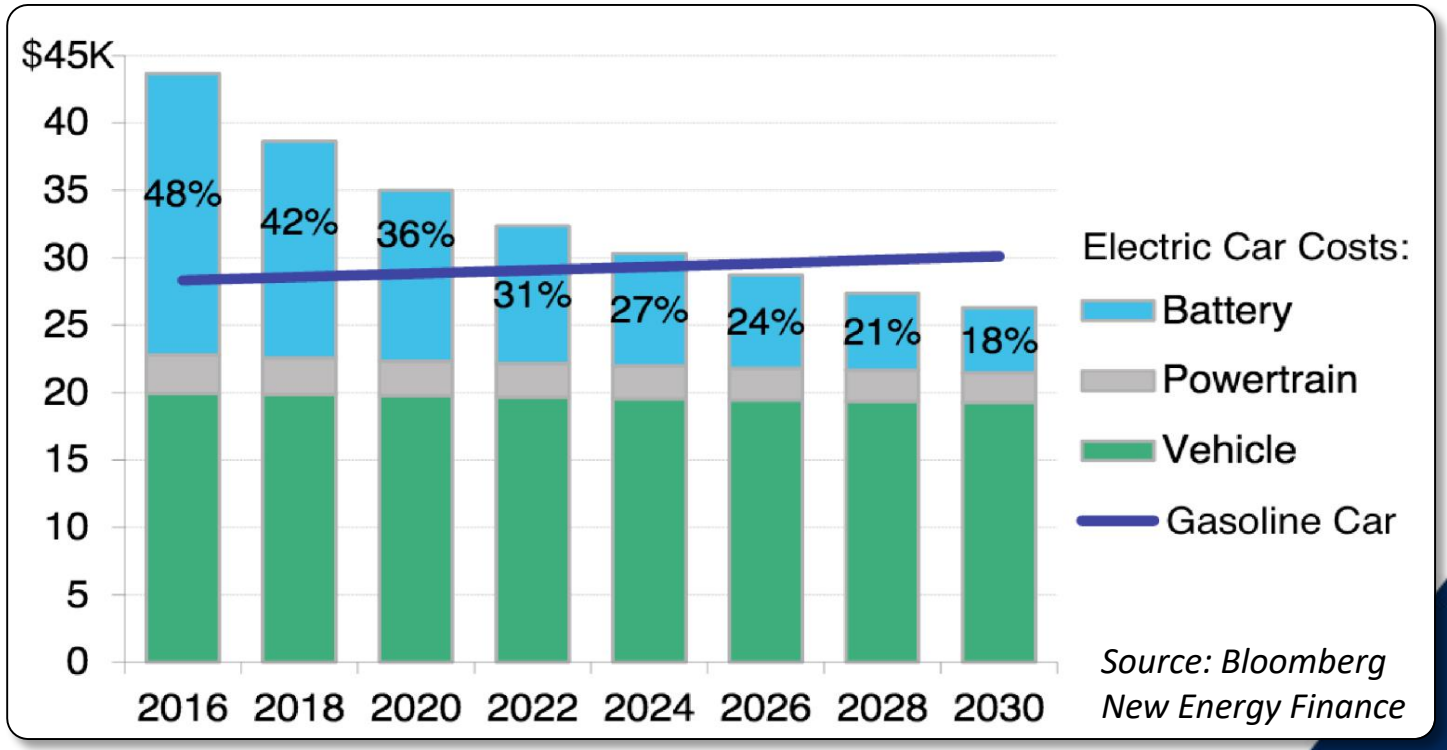
NIVEL DE CARGA	FUENTE DE ENERGÍA	PODER DE CARGA	RANGO POR HORA DE CARGA (KM)	TIEMPO DE CARGA (DE VACÍO A COMPLETO)	
				VEBs	VHEs
NIVEL 1	120VAC (Fase simple)	1.4kW @ 12 amp (on-board charger)	~ 4.5 – 6.5	~ 17 horas	~ 7 horas
NIVEL 2	240VAC (Fase simple; hasta 19.2kW)	3.3kW (on-board)	~ 13 – 16	~ 7 horas	~ 3 horas
		6.6kW (on-board)	~ 27 – 32	~ 3.5 horas	~ 1.4 horas
NIVEL 3	200-450 VDC (hasta 90kW)	45kW (off-board)	~ 80.5 – 96.5 (80% por carga de 0.5 horas)	~ 30 – 45 minutos (hasta 80%)	~ 10 minutos (hasta 80%)

Fuente: Alternative Fuels Data Center, AFDC 2016

IV. PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS:

- ***Bloomberg New Energy Finance, en la cumbre "el Futuro de la Energía" realizado el 29.11.2017 en Shanghái-China*** → *"Los precios de las baterías deben bajar a menos de la mitad para que los vehículos eléctricos sean competitivos con los autos propulsados por motores de combustión interna"*
- ***Año 2010:*** *Precio promedio de las baterías US$ 1,000 por kWh → 4,000 unidades vendidas*
- ***Año 2015:*** *Precio promedio de las baterías US$ 350 por kWh → 565,000 unidades vendidas*
- ***Año 2016:*** *Costo incremental de un EV sobre un MCI → US$ 10,000*
- ***Año 2022:*** *Precio estimado de las baterías US$ 150 por kWh → Inicio de la revolución del auto eléctrico*
- ***Año 2026:*** *Precio estimado de las baterías US$ 100 por kWh → Precio de un BEV será menor al de un MCI*



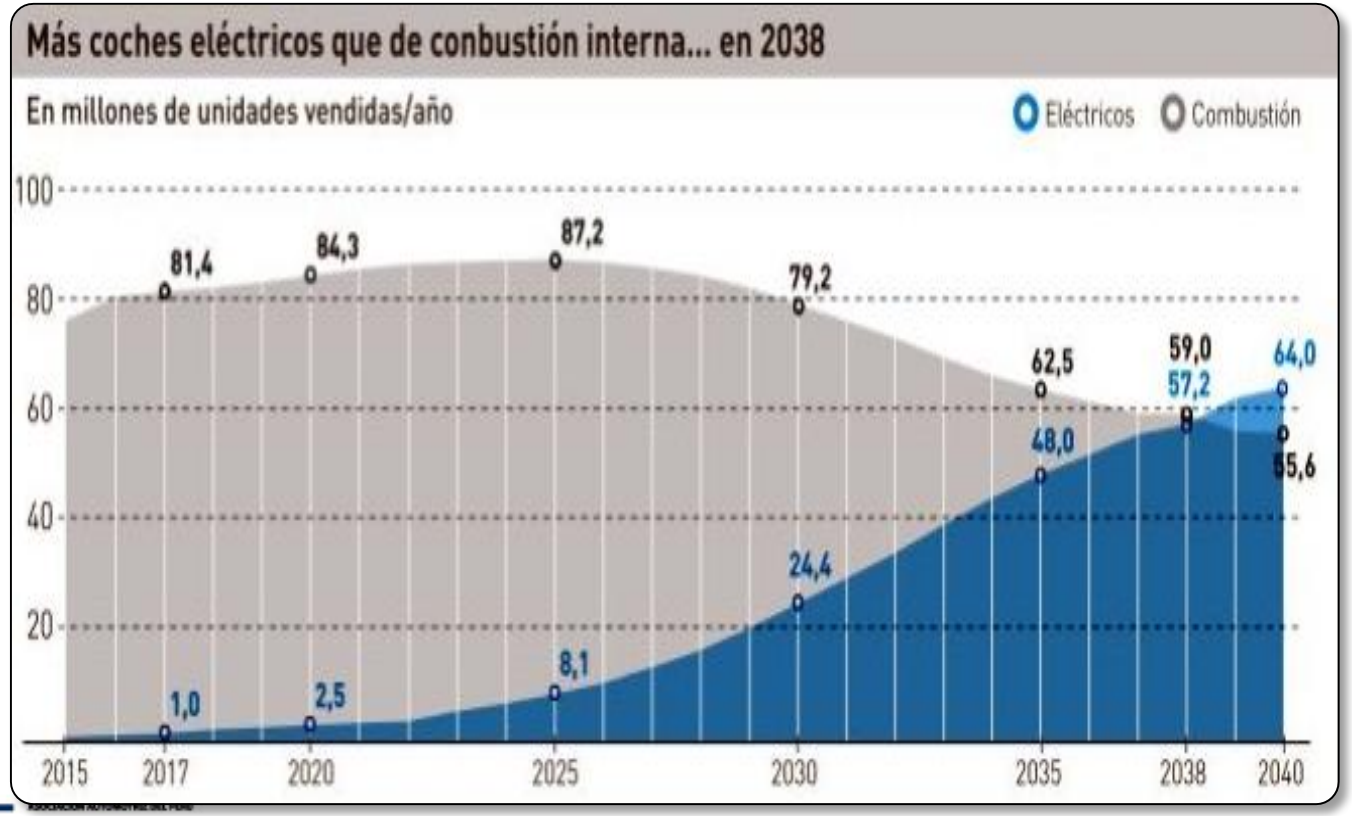


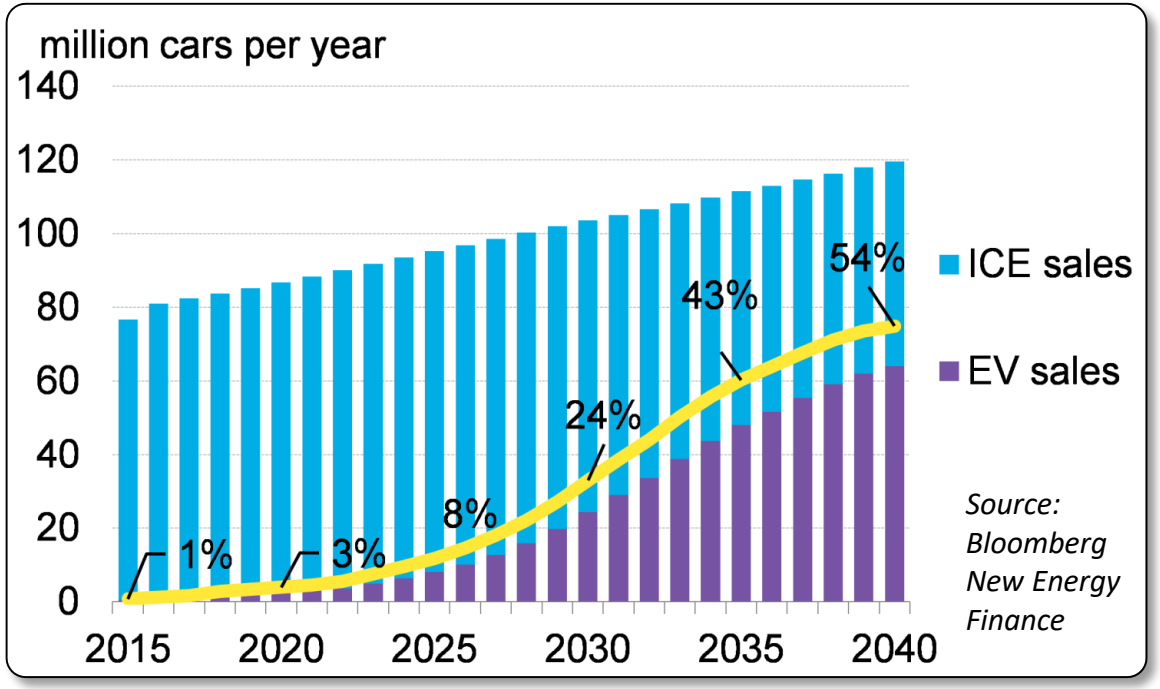
Source: Bloomberg New Energy Finance

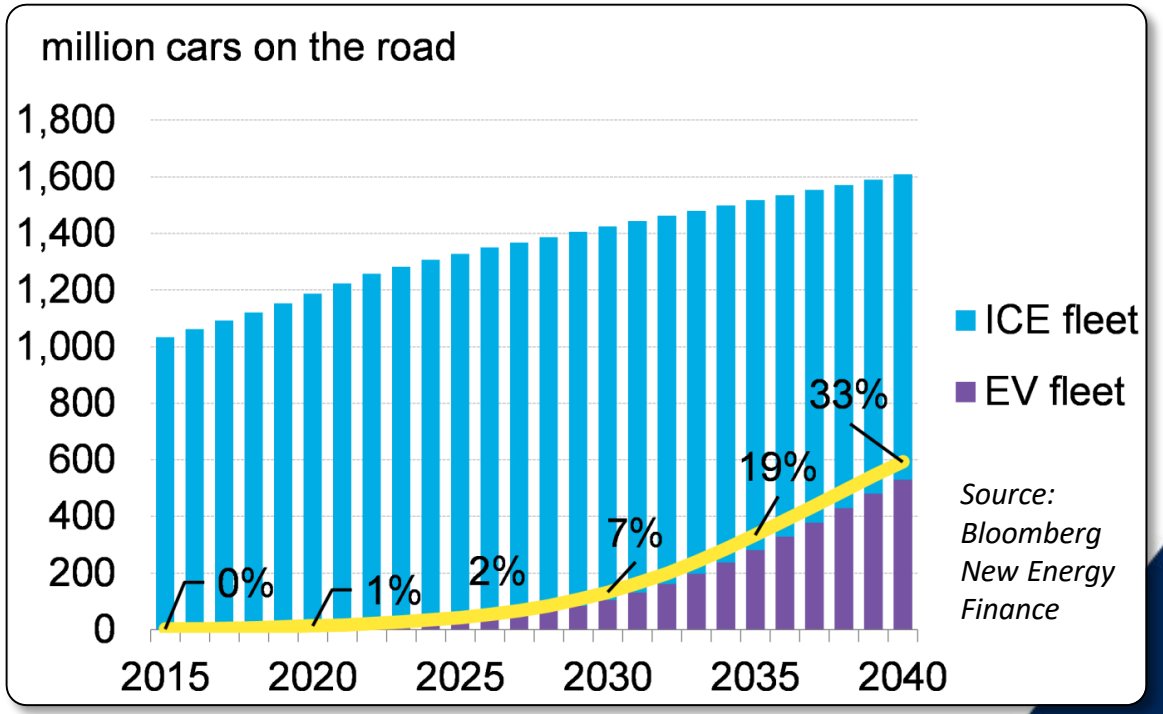
AAP
ASOCIACIÓN AUTOMOTRIZ DEL PERÚ

… Bloomberg New Energy Finance:

- ***Año 2038:*** *Ventas mundiales de* ***BEV*** *superara a* ***MCI.***
- ***Año 2040:***
  - *54% del total de ventas de automóviles nuevos serán* ***BEV*** *(64 millones de unidades) → 115 veces mas que el 2015 (565,000 vehículos eléctricos)*
  - *33% de los autos en circulación serán* ***BEV.***
  - ***BEV*** *costaran menos de $ 22,000.*





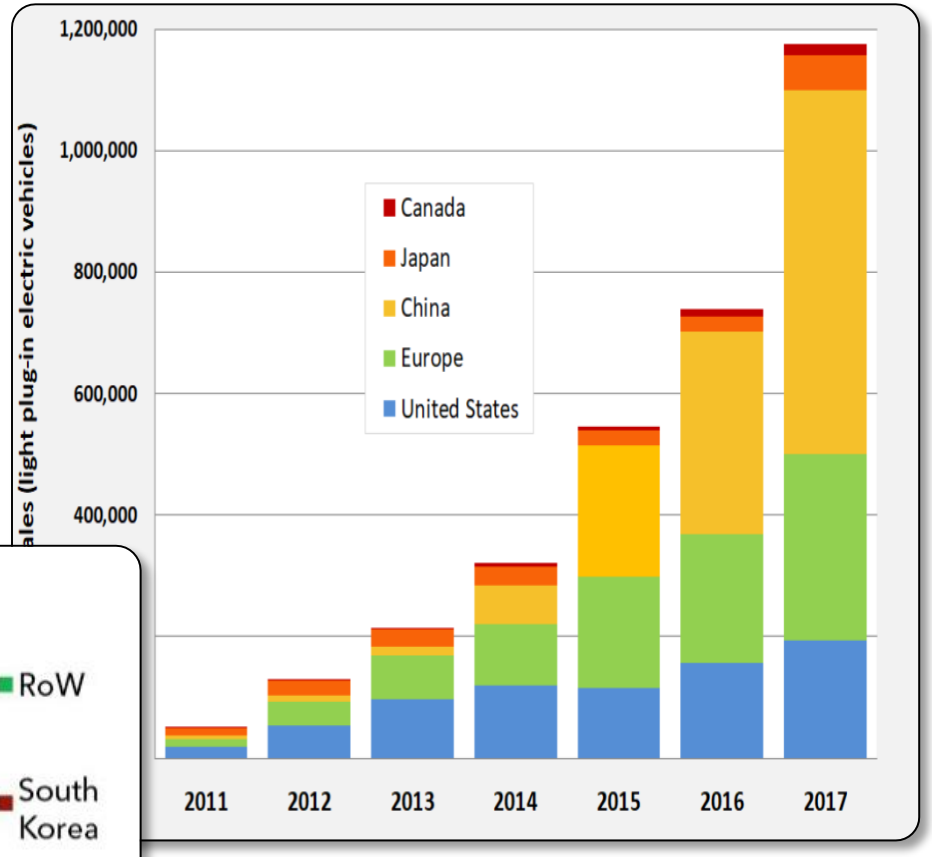


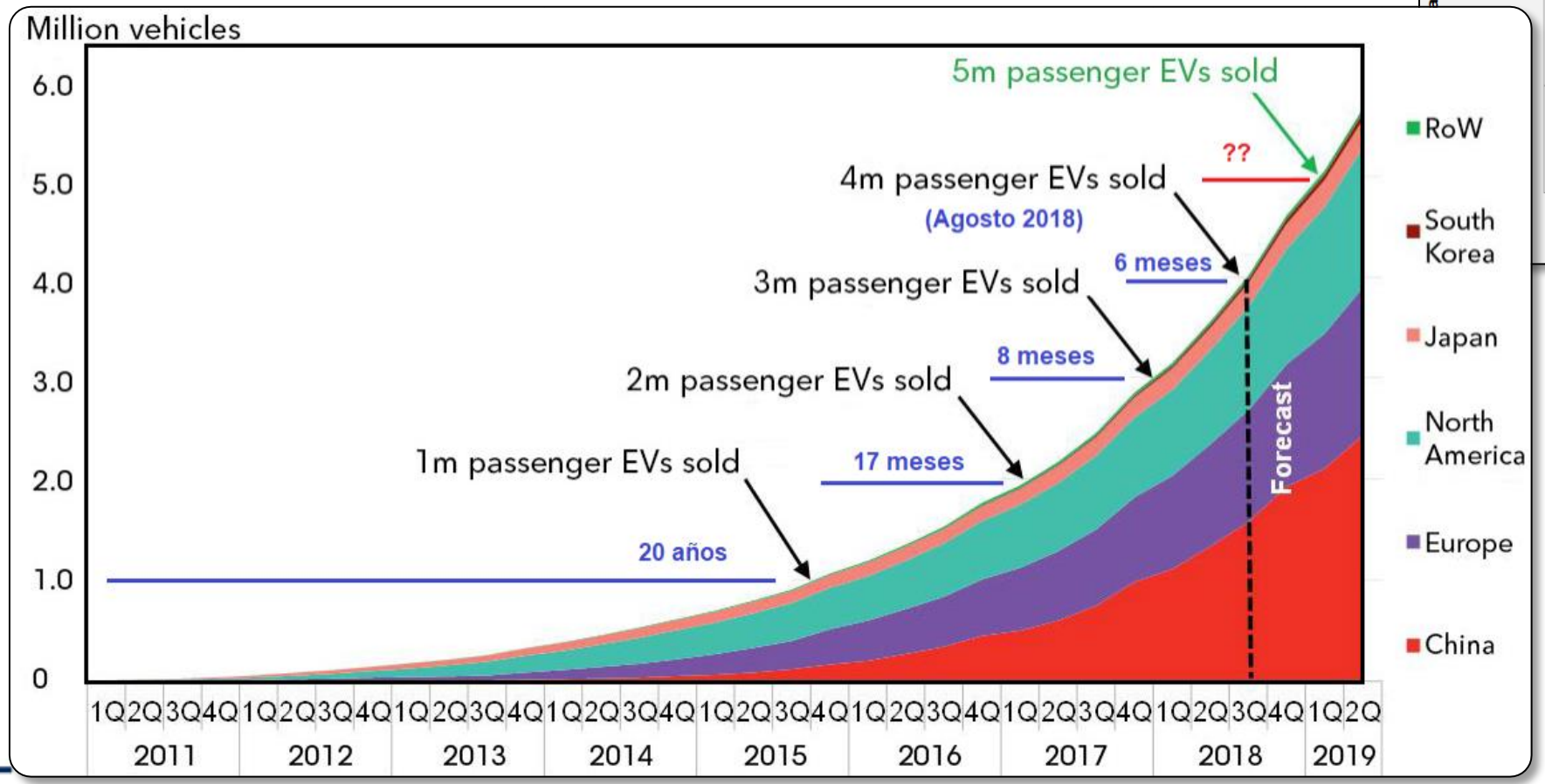
➢ Ventas mundiales de vehículos eléctricos (2007-2015):

- 2007-2010 → 11,768 unidades
- 2011 → 50,000 unidades
- 2012 → 125,000 unidades
- 2013 → 213,000 unidades
- 2014 → 315,000 unidades
- 2015 → 565,000 unidades

➢ Tasa promedio de crecimiento anual: 162%

➢ Stock Global AL 2015: 1,27 millones de EV

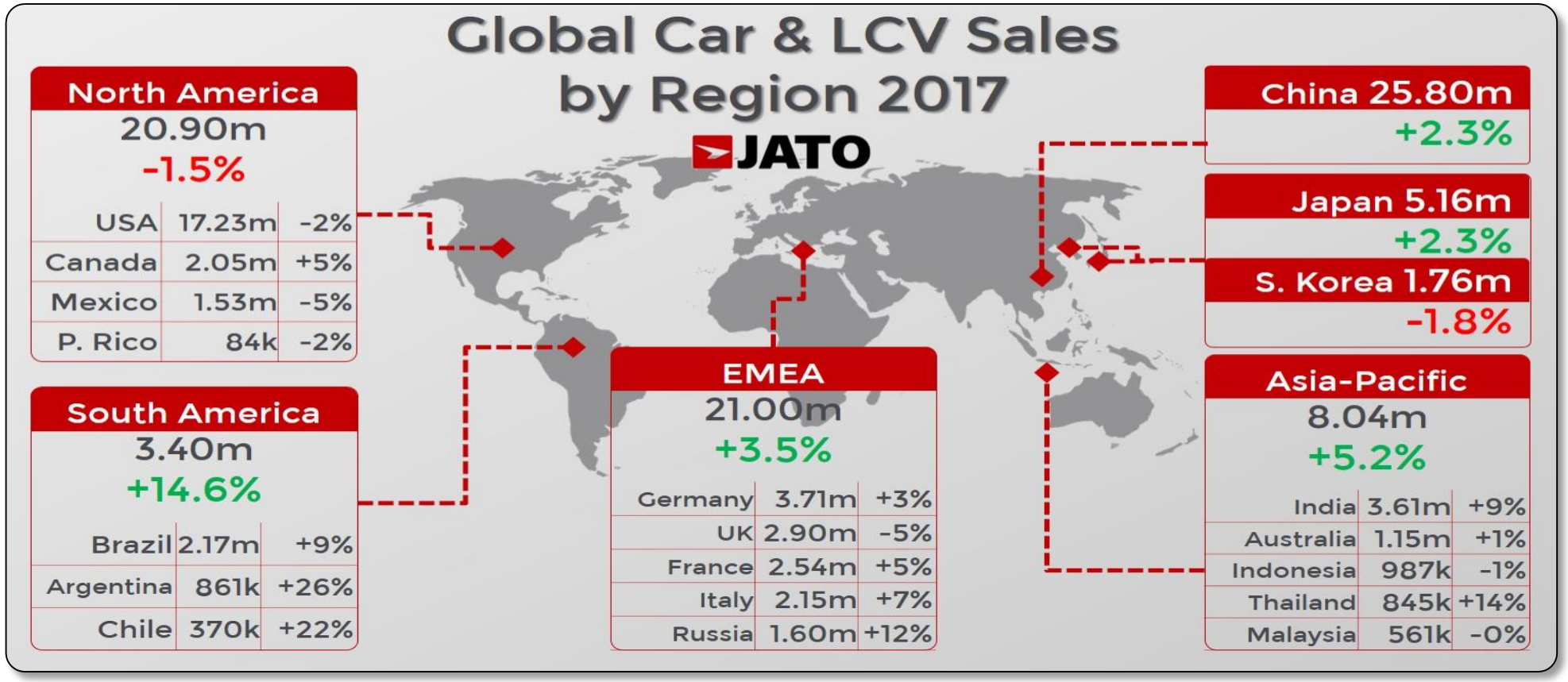


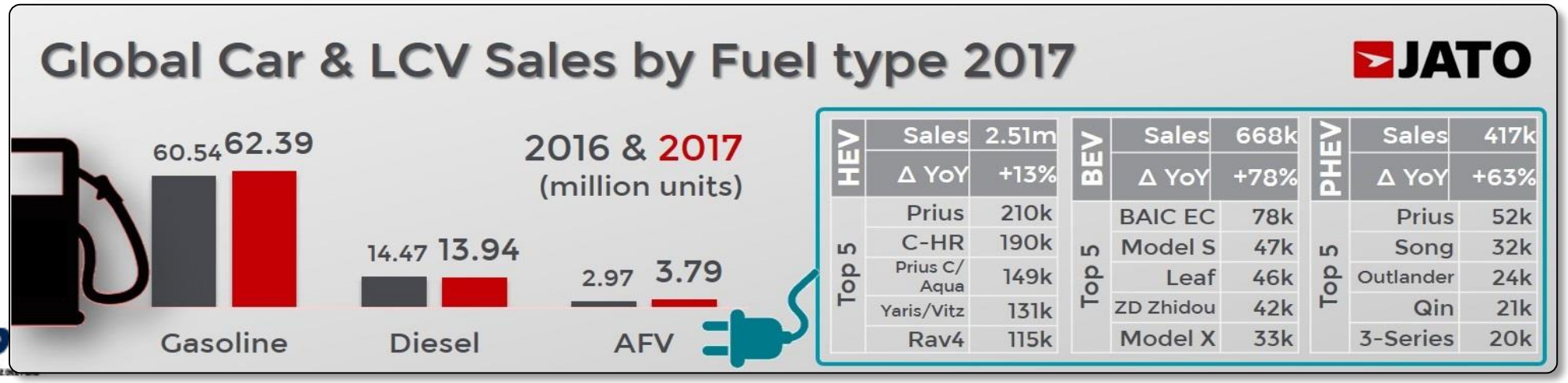


➢ ***Agosto 2018:*** *4 millones de vehículos eléctricos vendidos (sin considerar 420,000 buses eléctricos en circulación)*

➢ ***Marzo 2019****: 5 millones de vehículos eléctricos vendidos*

➢ Ventas mundiales de vehículos 2017:





HEV	Sales	2.51m	BEV	Sales	668k	PHEV	Sales	417k
	Δ YoY	+13%		Δ YoY	+78%		Δ YoY	+63%
Top 5	Prius	210k	Top 5	BAIC EC	78k	Top 5	Prius	52k
	C-HR	190k		Model S	47k		Song	32k
	Prius C/ Aqua	149k		Leaf	46k		Outlander	24k
	Yaris/Vitz	131k		ZD Zhidou	42k		Qin	21k
	Rav4	115k		Model X	33k		3-Series	20k

➢ REGISTROS GLOBALES DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS:

by selected countries

	2013	2014	2015	2016	2017
China	17,640	53,830	207,380	336,000	579,000
USA	96,550	123,210	115,930	158,970	195,140
Norway	10,790	24,400	34,340	45,850	62,320
UK	4,180	14,500	28,190	36,910	47,260
France	13,950	16,570	27,770	34,750	41,720
Netherlands	23,150	15,090	43,770	26,110	9,240
Germany*	7,440	13,050	23,460	25,150	54,490
Japan	29,760	32,420	25,690	22,380	56,000
Sweden	1,550	4,670	9,000	13,570	20,310
Canada	3,180	5,410	6,990	11,350	18,390
Switzerland	1,340	2,420	6,240	5,920	8,020
Spain	1,270	1,960	2,870	6,180	8,330
Rest of World	10,000	25,000	30,000	50,000	100,000
Total	220,800	332,530	561,630	773,140	1,200,220

by manufacturers

	2013	2014	2015	2016	2017
BYD	2,550	18,320	61,620	100,170	99,870
BAIC	710	5,230	16,490	41,770	96,670
Tesla	23,420	29,470	45,510	72,010	86,770
BMW	1,800	16,540	28,800	45,060	67,940
Volkswagen	2,430	11,890	55,600	54,640	52,520
Toyota	20,400	20,320	6,600	2,900	49,860
Nissan	48,160	61,160	42,740	46,740	45,000
Mitsubishi	23,540	36,110	42,130	22,950	21,920
Ford	15,550	22,740	20,540	25,660	21,500
General Motors	28,250	23,670	20,850	32,480	20,850

by models

	2013	2014	2015	2016	2017
BAIC EC-Series	0	0	0	4,130	78,080
Tesla Model S	23,170	29,460	45,310	48,160	45,060
Nissan Leaf	48,160	58,630	40,200	43,810	43,550
Zhi Dou D1/D2	0	0	6,160	20,290	42,340
Toyota Prius	19,310	19,130	2,390	420	28,930
Renault Zoe	7,850	10,260	17,520	18,980	25,950
BMW i3	1,700	14,800	22,080	20,040	25,250
Chevrolet Volt	24,930	20,540	16,920	28,220	24,720
Mitsubishi Outlander	18,590	33,080	39,780	21,880	21,840
BYD Qin	0	14,750	31,900	21,870	20,740

Source: ZSW-Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung

➢ STOCK GLOBAL DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS:

by selected countries

	2013	2014	2015	2016	2017
China	45,120	98,490	304,810	638,310	1,212,280
USA	171,020	293,630	408,090	563,760	751,510
Norway	20,370	44,770	79,110	124,960	187,270
UK	9,550	24,050	54,700	78,680	125,940
France	31,630	48,040	75,430	109,340	149,350
Netherlands	29,410	44,500	88,270	113,640	121,540
Germany*	13,510	23,910	36,830	55,000	92,740
Japan	71,500	103,560	128,450	149,060	201,410
Sweden	2,650	7,310	16,280	29,780	49,900
Canada	5,680	11,070	18,010	29,240	47,350
Switzerland	2,600	5,020	11,250	17,180	25,130
Spain	9,010	10,970	13,830	20,010	28,340
Rest of World	19,000	44,000	74,000	124,000	224,000
Total	431,050	759,320	1,309,060	2,052,960	3,216,760

by manufacturers

	2013	2014	2015	2016	2017
Nissan	96,340	157,500	200,240	246,980	291,980
BYD	6,450	24,770	86,390	186,560	286,430
Tesla	28,280	57,750	103,260	175,270	262,040
General Motors	66,080	89,750	110,600	143,080	163,930
Volkswagen	2,680	14,570	70,170	124,810	177,330
BAIC	1,350	6,580	23,070	64,840	161,510
Mitsubishi	38,200	74,310	116,440	139,390	161,310
BMW	2,680	19,220	48,020	93,080	161,020
Toyota	46,240	66,560	73,160	76,060	125,920
Ford	18,720	41,460	62,000	87,660	109,160

by models

	2013	2014	2015	2016	2017
Nissan Leaf	96,340	154,970	195,170	238,980	282,530
Tesla Model S	25,670	55,130	100,440	148,600	193,660
Chevrolet Volt	58,420	78,960	95,880	124,100	148,820
Mitsubishi Outlander	18,590	51,670	91,450	113,330	135,170
Toyota Prius	44,950	64,080	66,470	66,890	95,820
BYD Qin	0	14,750	46,650	68,520	89,260
BMW i3	1,700	16,500	38,580	58,620	83,870
BAIC EC-Series	0	0	0	4,130	82,210
Renault Zoe	8,050	18,310	35,830	54,810	80,760
Zhi Dou D1/D2	0	0	6,160	26,450	68,790

Source: ZSW-Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung

➢ *Vehículos Híbridos más vendidos:*

1. ***Toyota Auris Híbrido:*** *Motor eléctrico de 136 CV, consumo medio de 3,5 l/100km (108 km/gal), autonomía que supera los 1,400 km (21.970 euros)*
2. ***Hyundai Ioniq:*** *Motor eléctrico y MCI 1.6 de 141 CV en total, consumo medio de 3,4 l/100km (111 km/gal), autonomía que supera los 1,400 km (23.900 euros).*
3. ***Kia Niro****: Motor eléctrico y MCI-1.6 (105 CV), 141 CV en total, (23.900 euros).*
4. ***Range Rover Sport Híbrido:*** *Potencia combinada de 340 CV, (99.300 euros.). SUV Premium compite con el Porsche Cayenne o el BMW X5.*
5. ***Toyota C-HR:*** *Crossover, Potencia de 122 CV (24.250 euros)*
6. ***Toyota Prius:*** *Potencia MCI (122 CV), consumo medio de 3,3 l/100km (115 km/gal) en ciclo combinado,*
7. ***Lexus CT 200h:*** *Motor eléctrico y MCI 1.8 de 136 CV en total*
8. ***Mitsubishi Outlander PHEV:*** *SUV MCI gasolina y dos motores eléctricos que, en conjunto entregan 203 CV*

AAP
ASOCIACIÓN AUTOMOTRIZ DEL PERÚ

CHINA LIDERA EL DESPLIEGUE DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA EN EL MUNDO:

- **Mayor flota de buses eléctricos (e-buses):**

  132 mil e-buses en China en 2016

  - *Casi 10% de la flota total del país*
  - *Casi 1/3 de las ventas en ese año*
  - *+90% de las ventas de e-buses se dan en China por incentivos, subsidios y metas municipales*
  - *Las 10 ciudades más contaminadas definen metas para la introducción de e-buses (prohibición de buses con MCI)*
  - *A medida que avanza el despliegue, se reduce el costo entre e-buses*

- **Mayor flota de motocicletas eléctricas (e-bikes):**

  En 2016, China tenía +200 millones de e-bikes

  - *Ventajas: Bajo costo, fáciles de manejar, rápidas y disminuyen la fatiga a la hora de andar en bicicleta*
  - *Desventajas: Accidentes de tránsito, lo cual está obligado a los gobiernos locales a regularlas*

V. COMPARATIVO EN COSTOS BEV Vs. MCI:

➢ COMPARACIÓN DE FACTURA ENERGÉTICA MEDIA:

Para un recorrido de 50 km al día

TC 3,31

VEHÍCULO	Costo Gasolina (S/. /galón)	Costo Gasolina (US$ / galón)	Consumo energético medio (galones/50 km)	Costo Diario (S/. /día)	Costo Diario (US$/día)	Costo Mensual (S/. /mes)	Costo Mensual (US$/mes)
MCI	13,30	4,02	1,25	16,63	5,02	498,75	150,68
VEHÍCULO	**Costo Energía Eléctrica (*) (S/. / kWh)**	**Costo Energía Eléctrica (*) (US$ / kWh)**	**Consumo energético medio (kWh/50km)**	**Costo Diario (S/. /día)**	**Costo Diario (US$/día)**	**Costo Mensual (S/. /mes)**	**Costo Mensual (US$/mes)**
ELÉCTRICO	0,59	0,18	8,00	4,72	1,43	141,72	42,82

Ahorro mensual:	S/357,03	$107,86	Ahorro Anual:	S/4.284,36	$1.294,37	71,58%

El costo energetico por uso de un BEV se reduce en 71% y representa un ahorro anual medio de US$ 1,294

(*). Tarifa BT5B-usuario residencial / Empresa de Distribución Eléctrica Luz del Sur; 04.Ago.2018

➢ **Tesla Model X 100D:** Batería 100 kWh y Autonomía de 565 km → S/ 59 por carga → Consumo energético medio de 8.85 kWh / 50 km

AAP ASOCIACIÓN AUTOMOTRIZ DEL PERÚ

VI. POLÍTICAS DE PROMOCIÓN PARA EL INGRESO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS:

→ HOJA DE RUTA:

1. ACELERAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA:

- *Armonizar estándares de enchufes y cargadores → Normatividad (MTC, MEM)*
- *Impuestos a las emisiones → Cobros a vehículos con tecnologías menos eficientes y contaminantes. Bonificación a los más eficiente (Feebate) → Poner un precio a las emisiones*
- *Modificar el sistema impositivo del registro vehicular → Eliminar el IPV a los BEV (1%, aplicable sobre el valor del vehículo durante 3 años)*
- *Fortalecer cumplimiento de las normas de emisiones vehiculares → Euro V y Euro VI*
- *Mejorar calidad de los combustibles fósiles → <15 ppm de azufre*
- *Establecer programas de etiquetado vehicular en rendimiento (km/litro, km/galón), emisiones de CO2 (gr/km) y el estándar de emisión que cumple (Euro IV / V, etc.)*

2. CREAR INCENTIVOS PARA LA MOVILIDAD ELÉCTRICA:

- *Programas temporales de incentivos para la generación de una masa crítica de vehículos eléctricos → Bono*
- *Programas pilotos en el transporte público con e-buses → Verificar la tecnología en condiciones de ruta reales y reducir las resistencias de los consumidores.*
- *Promover cambio de flota estatal a BEV*
- *Promover un sistema de transporte en taxis con BEV*
- *Promocionar el crédito privado con bajos intereses (financiamiento verde) → COFIDE, CAF, etc.*
- *Establecer estacionamientos en zonas céntricas de alta congestión que incorpore cargadores de baterías*
- *Acceso a zonas restringidas y a carriles exclusivos de otros tipos de vehículos*
- *Placas de Rodaje diferenciadas → Facilitar la identificación*
- *Exonerar el IGV a la venta de BEV → Programa temporal por 10 años*
- *Programa de Chatarreo Vehicular → Retiro de vehículos MCI > 20 años de antigüedad*

3. ELIMINAR DISTORSIONES DE MERCADO:

- *Corregir subsidios y aplicar el ISC a los combustibles fósiles en función al índice de nocividad*
- *Eliminar la importación de vehículos usados y siniestrados.*

4. DESARROLLAR INFRAESTRUCTURA PARA LA MOVILIDAD ELÉCTRICA:

- *Fomentar al desarrollo de redes de carga rápida → Inversión pública directa o APP´s*
- *Tarifas diferenciadas → Subsidio a la tarifa eléctrica solo en el caso de carga de vehículos eléctricos*
- *Plataformas de innovación en torno a la movilidad eléctrica (I&D) → Formación técnica*
- *Implementación de la Homologación Vehicular → Nuevo RENAV*
- *Promoción a las Energías Renovables*
- *Promoción de nuevas tecnologías y Smart City → Ciudades auto sostenibles con vehículos eléctricos y autónomos*

SITUACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN EL PERÚ:

- ***Importaciones Año 2017: VMenores:*** *160,298 (2R) y 116,377 (3R);* ***VLivianos:*** *163, 668 ;* ***VPesados:****16,613*
- ***DS 095-2018-EF:***
  - *Vehículos eléctricos y vehículos híbridos nuevos → ISC=0%.*
  - *Vehículos eléctricos y vehículos híbridos usados → ISC = 10%*
  - *Vehículos nuevos a gasolina → ISC= 10 %*
  - *Vehículos nuevos diésel → ISC= 20 %.*
  - *Vehículos usados gasolina, diésel → 40%*

IMPORTACIONES DE VEB y PHEV PERÚ (2015-2017):

Combustible	2015	2016	2017
PHEV	75	12	72
BEV	3	3	2

GRACIAS...

AAP
ASOCIACIÓN AUTOMOTRIZ DEL PERÚ
FUNDADA EN 1926

Av. República de Panamá 3956
Surquillo, Lima – Perú
Central telefónica: (511) 6403637

www.aap.org.pe