

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



TESIS

**“EVALUACIÓN DE POLÍTICAS PARA LA INTRODUCCIÓN Y MASIFICACIÓN DE
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS LIGEROS DE USO PRIVADO EN LIMA”**

**PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
DOCTOR EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN ENERGÉTICA**

Elaborada por:

RUSSELL NAZARIO TICSE

Asesores:

Dr. JOSÉ RAMOS SARA VIA

Dr. JORGE WONG KCOMT

Lima – Perú

2022

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y tener a una hermosa familia
A mis padres Moisés Nazario, Aydee Ticse, Gelasio Ticse
A mi amada Sally
A mis hermanos Evelyn y Elvis
A mis sobrinos Jereslith y Leander
A toda mi familia
A las provincias de Bolognesi y Oyón
A los Pueblos de:
Espejito del cielo-Lima chica-Llamac
Pachangara

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por cada día de vida y por la oportunidad de llegar hasta este momento y por concluir esta etapa en mi vida.

Un agradecimiento de manera muy especial al Dr. José Ramos Saravia y al Dr. Jorge Wong Kcomt por toda la confianza y paciencia que han depositado en mí persona, por compartir sus conocimientos, por las facilidades brindadas, por guiar paso a paso el avance y culminación del trabajo.

Al Dr. Jaime Eulogio Luyo Kuong por conferir facilidades al grupo de investigación.

A los doctores Alberto Coronado, Raúl Gonzales, Alexi Delgado, Lizeth López y especialmente a la Dra. María Quintana

A Laura Parillo Martel, por su confianza su apoyo y las facilidades brindadas en el programa del doctorado en energética

A las personas que buscan un desarrollo científico en el país (CONCYTEC), gracias por brindar esta oportunidad para realizar investigación de modo que la ciencia y tecnología tengan una contribución en el progreso y desarrollo de nuestro país, ya que la única manera que progrese el país es con trabajo y estudio.

De igual manera un agradecimiento a la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica por la oportunidad y facilidades brindadas todo este tiempo. También agradezco a cada uno de los profesores del doctorado en energética.

Finalmente, a mi alma mater la Universidad Nacional de Ingeniería, gracias.

ÍNDICE

Pág

INTRODUCCIÓN.....	1
-------------------	---

CAPÍTULO I

1.1. Estado del arte	3
1.1.1. Una breve historia de los vehículos eléctricos.....	3
1.1.1.1. Primera etapa: El nacimiento y la rivalidad tecnológica.....	3
1.1.1.2. Segunda etapa: Predominio de vehículo de combustión interna.....	4
1.1.1.3. Tercera etapa: Renace el interés por la electrificación del parque automotor.....	5
1.1.2. Tecnologías de vehículos eléctricos.....	7
1.1.2.1. Baterías para vehículos eléctricos.....	8
1.2. Planteamiento del problema.....	12
1.3. HIPÓTESIS.....	12
1.3.1. Hipótesis general.....	12
1.3.2. Hipótesis específicas.....	13
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	13
1.5. OBJETIVOS.....	14
1.5.1. Objetivo general.....	14
1.5.2. Objetivos específicos.....	14
1.6. Variables.....	14

CAPÍTULO II

2. Introducción de vehículos eléctricos, transición tecnológica.....	15
2.1. Barreras, influencias y políticas: estado del arte.....	18
2.1.1. Barreras que se oponen a la comercialización de vehículos eléctricos.....	20
2.1.1.1. Barreras económicas.....	24
2.1.1.1.1. Costo del vehículo eléctrico.....	24
2.1.1.1.2. Costo de las baterías.....	26
2.1.1.1.3. Limitada información sobre los vehículos eléctricos.....	26
2.1.1.2. Barreras técnicas.....	27
2.1.1.3. Barreras tecnológicas.....	27
2.1.1.3.1. Autonomía del vehículo eléctrico.....	28
2.1.1.3.2. Tiempos de recarga.....	28
2.1.1.4. Barreras sociales.....	28
2.1.2. Factores que influyen en la adopción de EV.....	29
2.1.2.1. Factores tecnológicos.....	29
2.1.2.2. Factores políticos.....	30
2.1.2.3. Factores medioambientales.....	31
2.1.3. Política de fomento de comercialización de los vehículos eléctricos.....	32
2.2. Sector transporte peruano.....	39

2.2.1. Características del parque automotor de Lima.....	40
2.3. Impacto en las emisiones.....	47
2.3.1. Problema ambiental debido al sector transporte.....	47
2.3.2. Principales Agentes en las emisiones de los GEI	49
2.3.2.1. Población peruana.....	50
2.3.2.2. Crecimiento económico del Perú.....	51
2.3.2.3. Precios de los combustibles.....	51
2.4. Impacto económico e independencia energética.....	52
2.4.1. Resumen de la política general de gobierno hacia el bicentenario.....	54
2.4.1.1. Ejes estratégicos y políticas de interés, relacionados con la introducción de VE's... ..	54
2.4.2. Recursos energéticos en el Perú.....	55
2.4.2.1. Recursos hídricos.....	55
2.4.2.1.1. Cambio climático y disponibilidad de agua.....	57
2.4.2.2. Recurso eólico del Perú.....	58
2.4.2.3. Potencial solar – Atlas Solar del Perú.....	59
2.4.2.4. Potencial de biomasa.....	59
2.4.2.5. Potencial geotérmico – Plan de geotermia.....	60
2.4.2.6. Mineral de litio.....	61
2.4.2.7. Productos petrolíferos.....	62
2.5. Contexto actual energético del Perú.....	63
2.5.1. Sector eléctrico del Perú.....	64
2.5.1.1. Generación.....	64
2.5.1.1.1. Producción eléctrica por zona del país.....	64
2.5.1.2. Demanda de electricidad.....	66
2.5.1.3. Transmisión.....	68
2.5.1.4. Distribución.....	69
2.5.1.5. Costo y precio de la electricidad.....	70

CAPÍTULO III

3. Metodologías utilizadas en el estudio de la introducción de vehículos eléctricos.....	73
3.1. Metodología para la evaluación de barreras y políticas.....	74
3.1.1. Metodología para la evaluación del impacto social.....	74
3.1.2. Método de Agrupación Grey basado en CTWF.....	76
3.1.3. Método de ENTROPY-WEIGHT SHANNON.....	78
3.1.4. Estudio de caso	80
3.1.4.1. Grupos de partes interesadas.....	80
3.1.4.2. Criterios, barreras contra la masificación.....	81
3.1.4.3. Políticas para masificación de VE's en el Perú.....	82
3.2. Metodología de redes neuronales para el pronóstico de emisiones de CO ₂ en Perú.....	83
3.3. Metodología LEAP para el estudio del impacto energético	84
3.4. Información y supuestos para el análisis.....	90
3.5. Análisis energético para Perú	91

3.5.1. Construcción de escenarios.....	94
3.5.1.1.Escenario 1: Business-as-usual (BAU).....	94
3.5.1.2.Escenario 2: Crecimiento igual a la tendencia mundial (TM).....	94
3.5.1.3.Escenario 3: Crecimiento igual a los vehículos de gas natural (GNV).....	95
3.5.1.4.Escenario 4: Escenario Asociación Automotriz del Perú (AAP).....	95
3.5.1.5.Escenario 5: crecimiento optimista (EV30@30)	96

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	97
4.1. Resultados de la evaluación cuantitativa de las barreras.....	97
4.2. Discusiones sobre la evaluación cuantitativa de las barreras.....	98
4.2.1. Análisis de criterios convergentes.....	98
4.2.2. Clasificación de las barreras.....	100
4.3. Resultados evaluación de las políticas para la masificación de VE's ligeros de uso privado en Lima.....	100
4.4. Discusión sobre las políticas para la masificación de los vehículos eléctricos.....	102
4.4.1. Análisis de criterios convergentes en políticas.....	102
4.4.2. Clasificación de las políticas.....	105
4.4.3. Impacto en las políticas en la tasa de penetración.....	106
4.5. Resultados sobre los impactos ambientales.....	108
4.6. Resultados sobre la eficiencia energética	111
4.7 Contraste de la hipótesis.....	124
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	126
5.1.Conclusiones.....	126
5.2.Recomendaciones.....	131
5.2.1. Trabajos futuros.....	134
6. REFERENCIAS.....	136

ÍNDICE DE FIGURAS
CAPÍTULO I

Pág.

Figura 1.1. Registro del precio del petróleo, mostrando los picos de los precios y factor geopolítico o social.....	5
Figura 1.2. Esquema comparativo de la tecnología vehicular eléctrica.....	8

CAPÍTULO II

Figura 2.1. Distribución de los VE en el mundo. (IEA, 2021)	15
Figura 2.2. Cuota de mercado europea de VE's (ventas de vehículos nuevos en 2018)	18
Figura 2.3. Primer Vehículo eléctrico presentado en el Perú, Mitsubishi i-MiEV, el 2012.....	25
Figura 2.4. Modelos Toyota en el mercado peruano.....	25
Figura 2.5. Modelos disponibles en el Perú.....	25
Figura 2.6. Escenario de los futuros costos del paquete de baterías de iones de litio basado en un escenario BEV de ventas acumuladas de 60 millones de BEV para 2030.....	26
Figura 2.7. Marco del costo total de propiedad como se usa en muchos estudios.....	35
Figura 2.8. Análisis de sensibilidad de los vehículos Costo del ciclo de vida, en función de los kilómetros por año recorridos.....	36
Figura 2.9. Análisis de sensibilidad de los costos del ciclo de vida de los vehículos en función de los kilómetros recorridos por año sin subsidios.....	36
Figura 2.10. Precios de tarifa eléctricas residenciales en Latino América-4to trimestre 2018.....	37
Figura 2.11. Precio total de la Propiedad (por mil dólares) versus los años, para diferentes acciones o condiciones, elaboración propia.....	37
Figura 2.12. Consumo final de energía útil por sector, fuente MINEM.....	39
Figura 2.13. Participación de los sectores económicos en el consumo final de derivados de hidrocarburos líquidos y biocombustibles, fuente MINEM.....	40
Figura 2.14. Consumo mundial de energía en el transporte por fuente.....	41
Figura 2.15. Histórico del número de vehículos en el parque automotor.....	42
Figura 2.16. Importación de vehículos usados y nuevos en el mercado nacional.....	43
Figura 2.17. Números de camionetas y autos en el parque automotor.....	43
Figura 2.18. Composición del parque automotor, según clasificación.	44
Figura 2.19. Transporte de pasajeros. Rendimientos medios BNEU 2013.....	44
Figura 2.20. Transporte de carga. Rendimientos medios. BNEU 2013.....	44
Figura 2.21. Problemas sociales en Lima según la encuesta de Lima como vamos 2018.....	47
Figura 2.22. Emisiones/millón de Pasajero Transportado en Lima (TM CO ₂ /millón pasajero-km) ..	48
Figura 2.23. Participación de las fuentes y la participación en el consumo energético por sectores, del Perú en 2016.....	49
Figura 2.24 Total de emisiones de GEI por sector en el 2019.....	49
Figura 2.25. Población femenina.....	50
Figura 2.26. Población masculina.....	51
Figura 2.27. Producto Bruto Interno del Perú, desde el año 1960-2030.....	51
Figura 2.28. Precios de los combustibles desde el 2000 al 2017.....	52
Figura 2.29. Precio del combustible pesado desde el 2003 hasta 2017.....	52

Figura 2.30. Mapa del potencial hidroeléctrico del sur del Perú.....	57
Figura 2.31. Potencial energético disponible correspondiente a residuos biomásicos.....	59
Figura 2.32. Mapa de los campos geotérmicos identificados.....	60
Figura 2.33. Distribución de recurso de litio en el mundo.....	61
Figura 2.34. La distribución de los mercados mundiales de litio de uso final en la última década. Datos obtenidos del Servicio Geológico de los EE. UU.....	61
Figura 2.35. Producción de petróleo crudo y de gas natural líquido desde 1990-2017.....	62
Figura 2.36. Precios de petróleo y derivados en el Perú desde el 2007 al 2019.....	62
Figura 2.37. Precios de la electricidad en diferentes países del mundo.....	63
Figura 2.38. Porcentajes de producción eléctrica de las zonas en el Perú.....	65
Figura 2.39. Sectorización de producción eléctrica en el Perú.....	65
Figura 2.40. Generación de electricidad, según la fuente de generación, fuente EIA.....	66
Figura 2.41. Consumo de energía eléctrica-percápita del Perú desde 1970 hasta el año 2014.....	66
Figura 2.42. Evolución de la demanda eléctrica en el Perú, fuente OSIRNERMING.....	67
Figura 2.43. Consumo final de electricidad por sectores en América del Sur.....	67
Figura 2.44. Consumo de electricidad según los sectores.....	68
Figura 2.45. Consumo de electricidad según voltaje.....	68
Figura 2.46. Longitud de líneas de transmisión en el 2014, según la tensión de transmisión.....	69
Figura 2.47. Tarifa de precios de electricidad de los países en Latinoamérica.....	71

CAPÍTULO III

Figura 3.1. Funciones de peso de triangular WHITENIZATION de punto central (CTWF).....	77
Figura 3.2. Estructura del transporte terrestre en el modelo peruano.....	92
Figura 3.3. Estructura del modelo para el sector del transporte de pasajeros.....	93
Figura 3.4. Tasa de penetración de los vehículos eléctricos en el mundo.....	94
Figura 3.5. Tasa de penetración de GNV en el Perú.....	95
Figura 3.6. Tasa de penetración de AAP en el Perú.....	95
Figura 3.7. Tasa de penetración de EV30@30 en el Perú.....	96

CAPÍTULO IV

Figura 4.1. Tasa de ventas (%) vs Políticas sin pesos.....	106
Figura 4.2. Tasa de ventas (%) vs Políticas con pesos.....	107
Figura 4.3. Población femenina del Perú al año 2020 y proyectadas al 2030.....	108
Figura 4.4. Población masculina del Perú al año 2020 y proyectadas al 2030.....	109
Figura 4.5. PBI de Perú desde 1960-2020 y proyectadas al 2030.....	100
Figura 4.6. Proyección de las emisiones de CO_2 (1960-2020) y proyectadas al 2030.....	109
Figura 4.7. Estructura de la red neuronal (variables de entrada) para el caso de las emisiones...	110
Figura 4.8. Resultado de las proyecciones de las emisiones de CO_2 por cada escenario, para el 2030.....	110
Figura 4.9. Nivel de participación por tipo de combustible (TASA GNV), al 2030.....	111
Figura 4.10. Nivel de participación por tipo de combustible (EV30@30), al 2030.....	112
Figura 4.11. Nivel de participación por tipo de combustible (BAU), al 2030.....	112

Figura 4.12. Nivel de participación por tipo de combustible en camionetas, tasa GNV al 2030...	113
Figura 4.13. Nivel de participación por tipo de combustible en camionetas, tasa AAP al 2030...	113
Figura 4.14. Nivel de participación por tipo de combustible en camionetas, tasa EV30@30) proyectadas al 2030.....	114
Figura 4.15. Total de energía final en autos (escenario BAU), proyectadas al 2030.....	114
Figura 4.16. Total de energía final en autos (TASA MUNDIAL), proyectadas al 2030.....	115
Figura 4.17. Total de energía final en autos (TASA GNV), proyectadas al 2030.....	115
Figura 4.18. Total de energía final en autos (escenario TASA AAP), proyectadas al 2030.....	116
Figura 4.19. Total de energía final en autos (escenario tasa 30@30), proyectadas al 2030.....	116
Figura 4.20. Total de energía final en camionetas (escenario tasa GNV), proyectadas al 2030...	117
Figura 4.21. Total de energía final en camionetas (escenario tasa AAP), proyectadas al 2030...	117
Figura 4.22. Total de energía final en el transporte por carretera, (BAU), proyectadas al 2030...	118
Figura 4.23. Total de energía final en el transporte por carretera, (escenario TASAMUNDIAL), proyectadas al 2030.....	118
Figura 4.24. Total de energía final en el transporte por carretera, (Escenario TASA GNV), proyectadas al 2030.....	119
Figura 4.25. Total de energía final en el transporte por carretera, (escenario TASA AAP), proyectadas al 2030.....	119
Figura 4.26. Total de energía final en el transporte por carretera, (escenario TASA EV30@30), proyectadas al 2030.....	116
Figura 4.27. Energía demanda por los autos para cada escenario, proyectada al 2030.....	120
Figura 4.28. Energía demanda por el transporte de pasajeros por carretera para cada escenario, proyectada al 2030.....	121
Figura 4.29. Emisiones realizadas por los autos, para cada escenario, proyectadas al 2030.....	122
Figura 4.30. Resultado de la energía final en el transporte por autos, para cada escenario, proyectadas al 2030.....	122
Figura 4.31. Resultado comparativo de las emisiones de CO_2 para cada escenario, proyectadas al 2030.....	123
Figura 4.32. Ahorro de combustible por MBP, para cada escenario, proyectadas al 2030.....	123
Figura 4.33. Demanda eléctrica (GWh) generada por la introducción de vehículos eléctricos de uso ligero. Para cada escenario, proyectadas al 2030.....	124
Figura 4.34. Barreras y las políticas que se deben aplicar, ordenadas por jerarquía según su peso.....	125

CAPÍTULO V

Figura 5.1. Diagrama de las interrelaciones entre los varios elementos o subsistemas del gran sistema de transporte vehicular en Perú con la instrucción de los VE's.....	128
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS

Pág.

CAPÍTULO I

Cuadro 1.1. Descripción de los tipos de vehículos.....	7
Cuadro 1.2. Características de vehículos eléctricos.....	7
Cuadro 1.3. Energía eficiencia por cuatro energías portadores.....	8
Tabla 1.4. Eficiencia del sistema de motor eléctrico, con baterías de iones de litio.....	9

CAPÍTULO II

Tabla 2.1. Tipos de barreras que dificultan según su tipo.....	23
Tabla 2.2. Tipos de cargadores de vehículos eléctricos.....	28
Cuadro 2.3. Condición causal y condición de resultado.....	32
Tabla 2.4. Puntaje de membresía difuso de condiciones casuales y condición de resultado.....	33
Tabla 2.5. FODA de VE en comparación con ICEV.....	38
Tabla 2.6. Consumo final de energía en el sector transporte (2010-2019)	39
Tabla 2.7. Consumo final del sector transporte por carretera.....	40
Tabla 2.8. Número de vehículo de transporte de pasajeros por tipo.....	41
Tabla 2.9. Distribución de vehículos según el combustible que usan.	42
Tabla 2.10. Emisiones según el combustible del vehículo y su cilindrada.....	45
Cuadro 2.11. Porcentaje de vehículos destinados a transporte de pasajeros según combustible... ..	45
Cuadro 2.12. Porcentaje de vehículos destinados a transporte de carga según combustible.....	45
Cuadro 2.13. Distribución del combustible en cada sector para pasajeros y para carga.	46
Tabla 2.14. Modo principal por el que se movilizan los ciudadanos en Lima y Callao, 2018.....	48
Tabla 2.15 Disponibilidad de agua por regiones naturales.....	55
Tabla 2.16. Potencial específico en MW/km de las cuencas.....	56
Tabla 2.17. Potencial eólico en MW.....	58
Cuadro 2.18. Producción eléctrica por zona (GWh).....	64
Tabla 2.19 Tarifas residenciales de electricidad - Consumo mensual hasta 125kWh.....	71
Tabla 2.20 Tarifas comerciales de electricidad - consumo mensual desde 50.000 kWh.....	72

CAPÍTULO III

Tabla 3.1. Metodologías usadas para estudiar la adopción de VE's.....	73
Tabla 3.2. Trabajos de investigación que usaron la metodología Grey Clustering.....	75
Tabla 3.3. Clases gris extendidas en el estudio de caso.....	77
Tabla 3.4. Matriz de los grupos y cada criterio (política o barrera)	78
Tabla 3.5. Clases grises para cada criterio determinado en el estudio de caso.....	78
Tabla 3.6. Principales barreras de estudio para el caso peruano.....	81
Tabla 3.7. Políticas propuestas, para el caso peruano.....	82
Tabla 3.8. Algunos estudios de modelado energético que usaron la metodología LEAP en la literatura.....	87

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1. Matriz X, resultado de la consulta a los grupos de interés, sobre las barreras.....	
Tabla 4.2. Valores de las funciones CTWF para el Grey Clustering del grupo 1, barreras.....	97
Tabla 4.3. Valores de las funciones CTWF para el Grey Clustering del grupo 2, barreras.....	97
Tabla 4.4. Valores de las funciones CTWF para el Grey Clustering del grupo 3, barreras.....	97
Tabla 4.5. Valores de las funciones CTWF para el Grey Clustering del grupo 4, barreras.....	97
Tabla 4.6. Matriz de impacto de cada barrera a respectivo grupo de interés.....	97
Tabla 4.7. La matriz normalizada del impacto social de las barreras.....	98
Tabla 4.8. Determinación de divergencia los pesos de cada barrera.....	98
Tabla 4.9. Determinación de los pesos de cada barrera.....	98
Tabla 4.10. Clasificación, por pesos de las barreras para la masificación de VE's.....	98
Tabla 4.11. Matriz X, resultado de la consulta a los grupos de interés sobre las políticas.....	100
Tabla 4.12. Matriz de los rangos de las funciones de triangulización WHITENIZATION de (CTWF), para cada criterio (política).....	100
Tabla 4.13. Valores de las funciones CTWF para el Grey Clustering del grupo 1, política.....	101
Tabla 4.14. Valores de las funciones CTWF para el Grey Clustering del grupo 2, política.....	101
Tabla 4.15. Valores de las funciones CTWF para el Grey Clustering del grupo 3, política.....	101
Tabla 4.16. Valores de las funciones CTWF para el Grey Clustering del grupo 4, política.....	101
Tabla 4.17. Matriz de impacto de cada política a respectivo grupo de interés.....	101
Tabla 4.18. La matriz normalizada del impacto social de cada criterio (política).....	101
Tabla 4.19. Determinación de divergencia los pesos de cada política.....	102
Tabla 4.20. Determinación de los pesos de cada política.....	102
Tabla 4.21. Clasificación, por pesos de las políticas para la masificación de vehículos eléctricos.	105
Tabla 4.22. Políticas con pesos normalizados y la tasa de penetración en ventas.....	107
Tabla 4.23. Coeficientes de PBI-percápita, Políticas y estación de carga para la adopción de VE's.....	108
Tabla 4.24. Datos de entrada considerados para el análisis de escenarios desarrollados.....	111
Tabla 4.25. Eficiencia energética, emisiones y energía por cada escenario.....	120

Nomenclatura

VCI	: Vehículo Combustión Interna
VE	: Vehículo Eléctrico, (EV en inglés)
VE's	: Vehículos Eléctricos (EV's en inglés)
BEV	: Vehículo eléctrico de batería, del inglés (Battery Electric Vehicle
BIL	: Baterías de Iones de Litio
HEV	: Vehículo eléctrico híbrido, del inglés Hybrid Electric Vehicle
PHEV	: Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable, del inglés Plug-in Hybrid Electric Vehicle
MCI	: Motor a Combustión Interna
CO ₂	: Dióxido de Carbono
TCO	: Costo total de la propiedad, del inglés Total Cost Of Ownership
GEI	: Gases de Efecto Invernadero
MINEM	: Ministerio de Energía y Minas
AAP	: Asociación Automotriz del Perú
EV30@30	: 30% de vehículos eléctricos al 2030
OMS	: Organización Mundial de la Salud
ECA	: Análisis de conflictos ambientales, del inglés Environmental conflict analysis.
SIA	: Evaluación de Impacto Social, del inglés Social Impact Assessment
EW	: Entropía-peso, del inglés Entropy-Weight.
GC	: Agrupamiento gris, del inglés Grey Clustering.
CTWF	: Funciones de peso de blanqueamiento triangular, del inglés Triangular Whitenization Weight functions.
IGCEW	: Integración de la agrupación de grises y peso de entropía, del ingles Integrated Grey Clustering And Entropy-Weight
LEAP	: Plataforma de análisis de bajas emisiones, del inglés Low Emissions Analysis Platform
SNMPE	: Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía
BNEU	: Balance Nacional de Energía Útil
AEI	: Agencia Internacional de Energía, del inglés International Energy Agency
EFV	: Vehículos Ecológicos, del inglés Environmentally Friendly Vehicles
GLP	: Gas Licuado de Petróleo
GNV	: Gas Natural Vehicular
TEP	: Tonelada Equivalente de Petróleo

RESUMEN

La electrificación del parque automotor es una tendencia mundial, pero muchos países no tienen el éxito esperado en la tasa de penetración, ya que no han podido superar las barreras para su adopción, no están alcanzado las metas propuestas para la masificación de los VE's. Esta tesis tiene por finalidad, proponer y evaluar cuantitativamente las políticas que se deberían realizar en el Perú, por parte de las autoridades públicas y tomadores de decisiones, para superar estas barreras y ayudar a la transición energética de los combustibles fósiles a la electricidad, en el sector transporte. Según referencias los países en vías de desarrollo, tendrán mayor obstáculo o menor tasa de adopción, siendo el factor económico determinante a favor o en contra de la adopción de VE's. Esta tesis evalúa los beneficios de la masificación de VE's por los usuarios de vehículos ligeros de uso particular en Perú.

Este trabajo aporta nuevos conocimientos a los estudios de impacto social en el sector transporte y energético; utilizando una combinación de métodos cuantitativos en la Evaluación de Impacto Social (EIS), que permiten estudiar la introducción de la tecnología de VE's en el contexto socio-económico de Lima Metropolitana, enfocándose en los grupos de interés del mercado vehicular particular ligero.

La primera parte de este trabajo investiga las barreras que impiden la masificación de VE's, para luego investigar las políticas que deben implementar las autoridades locales y los tomadores de decisiones, para ayudar a la introducción y masificación de dichos vehículos. Varias referencias demuestran que sin el apoyo e incentivación por parte de las autoridades es muy difícil la transición a esta nueva tecnología, por ello se propone la integración de políticas que faciliten la exitosa transición tecnológica y energética del sector transporte, hacia la masificación de VE's.

La segunda parte trata de analizar el impacto ambiental de los vehículos eléctricos sobre la emisión de gases equivalentes de CO₂, de los vehículos con MCI. Luego se estudia diferentes parámetros locales del parque automotor limeño y analizar la influencia de estos parámetros en las emisiones de los gases de efecto invernadero.

En la tercera parte, se propone analizar el impacto de los VE's en el consumo de combustible fósil, los efectos en el consumo energético en el Perú, estudiar la dependencia de este recurso energético en el país principalmente en el sector transporte, este análisis comienza a partir de crear escenarios con diferentes tasas de penetración en el mercado local, y pronosticar la demanda del combustible fósil, así como la demanda eléctrica que se va generar. Vale reiterar que se ha determinado previamente que el factor económico será la principal barrera y que los créditos vehiculares serán la principal política para ayudar a su adopción, seguido por políticas de difusión y publicidad.

Palabras clave: Vehículos eléctricos, Mercados emergentes, Tasa de penetración de VE, Evaluación de barreras, Evaluación de políticas.

ABSTRACT

The electrification of the automotive fleet is a global trend, but many countries do not have the expected success in the rate of penetration, since they have not been able to overcome the barriers to its adoption, the goals proposed for the massification of EVs have not been achieved. The purpose of this thesis is to propose and quantitatively evaluate the policies that should be carried out in Peru, by public authorities and decision makers, to overcome these barriers and help the energy transition from fossil fuels to electricity, in the future. transport sector. According to references, developing countries will have a greater obstacle or a lower rate of adoption, being the determining economic factor in favor or against the adoption of EVs. This thesis evaluates the benefits of the mass use of EVs by users of light vehicles for private use in Peru.

This work contributes new knowledge to studies of social impact in the transport and energy sector; using a combination of quantitative methods in the Social Impact Assessment (SIA), which allow studying the introduction of EV technology in the socio-economic context of Metropolitan Lima, focusing on the interest groups of the light private vehicle market.

The first part of this work investigates the barriers that prevent the massification of EVs, and then investigates the policies that local authorities and decision makers must implement to help the introduction and massification of said vehicles. Several references show that without the support and encouragement from the authorities, the transition to this new technology is very difficult, for this reason the integration of policies that facilitate the successful technological and energy transition of the transport sector, towards the massification of EVs, is proposed.

The second part tries to analyze the environmental impact of electric vehicles on the emission of CO₂ equivalent gases, from vehicles with MCI. Then, different local parameters of the Lima automotive fleet are studied and the influence of these parameters on greenhouse gas emissions is analyzed.

In the third part, it is proposed to analyze the impact of EV's on fossil fuel consumption, the effects on energy consumption in Peru, study the dependence of this energy resource in the country mainly in the transport sector, this analysis begins to starting from creating scenarios with different rates of penetration in the local market, and forecasting the demand for fossil fuel, as well as the electricity demand that will be generated. It is worth reiterating that it has been previously determined that the economic factor will be the main barrier and that vehicle loans will be the main policy to help its adoption, followed by dissemination and publicity policies.

Keywords: Electric Vehicles, Emerging Markets, EV Penetration Rate, Barrier Assessment, Policy Assessment.

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global y sus efectos son de gran preocupación para la comunidad científica, por eso existen esfuerzos para minimizar el uso de los combustibles fósiles en la generación energética y el transporte. El sector del transporte representa el 23% de las emisiones mundiales de CO₂ derivadas de la quema de combustibles en vehículos de todo tipo (IEA/OECD., 2016). De dicha cantidad de emisiones, el transporte por carretera representa el 77% (EIA, 2019).

En Perú, especialmente en Lima por su alto grado de centralismo, falta de planificación urbana, rápido crecimiento poblacional y de su parque automotor, se han agudizado los problemas como: el tráfico, el ruido, la contaminación del aire, los accidentes viales y la informalidad; haciendo que el sector transporte este en una situación crítica y caótica. El sector de transporte es el mayor consumidor de energía en el Perú, ya que representa el 43% de la demanda de la matriz energética. Además aporta el 40% de las emisiones de CO_{2eq} del sector energía (Osinergmin, 2014), además las emisiones GEI tiene una tasa de crecimiento anual de 3%. Esto hace que Lima se encuentra en el puesto 22 entre las capitales más contaminadas del mundo, y esta contaminación ambiental ocasiona enfermedades respiratorias y cardíacas, según la OMS. En Lima mueren, cada año, más de 15 mil personas por estos casos (DW, 2019). Entonces el transporte y la contaminación que emite, repercute en cierto grado en la salud pública, entonces para aplicar las políticas en el sector transporte y salud se debe tener la información sobre la calidad del aire, el ruido, la seguridad y otros problemas de salud (McAndrews & Deakin, 2018). Según la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE) del Perú, la balanza comercial de hidrocarburos del Perú desde hace algunos años muestra resultados negativos, y esa situación se ha agudizado en los últimos meses porque ya registra un saldo deficitario de US\$ 3,587 millones en el 2017 (MINEM, 2018a). Esto hace al Perú un país cada vez más dependiente del petróleo y de su importación, afectando su balanza comercial, es decir Perú se convierte en un país dependiente energéticamente y más vulnerable económicamente.

Por eso el gobierno del Perú debe centrarse con urgencia en resolver estos problemas y mitigar los impactos adversos generados por el transporte terrestre. Entonces se necesita un sistema de transporte más eficiente y respetuoso al medio ambiente. La electrificación del transporte reduce las emisiones de contaminantes atmosféricos en áreas urbanas, cuyos impactos en la salud pública son motivo de creciente preocupación tanto en los

países desarrollados como en vías de desarrollo (Contestabile, Alajaji, & Almubarak, 2017). La producción de petróleo en Perú va decreciendo año tras año, un recurso no renovable y cada vez más difícil de encontrar, además las importaciones se van incrementando. Muchos países al igual que Perú acrecientan su dependencia al petróleo, cada vez en mayor medida, por ello existe en muchos países un decidido proceso de electrificación vehicular, resultando en múltiples beneficios: económicos, seguridad energética, salud pública y cuidado del medio ambiente. Para ello se debe incrementar la oferta eléctrica aumentando la capacidad de las centrales hidroeléctricas, así como mayor uso de las energías renovables solar y eólica, el Perú cuenta con este potencial energético. Por lo tanto, el Perú tiene la necesidad de realizar estudios para crear un ecosistema que ayude en la introducción y masificación de los vehículos eléctricos, promoviendo un transporte más eficiente, ecológico, además disminuir la dependencia del combustible fósil.

CAPÍTULO I

1.1. Estado del arte

Se reconoce que la electrificación del transporte es una de las principales medidas para lograr un sistema de transporte por carretera sostenible, las emisiones dependerán de cada mercado de la electricidad, es decir las fuentes primarias que se usa para su generación (Wikström, 2015), entonces surge un gran interés por electrificar la movilidad, pero por su naturaleza tecnológica tiene limitaciones que frenan su adopción, y esto a su vez genera un gran interés por académicos, gobiernos y otras instituciones para estudiar cuáles son esas barreras y como superar estas dificultades en su penetración al mercado automotor.

1.1.1. Una breve historia de los vehículos eléctricos

Como sabemos la importancia del transporte en la economía y desarrollo, así como la importancia en nuestra forma y calidad de vida, pero como nace la tecnología automotriz, vamos a tratar de explicar la evolución histórica de los vehículos eléctricos desde el comienzo de su historia hasta la actualidad, esta se puede dividir en tres etapas principales marcadas principalmente por el descubrimiento tecnológico, hasta la actualidad que es una tendencia mundial, ya existen 10 millones de vehículos eléctricos en el parque automotor mundial.

1.1.1.1. Primera etapa: El nacimiento y la rivalidad tecnológica

Casi todos creen que los vehículos eléctricos son una tecnología reciente, pero la verdad discierne de la creencia popular, ya que los primeros vehículos usaron a la electricidad como fuente energética. Alrededor de 1832, en Escocia Robert Anderson desarrolla el primer vehículo eléctrico (U.S. Department of Energy, 2020), en 1842 Robert Anderson y Thomas Davenport construyen el primer vehículo eléctrico alimentado por baterías no recargables, en 1852 comienza la comercialización de vehículos eléctricos. En 1859, Gastón Planté inventó la batería recargable de plomo y ácido, pero su fabricación a nivel industrial no era posible (Centurion Nybroe, 2015). En 1860, el francés Etienne Lenoir patentó el primer motor de gas y el primer vehículo que circulaba por las calles y se llamaba Hippomobile (Castro, 2012). En 1886 nace el primer automóvil accionado por motor de combustión interna, Karl-Benz, es decir el VE nació 50 años antes que un VCI. (Castro, 2012), esta etapa se caracteriza

por la competitividad entre las diferentes tecnologías nacientes en el sector automotriz. Según el censo de los Estados Unidos de 1900, se producen 4,192 automóviles ese año: 1,681 autos de vapor, 1575 autos eléctricos y solo 936 autos de gasolina ([U.S. Department of energy, 2020](#)). En 1904, más de un tercio de todos los vehículos en Nueva York, Boston y Chicago son eléctricos, pero en 1908 comienza la producción en masa de VCI. El Ford Modelo T fue introducido al mercado por Henry Ford, con MCI alimentado por gasolina y ofrecido inicialmente a US \$ 850, un precio que se redujo hasta llegar a US \$ 265 en 1923. En contraste, el precio de los vehículos eléctricos en 1912 alcanzó alrededor de \$ 1,750 en ese mismo año el número de VE en el mundo alcanza un pico histórico de 30,000 unidades ([Toshizaemom Noce, 2009](#)), con la introducción de los vehículos de combustión interna al mercado y los descubrimientos de grandes reservas de petróleo en Texas (EEUU), así como las ventajas que ofrece el combustible fósil (el fácil almacenamiento y su alta densidad energética) y el bajo costo del modelo T fueron los factores que vehículos de combustión interna empiezan a dominar el mercado.

1.1.1.2.Segunda etapa: predominio de vehículo de combustión interna

El desarrollo tecnológico de los vehículos eléctricos se centra en el desarrollo de las baterías, ya que el volumen, costo y autonomía de la batería determinan las cualidades del vehículo eléctrico, las limitaciones en el desarrollo tecnológico de las baterías frenaron el desarrollo de los VE's. Las baterías fueron utilizadas por varios vehículos eléctricos desde principios de la década de 1880 en Francia, Estados Unidos y Reino Unido ([Hoyer, 2008](#)). Pero en esta etapa temprana de las baterías, los vehículos eléctricos no pudieron competir y perdieron popularidad. Los vehículos de combustión interna se hicieron los favoritos por los usuarios, por el costo del vehículo y de la gasolina, además por el número de estaciones de carga, la facilidad y rapidez de carga. Entonces el desarrollo tecnológico automotriz se centró en los MCI (motor de combustión interna), solo algunos medios de transporte masivo usaban a la electricidad como fuente energéticos estos medios son autobuses, tranvías y trenes ([Centurion Nybroe, 2015](#)). Pero en 1973 renace el interés por los VE's, esto debido al embargo de petróleo de la OPEP, una crisis energética, altos precios del petróleo y escasos, nos hizo ver que el mundo tenía una alta dependencia del combustible fósil ([Baran, 2012](#)).

1.1.1.3. Tercera etapa: renace el interés por la electrificación del parque automotor

La crisis petrolera en los años 1973 y 1979, crearon un incremento de precios con picos históricos, esto hizo ver que los precios del combustible no solo se deben a ley de la oferta y demanda, sino los precios también son fijados por diferentes aspectos como: problemas sociales y/o factores geopolíticos, es decir los precios tiene correlación con problemas sociales o conflictos entre ciertos países (Korotayev, Bilyuga, Belalov, & Goldstone, 2018), como se muestra en la figura 1.1. Entonces esto hace notar la alta dependencia energética y económica que tienen la mayoría de países en el mundo, ya que esta mayoría es importadora de este combustible, entonces el mundo se enfocó en buscar algunas alternativas para la independencia energética, como combustibles alternos; biogás, biodiesel, bioalcoholes (metanol, etanol, butanol), el hidrógeno, el metano no fósil, el gas natural no fósil, los aceites vegetales, el propano y otras fuentes de biomasa, así como la electrificación del parque automotor, el desarrollo de la electricidad almacenada principalmente por las baterías. A lo largo de esta etapa, surgió un nuevo ímpetu para el desarrollo del VE, con la preocupación mundial por las emisiones de GEI y sus consecuencias sobre el medio ambiente y la salud humana. En la década de 1990, los principales fabricantes de automóviles del mundo participaron en un intenso proceso de investigación y desarrollo de automóviles eléctricos e híbridos. Los altos precios del petróleo desde 2005 han acelerado el proceso de investigación y desarrollo del VE, centrándose también en las baterías secundarias asociadas, especialmente las baterías de iones de litio (Centurion Nybroe, 2015).

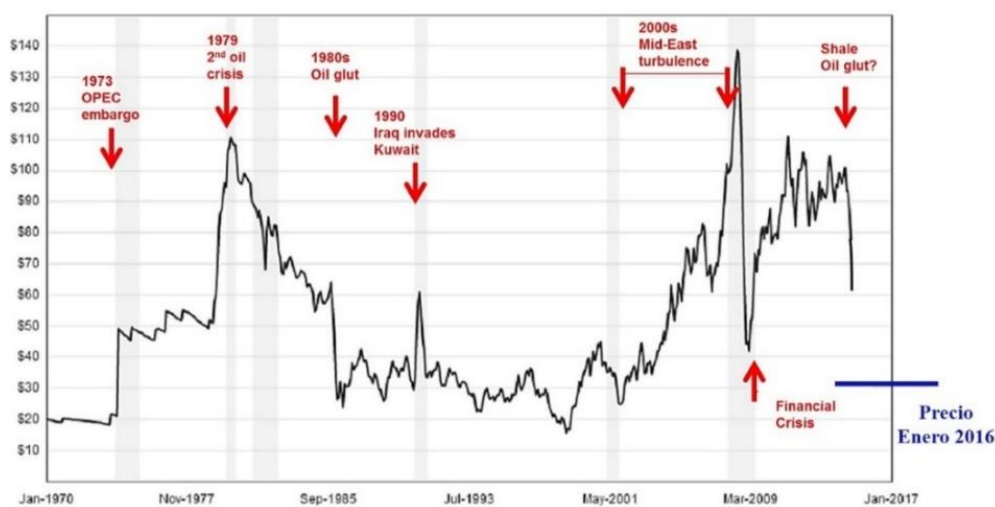


Figura 1.1. Registro de precios del petróleo, mostrando los picos de los precios y factor geopolítico o social. Fuente Stadista (Stadista, 2020).

En los inicios de esta etapa, los gobiernos de países industrializados incentivan y aceleran I+D para desarrollar los vehículos eléctricos, programa PREDIT en Francia, además de hacer regulaciones para tener cero emisiones, en California se aprueba el Mandato de Emisión de Vehículos Cero (ZEV) (Baran, 2012). El gran avance científico y tecnológico que vivió la humanidad en las últimas décadas, también empujó el desarrollo de las baterías y los vehículos eléctricos, las principales marcas automotrices empiezan a presentar los primeros modelos comerciales, en los 90's se empiezan a mostrar los primeros vehículos como el EV1 de General Motors y el Prius de Toyota, periodo donde también se presentará crisis con el petróleo, alcanzando un precio de US \$ 145 por barril (Centurion Nybroe, 2015), ya desde el 2010 empieza el despliegue de los vehículos eléctricos, las grandes marcas presentan cada modelo en diferentes características, autonomías y diferentes precios, Nissan presenta al LEAF siendo el vehículo del año en Europa en 2011, teniendo a los países europeos con mayor tasa de ventas de los vehículos eléctricos y a China como el país con mayor cantidad de vehículos eléctricos. Cada año la cantidad de vehículos eléctricos se incrementa, aún no llega a su pico, hoy en día hay más de 10 millones de VE's en el mundo, pero sin embargo la tasa de penetración aun es baja, en los países en vías de desarrollo la tasa de penetración es muy baja, en Latinoamérica es un mercado que presenta la mayor dificultad en comparación con los países desarrollados. Europa ya superó a China con la mayor cantidad de vehículos eléctricos. Si bien es cierto los países industrializados tienen mayor presencia de vehículos eléctricos en sus diferentes tipos, en Latinoamérica también se empieza a introducir los vehículos eléctricos.

Introducción de vehículos eléctricos en Latinoamérica:

- En 2016, en Colombia crean el prototipo para crear el primer vehículo eléctrico cuyo nombre es Eolo, este fue presentado por un equipo liderado por Javier Roldán, ingeniero mecánico.
- En 2017, en México fabrican el VE denominado el Zacua, presentó sus coches completamente eléctricos que pretenden revolucionar la movilidad en las principales ciudades de ese país.
- En 2019, Bolivia fabricó su primer auto eléctrico. La gran reserva de litio y la política de impulsar energías limpias hicieron realidad el **Quantum**. Este auto fue producido por las Industrias Quantum Motors, su velocidad máxima es de 50 km/h y tiene una batería de 220 V que aseguran se puede cargar en cualquier lugar, llegando a la carga completa en seis horas.
- En 2019, Argentina también presenta su primer vehículo eléctrico El Sero Electric, La opción más accesible lleva una batería de plomo y puede entregar una autonomía de entre 40 y 50 kilómetros. Está principalmente enfocada para un uso en ámbitos

cerrados. La otra alternativa es equiparlo con un paquete de baterías de litio que entregan un rango de entre 80 y 100 kilómetros.

- En el 2020, Brasil (Santa Catalina), impulsa su primer vehículo eléctrico. Será el primer vehículo ligero sin motor a combustión fabricado completamente en Brasil.

1.1.2. Tecnologías de vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos es la tecnología vehicular que se refiere a cualquier vehículo que utilice un motor eléctrico, este tiene una gran variedad de tecnologías diferentes con distintos grados de electrificación para su tracción. Se va describir los tipos de vehículos en el cuadro 1.1, donde se resume la tecnología vehicular.

Cuadro 1.1. Descripción de los tipos de vehículos.(Egnér & Trosvik, 2018)

Tipo de vehículos		Descripción
ICEV	Vehículo con motor de combustión interna	Un vehículo que utiliza un motor de combustión interna, típicamente alimentado con combustibles fósiles como gasolina o diésel. Actualmente, el combustible fósil es la fuente de energía dominante para los vehículos (IEA, 2021).
EV	Vehículo eléctrico	Un término general utilizado para describir cualquier vehículo que utiliza un motor eléctrico (IEA, 2021).
BEV	Vehículo eléctrico con batería	Estos vehículos funciona exclusivamente con electricidad usando un motor eléctrico y una batería, se enchufa para recargarlo (IEA, 2021).
HEV	Vehículo eléctrico híbrido	Estos vehículos tienen un MCI, un motor eléctrico y batería, pero no se pueden enchufar y recargar. Sus baterías se cargan al capturar energía que es normalmente desperdiciado en vehículos convencionales.
PHEV	Vehículo eléctrico híbrido enchufables	Un vehículo PHEV tiene mayor capacidad de la batería que un HEV y se puede recargar conectándola a un punto de carga, su MCI generalmente sirve como respaldo cuando la batería se agota.

En el cuadro 1.2, se muestran los tres tipos de vehículos eléctricos, se muestran sus diferencias y semejanzas, según la regeneración de energía de frenado, la carga y si tiene un motor de combustión interna, en la figura 1.2 se muestran los tipos de VE's.

Cuadro 1.2. características de vehículos eléctricos.(Wikström, 2015)

Vehículos eléctricos	Tecnología de vehículos		Abreviatura	Regeneración de energía de frenado	Carga de la red eléctrica	Motor de combustión interna
		Vehículo eléctrico híbrido		HEV	X	
Vehículos eléctricos enchufables (PEV)	Vehículo eléctrico a batería		BEV	X	X	
	Vehículo eléctrico híbrido enchufable		PHEV	X	X	X

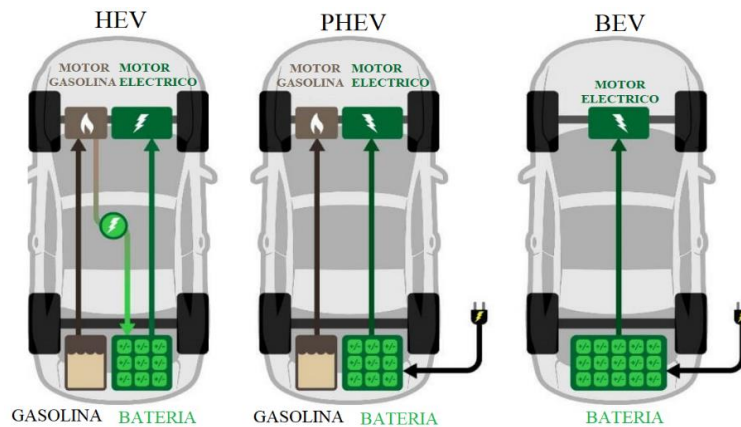


Figura 1.2. Esquema comparativo de la tecnología vehicular eléctrica.

Así como tienen limitaciones tecnológicas, en particular su limitada autonomía de recorrido, los vehículos eléctricos también tienen ventajas, especialmente la alta eficiencia energética en comparación con los otros tipos de vehículos. Como se muestra en la tabla 1.3 la eficiencia energética de cada tecnología vehicular, donde se muestra que los vehículos eléctricos son los más eficientes que los demás vehículos.

Cuadro 1.3. Energía eficiencia por cuatro energía portadores (Kushnir & Sandén, 2011)

Combustible	Almacén de energía	Eficiencia de conversión del almacenamiento	Tren motriz	Eficiencia del tren motriz	Eficiencia de tanque a rueda
Electricidad	Batería	0.81-0.88	Eléctrico	0.8-0.82	0.65-0.72
Hidrogeno	Celda de combustible	0.41-0.50	Eléctrico	0.8-0.82	0.33-0.41
Gas natural	Tanque	1	Mecánico	0.20-0.35	0.20-0.35
Combustible liquido	Tanque	1	Mecánico	0.18-0.35	0.18-0.35

1.1.2.1. Baterías para vehículos eléctricos

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, el desarrollo tecnológico de los vehículos eléctricos, es básicamente el desarrollo tecnológico de las baterías, al mejorar su capacidad de almacenamiento, mayor eficiencia, rapidez de carga y la disminución de costos, hacen que dispositivos que usan baterías se apoderen cada vez más de los mercados y de las preferencias de los usuarios. Las baterías se pueden clasificar en dos categorías, las primarias que producen su energía a través de una reacción electroquímica generalmente irreversible y no son recargables. La otra categoría, la batería secundaria, incluye aquellas que tienen la capacidad de recargarse utilizando

una fuente de alimentación externa, pueden tener un proceso de carga y recarga se puede realizar varias veces (Borba, 2012).

Los vehículos eléctricos necesitan baterías recargables, para cada tipo de vehículo eléctrico se requieren determinadas baterías dependiendo de las características de EV. (Toshizaemom Noce, 2009). Las características necesarias para cumplir estos requisitos son una alta densidad de energía y la aceptación de una gran cantidad de ciclos de carga/descarga (Borba, 2012). Actualmente, existen cuatro tipos de baterías de tracción más utilizadas en VE: la batería de plomo-ácido, el níquel hidrurometálico, la sal fundida (ZEBRA) y las baterías de iones de litio.

Las baterías de iones de litio (BIL), comenzaron a estudiarse en 1980, pero desde 1992 se comercializan. El rendimiento de la batería ha aumentado dramáticamente en los últimos años, se espera que aumenten más su rendimiento y disminuya el costo (Yoshino, 2014). Existen diferentes tipos de baterías de iones de litio, que difieren principalmente en los materiales del cátodo. Los materiales más comunes en el cátodo son óxido de litio y cobalto, óxido de litio y manganeso, fosfato de litio y hierro, litio y níquel, manganeso y cobalto y óxido de aluminio y níquel y cobalto y litio (Borah, Hughson, Johnston, & Nann, 2020). La fabricación de BIL es un proceso maduro, cuyos componentes y equipos necesarios para la producción a gran escala están disponibles comercialmente, sin constituir ningún secreto tecnológico intangible (Poullikkas, 2015)(Orecchini, Santiangeli, & Dell-Era, 2014).

Con respecto a la eficiencia del sistema de motor eléctrico, mientras que la eficiencia de los vehículos de combustión interna varía en el rango de 8% – 30%, los motores de vehículos eléctricos que usan la batería de iones de litio presentan valores mucho más altos en la transformación de energía, como se muestra en la tabla 1.4 a continuación (Faria, Moura, Delgado, & De Almeida, 2012).

Tabla 1.4. Eficiencia del sistema de motor eléctrico, con baterías de iones de litio.

	Eficiencia	
	Min.	Max.
Batería	93	99
Inversor	90	98
Motor eléctrico	85	96
Drivetrain	87	93
Global	61.9	86.6

Fuente: Basado en (Faria et al., 2012).

Una batería de 30 kWh pesa 90 kg, de los cuales 6,8 kg corresponden a litio. Además, cuentan como una característica notable, 2200-2500 posibles cargas profundas, equivalentes a diez años de uso, casi toda la vida útil del automóvil. Además, con la posibilidad de reciclar litio, las baterías de litio pueden considerarse los sistemas de almacenamiento de energía electroquímica más prometedores para aplicaciones móviles (Ahmadi et al., 2014)(Weil & Ziemann, 2014). La batería de un VEB estándar requiere una capacidad de 24 kWh para un alcance de 160 km, suficiente para un viaje urbano promedio. Dependiendo de la arquitectura del vehículo, los requisitos de la batería pueden variar. La Figura 6 muestra esquemáticamente una batería VEB completa típica (Centurion Nybroe, 2015).

Por las grandes ventajas que ofrece estas baterías de litio sobre las demás de baterías, hizo que los vehículos eléctricos se enfoquen en este tipo de batería, han impulsado un rápido progreso en el desarrollo de vehículos eléctricos (EV) con baterías de iones de litio (Li-ion), pero su uso en los VE aún es limitada. Si bien es cierto que estas baterías de litio (iones) son y serán la tecnología de batería elegida para una amplia gama de aplicaciones, incluidos los vehículos eléctricos, durante varios años. No obstante, para fomentar la transición de los vehículos con motor de combustión a un transporte totalmente electrificado, se necesita más progreso (Bresser et al., 2018).

La incertidumbre por el alcance (autonomía) y los largos tiempos de recarga en comparación con el reabastecimiento de combustible de los vehículos de gasolina a menudo se citan entre los principales problemas que obstaculizan la adopción más amplia de vehículos eléctricos (Howell, Duong, Faguy, & Cunningham, 2011). Por lo tanto, la capacidad de carga rápida se ha convertido en una de las características clave en la industria de baterías y vehículos eléctricos. Sin embargo, se ha demostrado que la carga a altas velocidades acelera la degradación, lo que hace que se deterioren tanto la capacidad como la potencia de las baterías. Las bajas temperaturas ambientales, prevalentes en muchos mercados clave de vehículos eléctricos, exacerban el problema aún más, debido a la difusión más lenta de iones de Li-in en los electrodos y el electrolito y la cinética lenta de la intercalación. Por otro lado, el calor generado durante la carga rápida debido al calentamiento resistivo a menudo es difícil de eliminar de manera uniforme y eficiente, lo que lleva a problemas de degradación acelerada y seguridad (Tomaszewska et al., 2019).

Hemos visto el avance tecnológico de las baterías, las investigaciones para mejorar la capacidad, es decir mejorar su desempeño de la autonomía de los vehículos eléctricos y el rango o la trayectoria promedio que realizan los usuarios por viaje. Pero aún se sigue la gran barrera que es el precio de los vehículos eléctricos, pero cabe recordar que el elevado precio de los vehículos eléctricos se debe a las baterías. Por eso se dice que antes de su masificación a gran escala, los vehículos eléctricos de batería (BEV) primero deben ser comparables con los automóviles convencionales en varios atributos, como el precio, el rango y el tamaño del vehículo. Las principales barreras para los posibles clientes de BEV se conocen desde hace tiempo: largos tiempos de carga, corto alcance y alto precio de compra (Hoyer, 2008). Investigaciones más recientes encuentran que estos atributos siguen siendo las principales preocupaciones del consumidor (Axsen & Kurani, 2013) (Egbue & Long, 2012) (Rezvani, Jansson, & Bodin, 2015). Estos factores están interconectados, al darle mayor autonomía al vehículo eléctrico, se necesita mayor volumen de las baterías, pero esto hace que los costos se eleven. También al desarrollar baterías donde se recarguen más rápido, esto hará que su tecnología se eleve, los patrones de carga y los requisitos para la infraestructura de carga.

Un análisis reciente por Safari et, al. 2018, verifica que prevalece una gran diferencia de precio para BEV de tamaño mediano a más pequeño (2-5 asientos) cuando se compara con vehículos de motor de combustión interna equivalentes (Safari, 2018). Los estudios sobre el progreso y las perspectivas de BEV suelen utilizar una perspectiva del consumidor. Se investiga mucho la competitividad basada en el cálculo del costo total de propiedad para los consumidores (Offer, Howey, Contestabile, Clague, & Brandon, 2010)(Pasaoglu, Honselaar, & Thiel, 2012)(Van Vliet, Brouwer, Kuramochi, Van Den Broek, & Faaij, 2011), pero tiene limitaciones importantes ya que las preferencias a menudo son más complicadas de lo que puede ser capturado en un análisis de costo-beneficio (Al-Alawi & Bradley, 2013). La adopción de BEV depende de manera crítica de la percepción de BEV y los patrones de usuario (Rezvani et al., 2015). Al abordar estas importantes consideraciones de comportamiento, los métodos de disposición a pagar tienen como objetivo captar cómo los consumidores valoran los atributos de BEV, como el rango y el tiempo de carga (Dimitropoulos, Rietveld, & van Ommeren, 2013),(Helveston et al., 2015), (Hidrué, Parsons, Kempton, & Gardner, 2011).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Muchos países desarrollados se han propuesto tener una determinada tasa de penetración de vehículos eléctricos en su parque automotor en un año específico, pero no han cumplido con las metas propuestas, ya que no han podido superar las barreras para su adopción. En mercados emergentes como el peruano, donde no se cuenta con cierta estadística o datos para analizar que barrera es más significativa y qué políticas pueden ayudar en la introducción y posterior masificación de vehículos eléctricos, entonces se tiene la necesidad de realizar un estudio para evaluar dichas barreras y políticas, con la intención de la renovación del parque automotor con vehículos eléctricos ligeros de uso privado en el Perú, se tendrá la principal incertidumbre que el país desea conocer.

- ¿Qué políticas pueden superar las barreras, para la masificación de vehículos eléctricos ligeros de uso privado en Perú?

Pero para conocer las políticas que pueden ayudar, se debe conocer qué barreras serán más significativas, entonces nace otra interrogante.

- ¿Qué barreras son la más significativa para la adopción de vehículos eléctricos ligeros de uso privado en el Perú?

Con la introducción y masificación de vehículos eléctricos nacen otras interrogantes sobre qué impacto ambiental y el impacto energético en el sector transporte que se puede generar a diferentes tasas de penetración, entonces también se debe desarrollar algunas interrogantes.

- ¿Qué impacto ambiental tendrá la introducción de vehículos eléctricos de uso privado a diferentes tasas de penetración en Perú?
- ¿Qué impacto energético en el sector transporte tendrá la introducción de vehículos eléctricos de uso privado a diferentes tasas de penetración en Perú?

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

Es posible determinar las políticas para superar las barreras, para la masificación de vehículos eléctricos ligeros de uso privado en Perú.

Existen barreras que se oponen y retrasan el uso masivo de vehículos eléctricos en el Perú, unas más significativas que otras. Existen políticas aplicadas a mercados emergentes que apoyan la adopción y masificación de los vehículos eléctricos, las políticas deben centrarse en vencer o mitigar estas barreras, para

mercados emergentes la literatura sugiere que el factor económico será la principal barrera y las políticas económicas serán determinantes para la adopción de los vehículos eléctricos.

1.3.2. Hipótesis específicas

- Es posible determinar las barreras más significativas para la adopción de vehículos eléctricos ligeros de uso privado en el Perú.
- Es posible determinar el impacto ambiental que tendrá la introducción de vehículos eléctricos de uso privado a diferentes tasas de penetración en Perú.
- Es posible determinar el impacto energético en el sector transporte que tendrá la introducción de vehículos eléctricos de uso privado a diferentes tasas de penetración en Perú.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La justificación de las hipótesis anteriores está basada en la extensa investigación bibliográfica, entrevistas a expertos y observaciones directas al mercado automotriz peruano, que ha realizado el autor respecto al tema de la tesis, tanto en forma física como digital. Se sintetizan a continuación los elementos y evidencias más relevantes que justifican el enunciado de las hipótesis de este trabajo.

- El sector transporte en el Perú representa el 41% de la matriz energética, y el 11% de las emisiones de GEI, siendo el transporte público y el tráfico como principal problema en la ciudad para el 46.2% de ciudadanos y el 28.5% de limeños consideran la contaminación ambiental.
- Los vehículos eléctricos ofrecen ahora mayor fiabilidad y atractivo gracias al progreso tecnológico y al apoyo de los gobiernos.
- Las perspectivas de adopción masiva continúan restringidas por las limitaciones tecnológicas, las infraestructuras de carga, la incertidumbre política y el precio del petróleo y la electricidad.
- El financiamiento de vehículos eléctricos constituye una oportunidad para aquellos bancos y entidades financieras que puedan adaptar sus productos o servicios de manera eficaz.
- La electrificación del transporte es una tendencia mundial llamada a afianzarse en los próximos años.
- El incremento del consumo del combustible fósil con una tasa de crecimiento anual del 5.7%, el incremento de las importaciones, la mayor dependencia del combustible fósil.

- La producción del petróleo en el Perú disminuye.
- Las reservas del petróleo son limitadas.
- El aumento de las importaciones del combustible fósil.
- Hoy en día hay más de 10 millones de vehículos eléctricos.
- Desde el 2010 se nota un rápido crecimiento de vehículos eléctricos.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

- Determinar y evaluar políticas para la introducción y masificación de vehículos eléctricos ligeros de uso privado en Lima.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar y evaluar las barreras más significativas a la masificación de vehículos eléctricos ligeros de uso privado en Lima.
- Determinar y evaluar el impacto ambiental del parque vehicular del Perú con la introducción de los vehículos eléctricos.
- Determinar y evaluar la demanda energética del parque vehicular, considerando diversas tasas de penetración de vehículos eléctricos ligeros.

1.6. Variables

- Variable dependiente
Masificación de vehículos eléctricos
Indicador:
 - Tasa de penetración
- Variable independiente
Las políticas
Indicadores
 - Pesos del impacto de la política
 - Pesos del impacto de la barrera
 - Emisiones de CO_2 (*equivalente*)
 - Consumo de combustible MBP

CAPÍTULO II

2. Introducción de vehículos eléctricos en Perú, transición tecnológica

En el proceso de esta transición energética y tecnológica, existen barreras que hacen difícil su masificación, estas barreras inicialmente son: el factor económico (elevado costo), factores tecnológicos (autonomía de las baterías y el tiempo de recarga de las misma), barreras sociales y barreras técnicas, posteriormente se va detallar. Cómo esta tecnología aún sigue siendo relativamente nueva para casi todos los mercados de todo el mundo, como cualquier producto tecnológico nuevo, al inicio su alto precio solo puede ser acogido en los países desarrollados con una población de alto poder adquisitivo, siendo un mercado muy atractivo para los principales fabricantes del mundo. Si bien es cierto que desde el 2010 hasta la fecha se siente mayor presencia de los VE's, ya que se está expandiendo a un ritmo rápido, aún siguen siendo desconocidos para mercados emergentes como el peruano, teniendo en cuenta las características de nuestro mercado del parque automotor como: tamaño, antigüedad y los tipos de vehículos que se cuenta, es necesario analizar las condiciones para su masificación.

El despliegue de vehículos eléctricos ha crecido rápidamente desde el 2010, con 10 millones en las carreteras del mundo a finales de 2020, ese año tuvo un aumento de 41%, a pesar de la desaceleración mundial de las ventas de automóviles relacionada con la pandemia en la que el automóvil global las ventas cayeron un 16%, ya que se vendieron aproximadamente 3 millones de Vehículos eléctricos en todo el mundo (una participación de ventas del 4,6%), además por primera vez la República Popular China fue superada por Europa, como el mercado de vehículos eléctricos más grande del mundo (IEA, 2021), como se muestra en la figura 2.1.

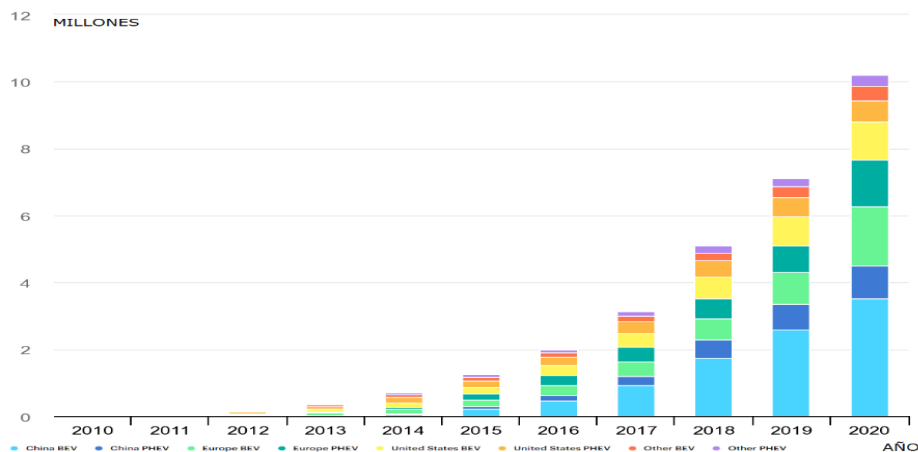


Figura 2.1. Distribución de los VE's en el mundo. (IEA, 2021)

Pero hay que recordar la diferencia entre el porcentaje de vehículos eléctricos en ventas y la tasa de penetración de los VE's (es decir la relación entre los VE's y el número total de vehículos ligeros en cada parque automotor), a nivel de cada país cada uno tiene diferentes tasas de penetración, según las referencias esto depende de cierto modo de la economía del país, el nivel cultural y social del país, además de las políticas que se implementan en cada uno. Noruega es el líder mundial en términos de participación en el mercado de automóviles eléctricos con un 10%, Islandia con 3.3%, los Países Bajos 1.9%, Suecia 1.6 % y China con 1.1%. El éxito en la tasa de ventas depende de muchos factores, sobre todo a la capacidad de mitigar las barreras sociales, económicas y tecnológicas e industriales de los vehículos totalmente eléctricos, como la autonomía o por el alcance y la disminución de los ingresos comerciales, los PHEV tienen mayor ventaja el uso por la gasolina sobre todo por la red de apoyo (reabastecimiento de combustible) (Kester, Noel, Zarazua de Rubens, & Sovacool, 2018).

Como se mencionó en el capítulo anterior, los avances tecnológicos están generando importantes reducciones de costos. Los facilitadores clave son los desarrollos en la química de la batería y la expansión de la capacidad de producción en las plantas de fabricación (IEA, 2021). Las políticas juegan un papel crítico, los países líderes en movilidad eléctrica utilizan una variedad de medidas, tales como estándares de economía de combustible junto con incentivos para vehículos de cero y bajas emisiones, instrumentos económicos que ayudan a cerrar la brecha de costos entre vehículos eléctricos y convencionales y apoyo para el despliegue de infraestructura de carga. Cada vez más, el apoyo de políticas se está extendiendo para abordar la importancia estratégica del valor de la tecnología de la batería (IEA, 2021). En los países desarrollados existe una expansión a un ritmo rápido, como lo demostró Noruega y varios países hay atracción por parte de los interesados es decir fabricantes, sociedad y gobierno. La respuesta del sector privado a las señales de política pública confirma el impulso creciente para la electrificación del transporte. En particular, los recientes anuncios de los fabricantes de vehículos son ambiciosos con respecto a las intenciones de electrificar los mercados de automóviles y autobuses. También las empresas del sector eléctrico están impulsando la masificación de VE's, ya que están impulsando la inversión en infraestructura de carga (IEA, 2021). Esto también puede abrir las puertas a muchas microempresas con estaciones de carga, de fuentes renovables como la solar y eólica, en los largos

trayectos que se tienen entre las ciudades del Perú, aprovechando el potencial energético, solar y eólico.

Estos desarrollos dinámicos apuntalan una perspectiva positiva para el mayor despliegue de vehículos eléctricos y la infraestructura de carga. En 2030, se plantea dos escenarios, el primero el Escenario de Nuevas Políticas, que nos indica que habrá unas ventas mundiales de 23 millones y stock que supera 130 millones, lo que implica una reducción en 127 millones de toneladas de petróleo equivalente (aproximadamente 2.5 millones de barriles por día mb/d) y una demanda eléctrica de 640 TWh. Mientras que el escenario más ambicioso como el EV30@30 se espera unas ventas de 43 millones de venta a nivel mundial y un stock de 250 millones, se estima una reducción de 4.3 mb/d, una demanda eléctrica de 1110 TWh (IEA, 2021). Noruega sigue siendo el país con mayor tasa de ventas de vehículos eléctricos como se muestra en la figura 2.2, Suecia ha establecido un objetivo para lograr una flota de vehículos independientes de fósiles para 2030 (SOU, 2013), por lo tanto, Suecia ha implementado varios instrumentos de política para aumentar la adopción de vehículos eléctricos. Aunque el número de vehículos eléctricos está aumentando en Suecia, la tasa de adopción es lenta en comparación con otros países similares (Harryson, Sigval. Ulmefors, 2015). Además, existe una variación significativa en la tasa de adopción de vehículos eléctricos en los municipios, a pesar de que los incentivos financieros para los vehículos eléctricos son los mismos. Según pronósticos Suecia no va alcanzar a su objetivo para el 2030, ya que su tasa de adopción sueca de vehículos eléctricos no es lo suficientemente alta, la Agencia de Energía de Suecia (2016) argumenta que existe la necesidad de información más detallada sobre las fuerzas impulsoras que afectan la adopción de vehículos eléctricos. (Harryson, Sigval. Ulmefors, 2015). Suecia también busca lograr la independencia fósil y un sector de transporte más eficiente en energía, dado que su producción de electricidad el 90% se genera a partir de fuentes renovables o nucleares (Egnér & Trosvik, 2018).

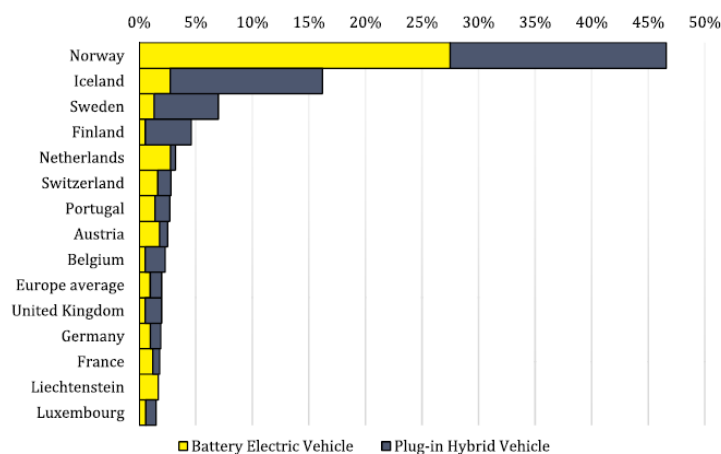


Figura 2.2. Cuota de mercado europea de vehículos eléctricos (ventas de vehículos nuevos) en 2018. Datos obtenidos de la Asociación Europea de Combustibles Alternativos (EAFO, 2018)

2.1. Barreras, influencias y políticas: estado del arte

La electrificación del parque automotor es una tendencia mundial, ya que los vehículos eléctricos se perciben como una alternativa clave para reemplazar a los vehículos de combustión interna para una transición a una sociedad descarbonizada. Sin embargo, esta transición energética no ha logrado el mismo progreso a nivel mundial, y se enfrentó a varios impedimentos para la adopción por parte de los consumidores de vehículos eléctricos (Noel, Zarazua de Rubens, Kester, & Sovacool, 2020).

¿Qué influye en la difusión o aceptación de los vehículos eléctricos ligeros? Para responder esta pregunta se consultó a la literatura, estos indican a los factores socio-técnicos como: los culturales, de educación, conciencia ambiental y actitud, género, edad y nivel económico, tienen un grado de influencia para la adquisición de un VE

En Europa, en los países nórdicos, indican que las influencias en las preferencias son: el género, la educación y ocupación, así como el envejecimiento y el tamaño del hogar afectan las preferencias (Sovacool, Kester, Noel, & de Rubens, 2018). Las diferencias culturales y la moral ecológica influyen en la adopción de un VE. (Barbarossa, Beckmann, De Pelsmacker, Moons, & Gwozdz, 2015). También se reconoce el “Escepticismo social”, la falta de conocimiento sobre si en verdad los VE ayudan al medio ambiente y el incentivo financiero (Haddadian, Khodayar, & Shahidehpour, 2015). En Asia, en Corea del Sur, según Choi et al., 2018, los consumidores tienen mayor afinidad a la adopción de VE, si la generación eléctrica es a base de energías

renovables (Choi, Shin, & Woo, 2018). Según He et al., 2018, en China lo que afectan significativamente la intención de compra de EV está dada por la personalidad, la innovación personal y la preocupación ambiental (He, Zhan, & Hu, 2018). Según Sun et al., 2016 en Japón solo los usuarios privados muestran una fuerte preferencia por la carga gratuita y los usuarios comerciales prefieren pagar en una estación dentro de una distancia de desvío de 500 m. (Sun, Yamamoto, & Morikawa, 2016).

En América, Canadá según Mohamed et al., 2018, influyen variables socio-económicas-demográficas; preocupaciones medioambientales, actitud, norma subjetiva, norma moral personal y control conductual (Mohamed, Higgins, Ferguson, & Réquia, 2018), mientras que Aksen et al., 2015, las preferencias por los EV, están motivadas por el estilo de vida y la preocupación ambiental, los consumidores ven un atributo específico como el ahorro de combustible. (Aksen, Bailey, & Castro, 2015). Según Nayum et al. 2016, los compradores de vehículos convencionales consideran que los atributos más importantes son la conveniencia y el rendimiento del vehículo, mientras que los compradores de los VE no, pero ambos compradores tienen una actitud positiva para comprar vehículos de bajo consumo de combustible (Nayum, Klöckner, & Mehmetoglu, 2016).

También nos indican que la adopción depende de la infraestructura de carga, rango de autonomía, kilometrajes que recorre el consumidor, precio del vehículo, precio total, tarifas de carga, tarifas eléctricas o precios de combustible. Como indican en las siguientes investigaciones. Según Dorcec et al. 2017, un papel importante en su aceptación será el desarrollo exitoso de un ecosistema EV integral, estableciendo una red eficiente de cargadores de EV, así como atractivos y tarifas de cobro asequibles (Dorcec, Pevec, Vdovic, Babic, & Podobnik, 2019). Según (Haddadian et al., 2015), el alto costo inicial sigue siendo una barrera, ya que eleva el “costo total de propiedad (TCO)”, así como el “mecanismo de financiamiento”, además las barreras técnicas como la “escasez de la infraestructura de carga” y “Limitaciones del rango real versus percibido”, también se reconoce el “Escepticismo social” como la falta de conocimiento de los EV (Haddadian et al., 2015). Según Palmer et al. 2018, en el Reino Unido, EE. UU. (California y Texas) y Japón, los vehículos eléctricos híbridos, tienen un precio superior que a menudo se puede compensar con menores costos de funcionamiento. Pero la brecha del costo total de propiedad de cada tipo de vehículo; EV, EVH, PHEV y los VCI es diferente. Año tras año, el costo total de propiedad de

los vehículos eléctricos híbridos varió menos en el Reino Unido debido a la ausencia de subsidios (Palmer, 2018)

En Latinoamérica, en México los factores significativos asociados con las ventas de vehículos híbridos y eléctricos, se correlacionan positivamente con el PIB per cápita, el costo de la electricidad y el precio de la gasolina (Briseño H, Ramirez-Nafarrate A, 2020). En Colombia, nos indican que el rango de autonomía del vehículo eléctrico depende según; tipo de vía, temperatura, topografía y tipo de conducción. Esta autonomía será de mucha influencia según el kilometraje recorrido de los usuarios (Restrepo, Rosero, & Tellez, 2014). En Argentina la percepción de los usuarios de las ventajas que se pueden conseguir mediante el uso de un VE, la reducción de la contaminación atmosférica y acústica, y el aumento de la eficiencia energética fueron atributos más destacados. Mientras que en términos de desventajas la falta de puntos de carga, las características reducidas de un EV y la importancia del rango de batería limitado son las más relevantes (De Luca, Di Pace, & Storani, 2018).

2.1.1. Barreras que se oponen a la comercialización de vehículos eléctricos

El objetivo de este trabajo de investigación es contribuir a la comprensión de la adopción de EV mediante un estudio de mercado conociendo la opinión de los grupos de interés en el mercado peruano. Nos centramos en los vehículos ligeros de uso privado, ya que son los que más volumen ocupan en el parque automotor del Perú y examinamos las barreras que impiden su masificación en diferentes mercados, para así plantear las posibles políticas como sugerencia para las autoridades competentes en el estado peruano para promover la adopción a nivel local. Analizando como los gobiernos de diferentes regiones y países están implementando para la transición energética. Para la adquisición de un nuevo producto, se debe presentar sus cualidades, características, ventajas y desventajas, es decir el consumidor debe tener información técnica y tecnológica de este nuevo producto, para ver si este satisface sus necesidades, y si este aún no se ajusta a la demanda del consumidor por las diferentes barreras que impiden su adquisición, para mitigar esta brecha se debería tener un cierto respaldo por las autoridades, es decir debería haber una política de estado que ayude a dicha transición tecnológica y energética. Como se mostró en ítems anteriores el apoyo de los gobiernos de los países sigue siendo fundamental. Por tal motivo, las autoridades y sector privado deben conocer las necesidades y las características de: el consumidor,

de su parque automotor, producción e importación del combustible y finalmente los recursos energéticos que tiene el país para la generación eléctrica.

La masificación de los vehículos eléctricos ha tenido cierta resistencia, en cada país y/o ciudad. Hay barreras más o menos significativas, dependiendo de cada lugar, según: las características de su mercado automotriz, tipo de transporte, cultura, economía, geografía y recursos energéticos. En Europa según Berkeley et al., 2018, la resistencia a la adopción de vehículos eléctricos se caracteriza por doce barreras que pueden reducirse y conceptualizarse como "incertidumbre económica" y factores "socio-técnicos". A su vez, se descubrió que la incertidumbre económica se asociaba significativamente con la edad y la geografía, mientras que los problemas socio-técnicos están relacionados con el género. (Berkeley, Jarvis, & Jones, 2018). Según Münzel et al., 2019, las ventas de VE en 32 países europeos, se identificó como barrera el nivel económico de los países y el precio del combustible. (Münzel, Plötz, Sprei, & Gnann, 2019). En la región nórdica las barreras comunes como el rango, el precio y la infraestructura de carga continúan persistiendo, a pesar de los avances tecnológicos en los últimos años. También muestran que las barreras están altamente interconectadas y comúnmente están conectadas al conocimiento y la experiencia del consumidor. (Noel et al., 2020). En Suecia, se identificó como barrera al número de estaciones en la red de carga y las preferencias de carga. (Vassileva & Campillo, 2017).

En Reino Unido según Skippon, et. al, 2016, una barrera para la adopción de vehículos eléctricos es el rango de desplazamiento por parte de los consumidores. (Skippon, Kinnear, Lloyd, & Stannard, 2016). En Irlanda O'Neill et. al, 2018, se identificó que la masificación está limitado por la falta de una promoción sostenida y la sensibilización, por esta razón los vehículos eléctricos representan una cuota de mercado de solo el 0.7% de los vehículos nuevos en 2017, una tasa baja de penetración, que está muy por detrás de las tasas de adopción de sus países vecinos (O'Neill, Moore, Kelleher, & Brereton, 2019). En los Países Bajos (Ámsterdam) en 2016, la elección para usar un EV tiene como barreras el alto precio de compra del vehículo y la incertidumbre sobre su valor residual. (Quak, Nesterova, & Van Rooijen, 2016). Según Plötz et al., 2014, en Alemania las barreras determinantes para que compradores privados adopten un vehículo eléctrico son: el precio y el rango de kilometraje, esto según los datos empíricos (Plötz, Schneider, Globisch, & Dütschke, 2014), por el alto

costo de la batería y tecnología inmadura solo unos pocos BEV y HEV son económicos sin subsidios en comparación con los ICEV. (Letmathe & Soares, 2017). En Reino Unido y Alemania, según la opinión de las partes interesadas, la deficiencia tecnológica sigue siendo inmadura en su desarrollo para su comercialización. Otras barreras son una infraestructura fragmentada, falta de estándares y regulaciones y escepticismo de los consumidores hacia una tecnología emergente. (Steinhilber, Wells, & Thankappan, 2013). En Suiza y Finlandia, una barrera es la limitación de la capacidad en la batería de los vehículos eléctricos con batería (BEV), que contribuyen a lo que se conoce como ansiedad de alcance, por lo tanto, representan un obstáculo para su adopción en el mercado masivo. (Melliger, van Vliet, & Liimatainen, 2018). Según Lévy et al., 2017 en Italia, una barrera importante para las ventas de vehículos eléctricos es su alto precio de compra en comparación con los vehículos convencionales. En Noruega, los incentivos condujeron al TCO más bajo para los vehículos eléctricos. En los Países Bajos, Francia y el Reino Unido, el TCO de los EV está cerca del TCO de los pares ICE. En otros países, el TCO de los vehículos eléctricos supera el de los vehículos convencionales. (Lévy, 2017), también lo indica Palmer et, al, 2018 (Palmer, 2018). En Francia, las barreras identificadas son el alto costo inicial, falta de infraestructura de carga y la poca publicidad de uso a los VE. (Windisch, 2014). En Letonia en el año 2016, nos dice que la ausencia de infraestructura de carga y alto costo inicial, son dos factores determinantes como barreras para la masificación de Vehículos Eléctricos. (Barisa, Rosa, & Kisele, 2016). Para los EEUU, según Egbue, et al., 2012, muestra que las barreras existentes para la masificación de los VE's son: El alto grado de incertidumbre que está asociado con los vehículos eléctricos y el alcance de la batería que es la mayor preocupación seguida del costo. (Egbue & Long, 2012). En Asia, en Singapur aunque el costo total de propiedad de los vehículos eléctricos está a la par con el de los ICEV las barreras que se encuentran son: la tecnología de la batería (autonomía), la infraestructura, la percepción pública y otros factores no relacionados con el costo, estos dificultan el atractivo de los vehículos eléctricos (Nian, M.P., & Yuan, 2017). En China (Tianjin) se exploró las barreras de percepción pública para la adopción generalizada de BEV, se identificó que el alto costo de la batería es la principal barrera tecnológica para la adopción masificada de BEV (She, Qing Sun, Ma, & Xie, 2017), por sus parte (Huang & Qian, 2018), estudió las preferencias de los consumidores de vehículos eléctricos en China, donde nos dicen que las ciudades con menor poder adquisitivo, menor cantidad

de habitantes y limitaciones en infraestructura, los consumidores son sensibles al precio de compra, el subsidio de compra y la cobertura de las estaciones de carga que sus contrapartes de ciudades con mayores nivel (Y. Huang & Qian, 2018). Por su parte (He, Zhan, & Hu, 2018), nos indican que las normas personales y la personalidad del consumidor tienen una influencia positiva en la intención de adopción de EV, específicamente dos que son la innovación personal y la preocupación ambiental, pero el altruismo proambiental es limitada, ya que dicha influencia está moderada por los costos externos, incluidos el precio percibido y la complejidad percibida (He & Zhan, 2018).

Tabla 2.1. Tipos de barreras que dificultan la adopción de VE's, según su tipo. (Noel et al., 2020)

TIPO	BARRERA
Económico	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Precio ➤ Falta de incentivos para los consumidores ➤ No puedo permitirme subsidiar a los vehículos eléctricos ➤ Modelos de negocio ➤ Precio del combustible y electricidad
Tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rango ➤ Infraestructura de carga pública ➤ Tiempo de carga prolongado ➤ Tecnología de batería ➤ Incendios de batería y seguridad
Técnico	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Falta de modelos de automóviles ➤ Impactos en la red ➤ Estándares de carga ➤ Carga pública demasiado compleja ➤ Fiabilidad ➤ Carga por demanda ➤ Limitaciones de vehículos comerciales ➤ Sin capacidad de carga inteligente
Social	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conocimiento del consumidor, barreras mentales ➤ Falta de voluntad política ➤ Solo es cuestión de tiempo ➤ Desinterés de concesionario ➤ Desarrollo del Ecosistema ➤ Servicios públicos conservadores ➤ Desinformación, cabildeo contra vehículos eléctricos ➤ Cantidades bajas de vehículos eléctricos dentro del parque automotor

En Sudamérica, Ecuador, las barreras que impiden la introducción del VE en la flota de taxis de la ciudad de Cuenca son: el 50% está enfocado en las barreras tecnológicas, la autonomía, tiempos de carga, infraestructura de recarga y personal para dar los mantenimientos, luego el 25% debido al factor técnico (características y el funcionamiento) y por último el 25% en las económicas, son el costo del vehículo

eléctrico, baterías y la limitada información de los usuarios.([Ordóñez Chillogalli, 2019](#)). En Argentina se encontró que la primera barrera es el precio de compra del vehículo eléctrico, luego la autonomía de la batería, en tercer lugar la falta de infraestructura de puntos de recarga públicos y finalmente la reducción de impuestos ([De Luca et al., 2018](#)). Entonces según la literatura se construyó una tabla 2.1 donde se identifica el tipo de barrera que representa ([Noel et al., 2020](#)).

En resumen, sobre las barreras, según [Haddadian et al., 2015](#), nos dice que el alto costo inicial, sigue como una barrera, ya que eleva el “costo total de propiedad (TCO)”, así como el “mecanismo de financiamiento”, además las barreras técnicas como la “escasez de la infraestructura de carga” y “Limitaciones del rango real vs percibido”. También se reconoce el “Escepticismo social” y la falta de conocimiento de los posibles compradores ([Haddadian et al., 2015](#)).

2.1.1.1. Barreras económicas

En el Perú, desde el 2016, en que se introdujeron los vehículos eléctricos e híbridos, han tenido poca acogida. El primer obstáculo para la Asociación Automotriz del Perú (AAP) es su elevado precio, ya que existe una diferencia de entre US\$ 5,000 y US\$ 8,000 entre un vehículo eléctrico y su similar convencional ([Gestion.pe, 2019](#)), recordemos que en ítems anteriores que el costo de la batería representa 40-50% del precio total del vehículo.

2.1.1.1.1. Costo del vehículo eléctrico

En la actualidad, los vehículos que utilizan combustibles fósiles comparando con el VE cuestan un 25% menos, En el país se promocionan cinco modelos de autos eléctricos: Nissan (LEAF), Renault (Twizy y Zoe), BYD (E5), Chevrolet (BOLT), y Kia (SOUL), los costos rondan los 14990 mil dólares y 34990 mil dólares, según las características de cada modelo ([EL COMERCIO, 2018](#)).

Si bien es cierto que se introdujeron VE en 2016 de manera comercial, ya desde 2012 en el Perú se presentó al mercado nacional por iniciativa de la empresa de distribución eléctrica EDELNOR (hoy ENEL) y del fabricante Mitsubishi, el VE versión i-MiEV, que es un auto urbano 100% eléctrico, y dotado de baterías de litio que le proporciona hasta 150 km de autonomía, a un precio fue aproximadamente US\$ 29000.0 ([Gestion.pe, 2012](#))



Figura 2.3. Primer Vehículo eléctrico presentado en el Perú, Mitsubishi i-MiEV, el 2012, fuente (Tecnologia21.com, 2012).

El 2017 Toyota presenta sus dos versiones PRUIS C cuyo precio fue US\$ 27,800, hoy ese precio es menor US\$ 22,990. Hoy en día también presenta los modelos Corolla Hatchback (convencional) a US\$ 23,390 y un modelo híbrido a US\$ 28,490.



<p>Corolla Hatchback NUEVO</p>  <p>Desde \$23,390 o S/78,356.50</p>	<p>Corolla Hatchback Hybrid NUEVO</p>  <p>Desde \$28,490 o S/95,441.50</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 2.4. Modelos Toyota en el mercado peruano. Fuente Toyota.pe

En el 2019 Nissan presentó la nueva versión de su auto eléctrico insignia, el **LEAF**, en un modelo bautizado como **e+** y que soluciona muchas de las limitaciones que tenía en anteriores ediciones, cuya carga de su batería al 80% se da en solo 40 minutos, con un precio US\$ 28,180 dólares americanos ([RPPNoticias](http://RPPNoticias.com), 2019).

Hyundai también presenta su modelo VE, tanto en BVE como HEV, siendo el modelo Ioniq Eléctrico a US\$ 39,990 y el modelo Ioniq Híbrido a US\$ 28,990.

<p>Ioniq Eléctrico</p> <p>Desde US\$39,990 o S/135,166</p> 	<p>Ioniq Híbrido</p> <p>Desde US\$26,990 o S/91,226</p> 
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 2.5. Modelos disponibles en el Perú. Fuente Hyundai Perú 2020.

Renault también puso a modo de exposición en el año 2016 su modelo TWIZY, pero no tuvo éxito su comercialización. Hoy en día, ya no se encuentra dicho modelo en el mercado peruano. La autonomía cada vez está aumentando, en el Perú ya está a la venta el IONIQ Eléctrico de Hyundai con un rendimiento autónomo de hasta 373 km, con un costo de US\$39,990 (hyundai.pe, 2020).

2.1.1.1.2. Costo de las baterías

En 2013, se evaluó la disposición a pagar por un mayor alcance en vehículos alternativos en más de 80 estudios (Dimitropoulos et al., 2013), y hay varios estudios más recientes sobre este tema (Helveston et al., 2015)(Hackbarth & Madlener, 2016) (Wang & Daziano, 2015). Tales análisis han demostrado que BEV podría comenzar a ser atractivo cuando los costos de la batería alcancen los 300USD/kWh (Van Vliet et al., 2011)(Hidrue et al., 2011). Como se muestra en la figura 2.6, se estima que el costo de la batería baje a 100 USD/kWh para el 2030 (Nykqvist, Sprei, & Nilsson, 2019).

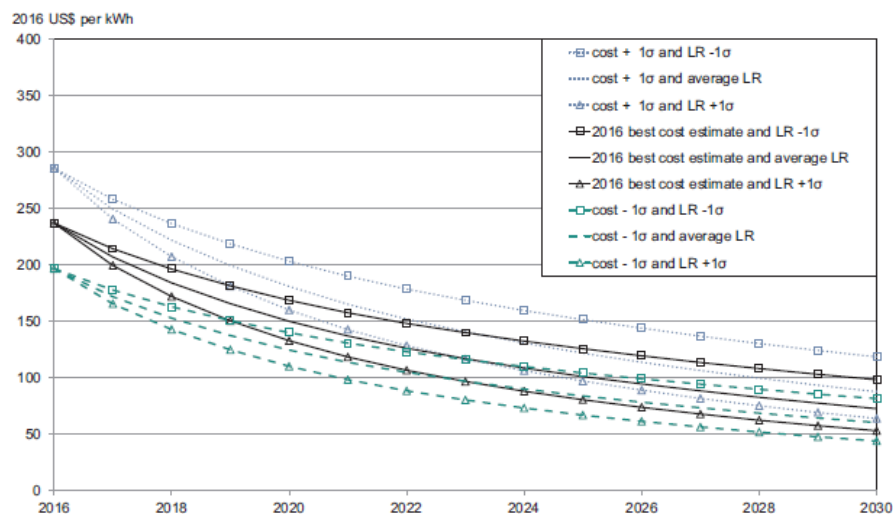


Figura 2.6. Escenario de los futuros costos del paquete de baterías de iones de litio basado en un escenario BEV de ventas acumuladas de 60 millones de BEV para 2030 (Nykqvist et al., 2019).

2.1.1.1.3. Limitada información sobre los vehículos eléctricos

Los transportistas y la ciudadanía en general tienen un concepto equivocado con respecto a las características y el funcionamiento del vehículo eléctrico. La falta de cultura y conocimiento en el tema, se centra principalmente en la autonomía real que tiene el vehículo eléctrico, el enfoque que se tienen con respecto a la seguridad, la

cantidad de veces y el tiempo que se requiere para recargarlos en función de sus necesidades de transporte. En algunos lugares se identificó como barrera la falta de publicidad y sensibilización sobre los vehículos eléctricos, como lo sucedido en Irlanda (O'Neill et al., 2019). En los países en vías de desarrollo, las políticas de difusión y publicidad, también serán pilares fundamentales para la masificación de vehículos.

2.1.1.2. Barreras técnicas

Son obstáculos como la falta de modelos de vehículos eléctricos similares a los vehículos convencionales que son de preferencia de los usuarios, también se necesita estudiar y conocer sobre el impacto en la red eléctrica ya que habrá un aumento en la demanda, además de una modificación de hora pico en el consumo. El sistema de recarga también puede tener un impacto, desde el tiempo de carga, el sistema de carga, que restringen la aceptación a la movilidad eléctrica, también muchos investigadores hacen referencia la influencia de los precios de combustible, por ejemplo el precio del petróleo y gasolina son relativamente bajos en Ecuador y esto puede ser negativo para la adopción de vehículos eléctricos, y en muchos países el precio elevado de la electricidad perjudica la adopción de vehículos eléctricos.

2.1.1.3. Barreras tecnológicas

La tecnología del vehículo eléctrico es exclusivamente dependiente del desarrollo tecnológico de la batería y las barreras que presenta, es decir el rango de su autonomía, el tiempo de carga prolongado, la infraestructura de carga pública, y para muchos usuarios los incendios de baterías y la seguridad (Noel et al., 2020). Además, muchos usuarios tienen una costumbre, preferencia por el uso y los costos de operación de los vehículos convencionales. También muchos investigadores hacen referencia la influencia de los precios de combustible, por ejemplo el precio del petróleo y gasolina son relativamente bajos en Ecuador y esto puede ser negativo para la adopción de vehículos eléctricos (Ordóñez Chillogalli, 2019), en muchos países el precio elevado de la electricidad perjudica la adopción de vehículos eléctricos (Tessa, 2014).

2.1.1.3.1. Autonomía del vehículo eléctrico

Es el tiempo de duración de la batería al realizar un determinado recorrido sin necesidad de recargar que está ligada a la capacidad que tenga la batería. La autonomía del VE varía en función del tipo de recorrido y el uso de climatización del vehículo, según sus actividades de recorrido de los taxis, en el país se comercializan las marcas de BYD E6 con 312,2 km de recorrido y Kia SOUL EV 212,6 km de recorrido, El NISSAN LEAF dispone de una autonomía que dependerá de la capacidad de carga de su versión del LEAF (de 24 a 30 kWh), entre 130 y 200 km (LUGENERGY, 2018). En el Perú ya está a la venta el IONIQ Eléctrico de Hyundai con una autonomía de hasta 373 km (hyundai.pe, 2020), una autonomía muy superior al recorrido promedio diario de los vehículos ligeros de uso privado en el Perú.

2.1.1.3.2. Tiempos de recarga

La recarga de los vehículos eléctricos, se da a diferentes potencias, el tiempo de recarga está en relación a la potencia. Los tiempos de recarga están clasificados como se muestra en la tabla 2.2 (Wikström, 2015).

Tabla 2.2. Tipos de cargadores de vehículos eléctricos (Wikström, 2015)

Tipo	Potencia	Tiempo	Conectores	Tipo de corriente
Carga lenta	10-16A 2.4-3.8 kW	Aprox. 6-12 horas	Enchufe estándar (3-pin) Tipo 1 - 3kW (5 pines) Tipo 2: 3 kW (7 pines)	Corriente alterna (C.A)
Carga Semi-rápido	16-32 A 7 – 22 kW	Aprox. 3-4 horas	Tipo 1 - 22 kW (5 pines) Tipo 2 - 22 kW (7 pines)	Corriente alterna (C.A).
Carga rápida	32 A 43 – 50 kW	Aprox. 30 minutos	Tipo 2 - 43 kW CA (7 pines) CHAdemo–50 kW CC (4 pines) CCS – 50 kW CC	Corriente Continua (CC).

2.1.1.4. Barreras sociales

Los factores sociales incluyen el comportamiento y la actitud de los usuarios de vehículos eléctricos, incluidos los conductores de camiones eléctricos, clientes de camionetas, autos eléctricos y el público en general. El rendimiento percibido de los vehículos eléctricos por parte de los usuarios determina en gran medida la voluntad de aceptar y usar vehículos eléctricos; por lo tanto, los factores humanos son muy relevantes para la implementación de EV. En algunos casos, los conductores informaron un rechazo inicial de los vehículos; La capacitación de los conductores fue

importante y condujo a un alto nivel de aceptación. Después de utilizar los EV por algún tiempo, los conductores se mostraron muy positivos con respecto a los EV, especialmente “la impresionante aceleración”, teniendo la comodidad de una “caja de cambios automática”, seguridad y operación silenciosa. El estilo de conducción también influye, en la eficiencia del vehículo eléctrico, aumentando el alcance de las baterías hasta en un 30%, el comportamiento de los conductores, junto con la temperatura ambiente y el peso cargado, es importante cuando se discuten factores que influyen en el rango máximo (Tessa, 2014)

2.1.2. Factores que influyen en la adopción de EV

Según las investigaciones anteriores, los factores que afectan el despliegue de vehículos eléctricos se clasificaron principalmente en tres dimensiones; factores tecnológicos, factores políticos, factores ambientales.

2.1.2.1. Factores tecnológicos

Al hablar del factor tecnológico en los VE's, es hablar en su exclusividad de la batería, de sus características, precio, volumen, material y peso. Según la literatura para muchos investigadores las baterías son el factor determinante, ya que la distancia de conducción (autonomía), tiempo de carga, y el precio elevado, son los principales obstáculos para la adopción y difusión de EV (Rezvani et al., 2015)(Carley, Krause, Lane, & Graham, 2013)(Brownstone, Bunch, & Train, 2000)(Barth, Jugert, & Fritsche, 2016)(Lee et al., 2017).

Otros estudiosos del tema, señalaron que el rango de conducción limitado o también conocido como la autonomía de los VE's es una de las principales barreras decisivas en su masificación, por ejemplo en Alemania (Lieven, Mühlmeier, Henkel, & Waller, 2011), (Hackbarth & Madlener, 2016). Pero como se estudió con la introducción del Litio en las baterías se mejoró sus propiedades dándole mayor autonomía, se sigue optimizando la relación el volumen o peso de la batería y el precio, ya que a mayor volumen de la batería a mayor precio. Otro factor que tienen los compradores o usuarios es el tiempo de carga, ya que el tiempo de carga es muy prolongado en comparación con los ICEV, para los VE's el tiempo de carga de su batería puede tomar horas cargar, pero en una estación de carga rápida puede tomar 30 minutos en cargarlo, mientras que el usuario de ICEV solo necesita de 4 minutos, esta

comparación afecta la costumbre del usuario y no es de su agrado, limitando su adopción. Además, otros factores tecnológicos, como la duración de la batería, el espacio de la cajuela, la velocidad máxima, se consideran una de las barreras técnicas para limitar la adopción por parte de los consumidores (W. Li, Long, Chen, & Geng, 2017), (Jensen, Cherchi, & Mabit, 2013).

2.1.2.2. Factores políticos.

Como se mencionó un nuevo producto con muchas barreras se necesitará de cierta ayuda por parte de los grupos de interés, ya que el mercado de vehículos eléctricos aún se encuentra en una etapa temprana de desarrollo en comparación con el mercado ICEV existente (Clogston., 2013). Para abordar las fallas resultantes del mercado, los gobiernos han empleado una serie de políticas. En el 2014 Sierzchula realizó un estudio buscando determinar la relación de uno de esos instrumentos de política (incentivos financieros para el consumidor) con la adopción de vehículos eléctricos, se identificó varios factores socioeconómicos adicionales que se espera que sean influyentes para determinar las tasas de adopción de vehículos eléctricos. Este estudio es muy citado en la comunidad que investiga la introducción de vehículos eléctricos al mercado, ya que se estudió entre las relaciones socioeconómicas y la tasa de adopción en 30 países. Descubriéndose que los incentivos financieros, la infraestructura de carga y la presencia local de las instalaciones de producción están relacionadas con la adopción de vehículos eléctricos. Sin embargo, el análisis descriptivo implica que si no están interrelacionados no garantiza una alta tasa de adopción (Sierzchula, Bakker, Maat, & Van Wee, 2014).

Es decir, el apoyo político activo de los gobiernos es un factor determinante para la creación inicial de mercado y la difusión a gran escala de vehículos eléctricos. Por lo tanto, muchos países que promueven los vehículos eléctricos están brindando apoyo de políticas tales como subsidios de compra, gasto público, reducción de impuestos, exención de impuestos, objetivo de despliegue de vehículos eléctricos, carga gratuita y permisos de estacionamiento (Yong & Park, 2017). En los Estados Unidos, tanto el gobierno federal como los gobiernos estatales han tomado subsidios directos, créditos fiscales o exenciones fiscales para estimular a los consumidores a comprar vehículos eléctricos mientras que en China, el gobierno alienta la compra de vehículos públicos en la etapa primaria y luego apoya la explotación del mercado privado de vehículos eléctricos en algunas ciudades piloto (X. Zhang, Xie, Rao, &

Liang, 2014). De acuerdo con las referencias, las políticas principales como los subsidios, los impuestos preferenciales, el estacionamiento gratuito y los privilegios de conducir tienen efectos positivos en la adopción de vehículos eléctricos por parte de los consumidores (Wenbo Li, Long, & Hong, 2016), (Sang & Bekhet, 2015), (Y. Zhang, Yu, & Zou, 2011), según Whitehead et al. expreso que una política de exención de impuestos de congestión puede aumentar sustancialmente la participación de vehículos eficientes en energía en Estocolmo (Whitehead, Franklin, & Washington, 2014), estos resultados están en línea con la afirmación de Aasness y Odeck de que el aumento en el uso de vehículos eléctricos es el resultado de múltiples incentivos económicos (Aasness & Odeck, 2015).

2.1.2.3. Factores medioambientales.

Los vehículos eléctricos tienen una competencia directa con los vehículos convencionales, al tener diferentes fuentes energéticas, muchos países tratan de impulsar a los VE's como una tecnología que desplace a los vehículos convencionales, por ser el principal agente contaminante por el volumen hace que el sector transporte sea el principal emisor de GEI, al tener esta competencia directa de las fuentes energéticas. Muchos investigadores indican que la moral y ética medioambiental de los clientes influye en su aceptación. La adopción va depender de los precios del combustible y de electricidad, ya que es una relación directa con el TCO (costo total de la propiedad). Esto ya no depende de los fabricantes de los vehículos, esto es solo un factor que depende del mercado local. En resumen, según Coffman et al. 2015, indica que los precios del combustible son los predictores más fuertes de la adopción de HEV y afectarían de manera similar la adopción de EV dependiendo del precio relativo de la electricidad, así como las características del consumidor, tales como ingresos, educación, género, nivel de ambientalismo, también afectan la compra de vehículos eléctricos. (Coffman, Bernstein, & Wee, 2015). Como es de esperar los ciudadanos de los países con mayor PBI per cápita tienen la disposición a pagar vehículos eléctricos, pero como estudio de Sierzchula (2014), indica que un aumento en la infraestructura de carga afecta positivamente debido al rango de conducción limitado. (Sierzchula et al., 2014). Pero esto ya es un factor tecnológico y esto ya depende del desarrollo de la tecnología de los fabricantes.

2.1.3. Política de fomento de comercialización de los vehículos eléctricos

Aunque el vehículo eléctrico nació primero, hoy en día el mercado de vehículos eléctricos aún se encuentra en una etapa temprana de desarrollo en comparación con el mercado ICEV existente, este último tiene un predominio casi en su totalidad en el mercado mundial y en peruano. Como ya se mencionó en esta etapa de transición sólo países que cuentan con un alto poder adquisitivo fueron los primeros en experimentar con los vehículos hoy en día se están expandiendo con gran ayuda de sus autoridades. En el cuadro 2.3 se muestran algunas variables que son las políticas que se proponen según la agrupación de factores propuestos por (Yong & Park, 2017).

Cuadro 2.3. Condición causal y condición de resultado. (Yong & Park, 2017)

Variables		Descripción de variables	
Condición de resultado		Tasas de penetración de ventas de automóviles nuevos EV	
Condiciones causales	Factores de política	Carga gratis	Libre de tarifa de carga EV
		Compra de subsidios	Incentivos de compra directa
		Exención de impuestos	Una exención monetaria que reduce la renta imponible
	Factores ambientales	Apoyo fiscal	Número de apoyo fiscal como: incentivos fiscales, exenciones, deducciones, etc.
		Disponibilidad de estaciones de carga	Índice de estación de carga EV por unidad de área
		Estado económico	PIB per cápita

En el 2017, Taeseok Yong y Chankook Park, realizaron un estudio llamado análisis comparativo cualitativo de conjuntos difusos (fsQCA) donde mediante simple comparación entre la tasa de penetración de ventas, diferentes parámetros socioeconómicos y las políticas. Como se muestra en la tabla 2.4 trata de encontrar los factores o políticas y su relación con la adopción de los vehículos eléctricos (Yong & Park, 2017).

Tabla 2.4. Puntaje de membresía difuso de condiciones casuales y condición de resultado (Yong & Park, 2017).

País	Tasas de penetración de ventas de automóviles nuevos EV a nivel de país	Índice de estación de carga EV por unidad de área	PIB per cápita	Apoyo fiscal	Exención de impuestos	Subsidios de compra	Carga gratis
Australia	0.05	0.05	0.70	0.33	1	0	1
Bélgica	0.53	0.54	0.53	0.67	1	1	0
Bulgaria	0.05	0.05	0.07	0.17	1	0	0
Canadá	0.33	0.05	0.56	0.00	0	1	1
China	0.50	0.51	0.08	0.33	1	1	0
Croacia	0.11	0.14	0.10	0.00	0	1	0
France	0.53	0.51	0.46	0.67	1	1	0
Alemania	0.44	0.52	0.54	0.33	1	1	0
Grecia	0.05	0.05	0.16	0.17	1	0	0
Islandia	0.57	0.05	0.64	0.17	1	1	0
India	0.05	0.05	0.00	0.50	1	1	0
Italia	0.07	0.44	0.33	0.17	1	0	0
Japón	0.50	0.61	0.42	0.33	1	1	0
Corea	0.07	0.05	0.29	0.33	0	1	0
Lituania	0.33	0.06	0.13	0.17	1	0	0
Luxemburgo	0.44	0.56	0.95	0.33	0	0	0
Malta	0.17	0.75	0.22	0.00	0	1	0
Países Bajos	0.54	0.95	0.57	0.33	1	1	0
Noruega	0.95	0.53	0.85	0.33	1	1	0
Portugal	0.50	0.5	0.18	0.50	1	0	0
Suecia	0.57	0.17	0.64	0.67	1	1	0
Suiza	0.53	0.57	0.88	0.50	1	0	0
UK	0.52	0.54	0.56	0.50	1	1	1
USA	0.50	0.27	0.70	0.50	1	1	1

Algunos antecedentes en el Perú, para aplicar leyes medio ambientales en el sector transporte: Una política para mejorar la calidad del parte automotor, en el Perú una acción se dio con el bono del chatarreo, el 21 de diciembre del 2019, el Poder Ejecutivo emitió Decreto de Urgencia N° 029-2019, con el propósito de fomentar el bono del chatarreo y con un financiamiento de 80 millones de soles para reemplazar vehículos con una antigüedad de más de 20 años para renovar el parque automotor (El Peruano, 2019).

Otro plan de acción fue mejorar la eficiencia del parque automotor con el control de calidad de los camiones u ómnibus con el llamado EURO. Guiado por estándares de la Unión Europea en la emisión “EURO” para limitar la cantidad de químicos dañinos por galón, hay 6 niveles de estándares adoptados en diferentes partes del mundo. En el Perú se aplica la referencia a la Euro 4. La emisión de CO₂ estándar permitido por Euro 4 en la gasolina es de 1.0g/km, mientras que es de 0.5g/km para el diésel.

Otra política aplicada en el Perú es el **BonoGas** Vehicular, cuya finalidad es la transición energética para usar el sistema de gas natural vehicular (GNV), así convertir al sistema

de gas licuado de petróleo (GLP) o el sistema de combustión de gasolina en GNV. El financiamiento máximo es un monto de S/. 4000 por beneficiario, esto incluye la conversión más la certificación inicial del automóvil, el crédito otorgado tiene un interés menos al 3% con plazo de hasta cinco años.

De acuerdo con las investigaciones anteriores, los factores que afectan a la implantación de los vehículos eléctricos se clasifican en tres dimensiones; factores tecnológicos (Maruyama, Division, & Bureau, 2014), factores de política y los factores ambientales (Yong & Park, 2017). Otros investigadores colocan a factores técnicos y los factores socioeconómicos, pero todo esto depende de cómo se trata de analizar, pero como también se mencionó, hay cierta relación entre ellos. Pero como se mencionó líneas anteriores en muchos países los factores políticos, son determinantes para la adopciones de nuevas tecnologías, inmaduras y caras, como el mercado de vehículos eléctricos está todavía en una etapa temprana de desarrollo en comparación con el mercado ICEV existentes (Stokes & Breetz, 2018). Por lo tanto, el apoyo de políticas activas del gobierno es un factor importante para la creación de mercados y a gran escala de difusión inicial de los vehículos eléctricos. Por lo tanto, muchos países que promueven los vehículos eléctricos están proporcionando apoyo a la política como los subsidios de compra, gasto público, reducción de impuestos, exención de impuestos, destino del despliegue de EV, carga libre y permisos de estacionamiento.

El precio de compra y el costo total de propiedad (TCO) para los EFV son significativamente más altos que para los vehículos convencionales. Eso se explica por el alto costo de la batería y los volúmenes de producción limitados de estos vehículos (Nesterova, Quak, Balm, Roche-Cerasi, & Tretvik, 2013), el informe de última generación establece que, a largo plazo, se espera que los EFV se vuelvan más competitivos, incorporando ahorros por el rendimiento operativo mejorado, la reducción de los precios de compra debido a la producción masiva y los beneficios ambientales asociados. Actualmente, dado que los operadores suelen estar más centrados en los beneficios a corto plazo, es difícil una mayor aceptación de los vehículos eléctricos. El hecho de que el mercado de segunda mano y el valor residual de los EFV aún no se conozcan claramente retrasa a algunos de los operadores en su decisión de compra (Quak et al., 2016).

Las compañías de arrendamiento y financiación también son reacias a invertir debido a estas incertidumbres. Las opciones de arrendamiento o intercambio de baterías se consideran opciones potenciales para reducir la compra de vehículos y los costos operativos. Estas conclusiones principales siguen siendo las mismas años después: por un lado, el precio de compra es más alto y, por otro lado, los costos de energía y mantenimiento son (o podrían ser) más bajos que para los vehículos convencionales.

El costo total de la propiedad TCO, se muestra en la figura 2.7, donde están los costos fijos o costos iniciales y los costos recurrentes o costos de funcionamiento y mantenimiento.

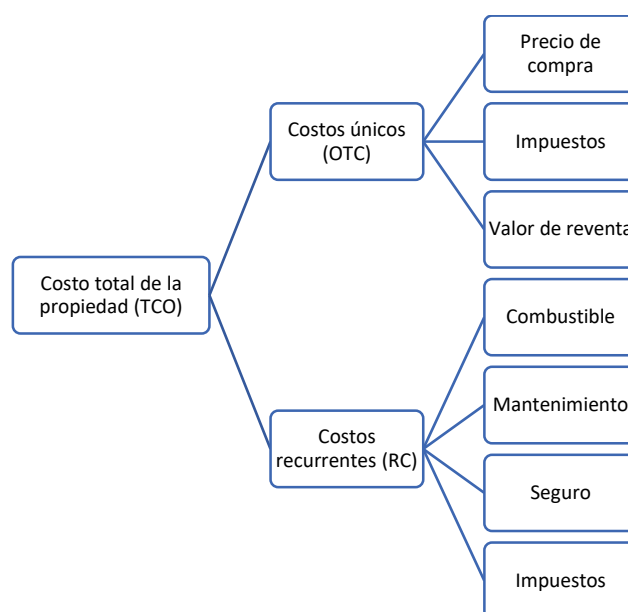


Figura 2.7. Marco del costo total de propiedad como se usa en muchos estudios (Wu, Inderbitzin, & Bening, 2015), (Windisch, 2014)(van Velzen, Annema, van de Kaa, & van Wee, 2019).

Como se pueden ver en las gráficas continuas se puede tener al precio de costos únicos en la intersección e del eje de la abscisas mientras que los costos recurrentes influyen en la pendiente de la recta de costo total de la propiedad, según el estudio realizado en la Universidad de Sao Paulo, Brasil nos indican que tanto el mercado boliviano como el paraguayo no están preparados para la introducción de VE's. Pero también nos indican que hay mucho potencial con una ayuda política, ya que cuentan con los recursos, tanto como en la generación de electricidad en Paraguay y las reservas de litio disponibles en Bolivia, falta crear un mercado, mejorar las condiciones actuales. Como se muestra en la figura 2.8 se muestra el TCO para cada tipo de vehículo, en la figura 2.9 muestra los efectos de los subsidios (Sauer et al., 2015).

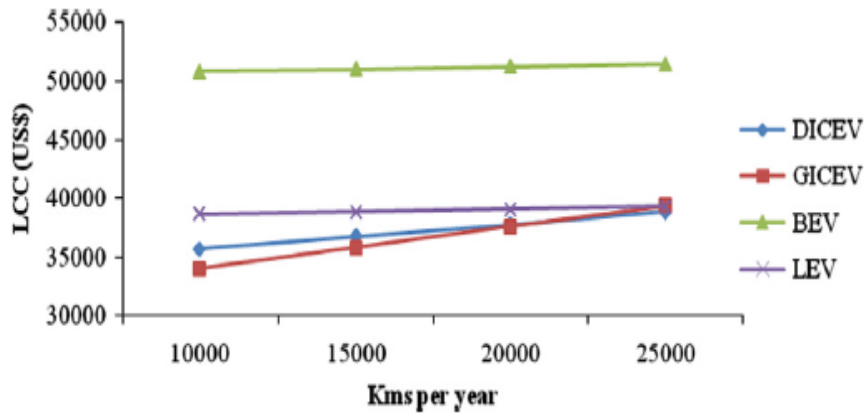


Figura 2.8. Análisis de sensibilidad de los vehículos Costo del ciclo de vida, en función de los kilómetros por año recorridos. (Sauer et al., 2015)

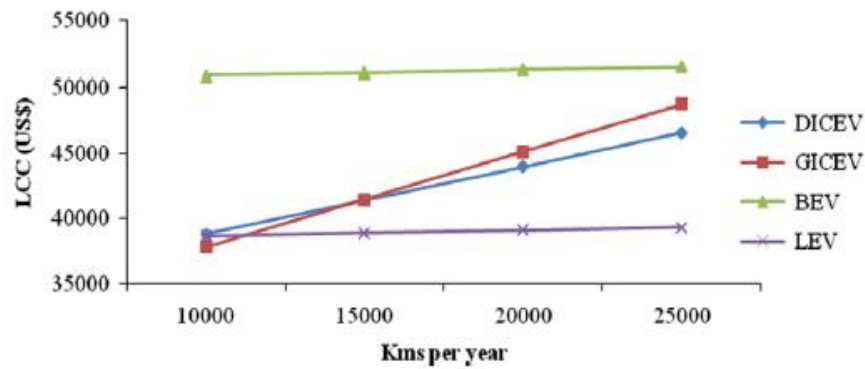


Figura 2.9. Análisis de sensibilidad de los costos del ciclo de vida de los vehículos en función de los kilómetros recorridos por año sin subsidios. (Sauer et al., 2015)

La investigación de (Tessa, 2014) nos indica que en Alemania “el precio de la energía eléctrica está influenciado por el cierre de reactores nucleares, plantas de energía renovables adicionales y una mayor construcción de la red eléctrica. Por lo tanto, estos factores deben ser monitoreados de cerca ya que la rentabilidad de los vehículos eléctricos está influenciada por el precio de la energía eléctrica”, (Tessa, 2014). Aunque los costos de mantenimiento regulares informados hasta ahora para los EFV parecen ser significativamente menores (20-30% más bajos) que para los ICEV (Tessa, 2014), (Pelletier, Viswanath, & Mathew, 2014).

Ante esto se tiene que ver la competitividad del mercado nacional, con respecto al precio de la electricidad en el Perú, como se puede ver en la figura 2.10, el Perú tiene un precio intermedio en la región.

Tarifas Eléctricas Residenciales en Latino América – 4to Trimestre 2018

Fuente: GRT – Osinergmin

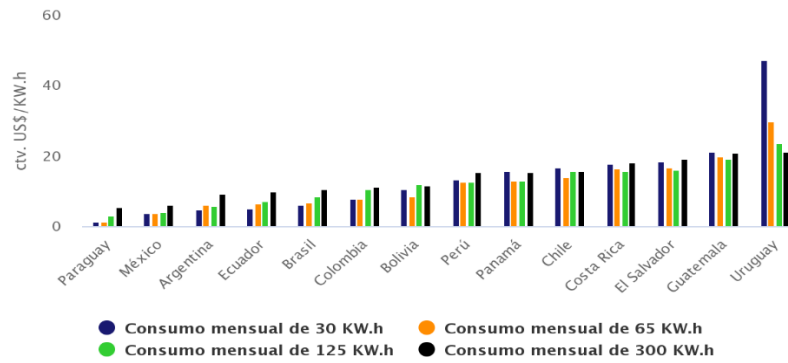


Figura 2.10. Precios de tarifa eléctricas residenciales en Latino América-4to trimestre 2018, fuente (OSINERGMIN, 2019)

Según (Tessa, 2014) y compañía, quienes realizaron una descripción general de las opciones disponibles para reducir el TCO de los EFV: es decir, reducción de la inversión de capital (por ejemplo, subsidio del precio de compra), la sumatoria de todo representa el precio de compra del vehículo eléctrico. Entonces para disminuir la pendiente de la TCO de los VE's, se puede disminuir el precio del combustible que este caso es la electricidad, muchos proponen cargas gratis en lugares públicos. Para dar un aumento del alcance del vehículo (por ejemplo, implementación de carga lenta y rápida, implementación del sistema de cambio de batería o instalación de paneles solares en techo del vehículo), aumento de la rotación de EFV (al comunicar la imagen verde, beneficiándose de los privilegios adicionales proporcionados por las autoridades locales), disminuyendo aún más los gastos operativos (cobrando las horas pico permitiendo tarifas reducidas de electricidad) (Tessa, 2014), como se muestra en la figura 2.11.

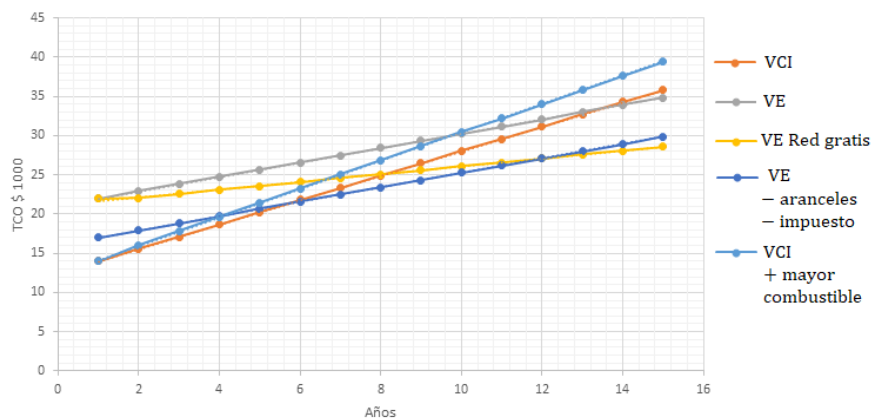


Figura 2.11. Precio total de la propiedad (por mil dólares) versus los años, para diferentes acciones o condiciones, elaboración propia.

Según la teoría proporcionada se puede apreciar el cambio de TCO, según diferentes condiciones, que pueden ser por apoyar a los VE con menos impuestos vehiculares, menos aranceles, recargas gratis, pero también se puede dar una ayuda a los VE, dando dificultades o encareciendo el TCO de los VCI, como alzar los precios del combustible, cómo se muestran en la figura 2.11 cada acción hace que el tiempo donde el TCO del VE y del VCI sean iguales.

En resumen, los vehículos eléctricos tienen una FODA que se muestra en la tabla 2.5, los beneficios son buenos para mejorar la calidad del parque automotor. Las políticas y el desarrollo tecnológico harán aminorar las debilidades y amenazas.

Tabla 2.5. FODA de VE en comparación con ICEV(Quak et al., 2016)

<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bajos costos de combustible • Eficiencia de operación en caso de apoyo gubernamental • Buen desempeño ambiental • Sin ruido del vehículo • Aceptación positiva por parte del público. 	<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altos costos de adquisición • Capacidad de carga limitada • Soporte postventa limitado, poco confiable y costoso. • No hay mejores ingresos (número limitado de clientes que pagan más) por entregas de VE's. • Problemas de red con gran flota. • Disponibilidad limitada de vehículos.
<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los vehículos nuevos tienen mayor alcance. • Se adapta bien a los nichos específicos. • Disponibilidad de puntos de recarga públicos. • Esquemas innovadores de alquiler de vehículos / baterías. • Disminución del precio de la batería. 	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulación poco clara con respecto a la certificación. • Mejor desempeño ambiental de vehículos que funcionan con combustibles alternativos. • Bajos precios del petróleo y precios crecientes de la energía.

2.2. Sector transporte peruano

Según la matriz energética del Perú, el sector transporte consume el 43% del total de la energía, como se muestra en la figura 2.12 y es el responsable de 21% de las emisiones de CO₂, ya que es un gran consumidor de combustibles fósiles, en el transporte de carga se utiliza principalmente petróleo diésel y gasolina.

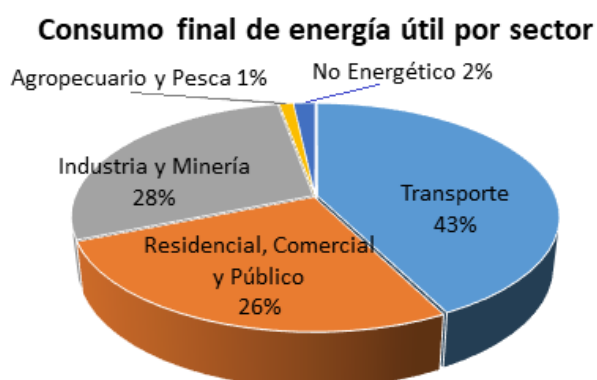


Figura 2.12. Consumo final de energía útil por sector, fuente MINEM.

El sector transporte en el Perú, como en muchos países del mundo tiene una alta dependencia de los combustibles fósiles, como la gasolina y el diésel, desde inicios del milenio la introducción de vehículos a gas, se introdujo gradualmente, hasta llegar al 10% de uso total del consumo energético en el sector, el costo de la conversión, los autos importados no tienen un sistema a gas, es decir el consumidor tiene que realizar una conversión y esto hace que no se siga masificando su uso.

Tabla 2.6. Consumo final de energía en el sector transporte (2010-2019).
(UNIDAD: TJ), Fuente (MINEM, Balance Energético 2019)

INDICADORES	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Energía secundaria							
Bunker					48.756	50.235	48.778
Gas Licuado de Petróleo	17,070.1	19,157.9	21,075.2	22,801.2	23,518.1	25,276.7	32,483.1
Gasohol 1	45,914.6	48,771.6	54,062.7	62,306.5	73,195.5	76,652.9	78,325.2
Gasolina Motor 1	8,341.5	8,808.7	8,988.7	10,406.9	12,437.9	13,254.2	13,901.9
Turbo	31,388.7	34,856.4	36,547.1	41,346.6	14,488.6	15,318.9	16,130.3
Diésel Oil/Diésel BS 2	176,310.5	172,737.8	186,005.5	193,501.1	191,387.0	197,863.8	205,154.6
Pet. industrial	9,567.6	5,686.4	5,950.4	7,729.8	1,496.9	1,239.1	754.7
Gas Natural	24,456.2	26,625.6	27,152.8	27,482.7	29,464.0	29,977.6	30,594.8
Electricidad	12.3	132.2	172.2	164.0	172.9	214.9	270.7
Total E. Secundaria	313,063.4	16,776.6	339,954.5	365,738.7	394,916.5	410,033.5	426,392.8
TOTAL ENERG.	313,063.4	316,776.6	339,954.5	365,738.7	394,916.5	410,033.5	426,392.8
Tasa de crecimiento	7.7%	1.2%	7.3%	7.6%	8.0%	3.8%	4.0%
PBI							
(Millones de S/. de 2007)	456435	467 280	482473	501537	514217	534695	546161
Tasa de crecimiento	5.90%	2,4%	3.30%	4.00%	2.50%	4.00%	2.10%

Como se observó en la tabla 2.6, el sector transporte tiene una altísima dependencia de hidrocarburos líquidos, esto hace que el sector consuma un mayoritario 74.7% de hidrocarburos, como se muestra en la figura 2.13.

Participación de los sectores económicos en el consumo final de derivados de hidrocarburos líquidos y biocombustibles

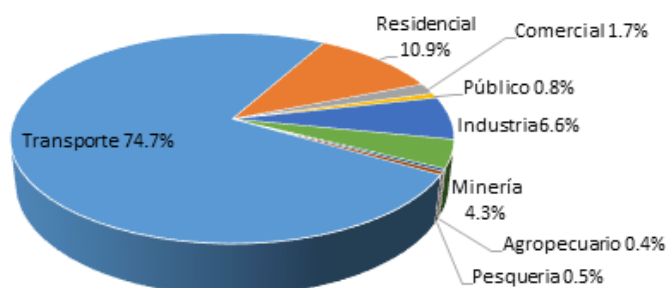


Figura 2.13. Participación de los sectores económicos en el consumo final de derivados de hidrocarburos líquidos y biocombustibles, fuente MINEM.

El transporte por carretera consume 5 tipos de combustible como se muestra en la tabla 2.7, esto depende de tipo de vehículo, para el transporte de pasajeros de vehículos ligeros el gas.

Tabla 2.7. Consumo final del sector transporte por carretera (unidades originales). Fuente MINEM.

Combustible	Unidad	2017	2018
GLP	MBLS	5916.8	6359.2
Gasohol	MBLS	14726.3	15422.2
Gasolina Motor	MBLS	1967.6	2065.6
DiéselB5	MBLS	32798.9	33937.1
Gas Natural	MMPC	25735.5	26184.1

2.2.1. Características del parque automotor de Lima

Nuestro parque automotor tiene una antigüedad de 13 años, En el transporte de pasajeros el 58 % de los vehículos utiliza Diésel, 33 % GLP, 5 % GNV y 4 % Gasolina. En los últimos años se ha observado un notable incremento del proceso de conversión de unidades que utilizan gasolina hacia el uso del gas licuado de petróleo y el uso del gas natural vehicular.

En el transporte de carga casi el 90 % de los vehículos utilizan diésel, 9 % gasolina y el resto GLP y GNV. Con respecto al parque automotor detectado en el transporte de pasajeros, se identificó un peso importante de Combis, Automóviles y Buses;

según se indica en la muestra en la tabla 2.8, tomada en el Balance Nacional de Energía Útil (2013) del MINEM (MINEM, 2017).

Tabla 2.8. Número de vehículo de transporte de pasajeros por tipo

TRANSPORTE DE PASAJEROS	
COMBI	271
AUTOMÓVIL	351
BUS	147
MICROBÚS	160
SUV	11
MOTO	32
MONIVAN	15
MOTOTAXI	2
FURGON	1

Fuente: Balance Nacional de Energía Útil (BNEU) 2013 – MINEM

Como puede observarse en la figura 2.12, en el Perú, el sector transporte modo terrestre representa el 43% del consumo total de energía peruano. Del modo terrestre incluye a los vehículos livianos de pasajeros (VLP): automóviles y camionetas, los camiones de carga de distinto porte, los vehículos de transporte de pasajeros (colectivos y autobuses), los vehículos motorizados de dos o tres ruedas (motonetas, motocicletas, triciclos, etcétera), y los trenes, tanto de carga como de pasajeros.

Consumo mundial de energía en el transporte por fuente

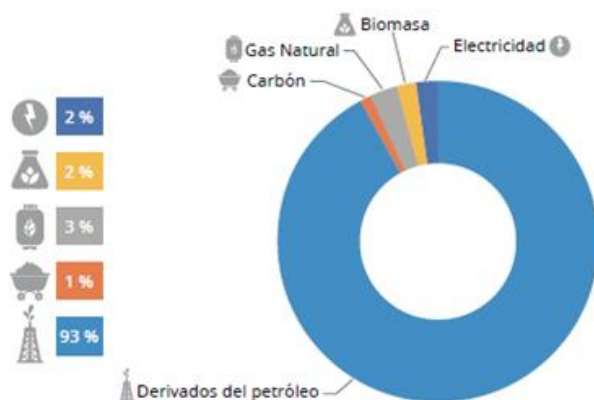


Figura 2.14. Consumo mundial de energía en el transporte por fuente, fuente MINEM

Para el caso de Perú, en términos de energía útil, las tres cuartas partes del consumo corresponden a tres usos, siendo la participación de la fuerza motriz de transporte el de mayor porcentaje, calor de proceso y fuerza motriz de proceso. De la figura 2.14 la principal fuente energética del sector transporte en el mundo, son los derivados del petróleo al 93%, el mayor porcentaje corresponde al DB5 (diésel) que es la mezcla de 95% de diésel y 5% de biodiésel. Asimismo, como en el caso de Perú, tenemos a modo de referencia el consumo mundial de energía en términos de porcentaje, donde un gran porcentaje (más del 90%) corresponde a productos derivados del petróleo y solo un

pequeño porcentaje del 7% corresponde a otras fuentes de energía como el gas natural, biomasa, electricidad y carbón natural. Para el transporte peruano en la tabla 2.9, se muestra la distribución de vehículos según el combustible.

Tabla 2.9. Distribución de vehículos según el combustible que usan. (MINAM, 2016)

TIPO DE COMBUSTIBLE	TIPO DE VEHICULO INCRITOS 2007 - 2016 (número de vehículos) (**)							
	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			OMNIBUS	CAMIÓN	REMOLCADOR
			PICK UP	RURAL	PANEL			
GLP	7.88%	7.99%	1.06%	3.22%	9.85%	0.56%	0.30%	0.00%
GNV	9.31%	29.80%	0.29%	0.87%	3.40%	11.98%	0.31%	1.10%
Diésel	0.15%	8.09%	89.60%	18.78%	17.95%	83.49%	98.40%	98.82%
Gasolina	82.67%	54.12%	9.05%	77.14%	68.81%	3.96%	0.99%	0.08%

Como ya se vio el principal consumidor del sector, es el transporte de pasajeros, el parque automotor está creciendo a mayor tasa desde este nuevo siglo, relacionado al crecimiento económico, este crecimiento se ha evidenciado con el colapso de las vías, mayor tráfico por las principales avenidas de Lima. El rápido crecimiento de la demanda energética y emisiones de GEI en el sector transporte en la última década se vio afectado por la importación de vehículos a partir del año 1992 y el mayor poder adquisitivo de la población peruana a partir 2002, (como se muestra en la figura 2.15), a su vez las políticas gubernamentales identificadas la conversión de autos con motores alimentados por combustibles menos contaminantes con es el caso del GLP y GNV, bono del chatarreo.

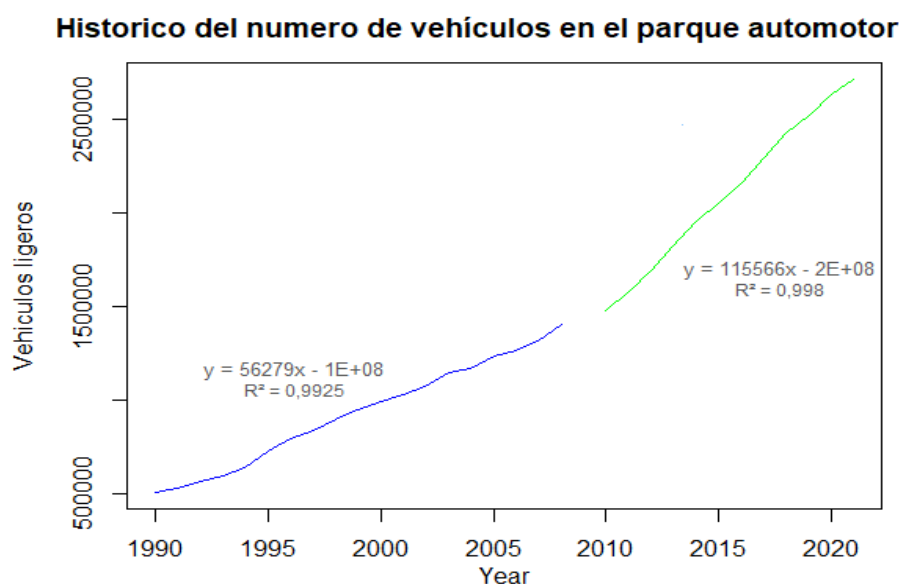


Figura 2.15. Histórico del Número de vehículos en el parque automotor, fuente INEI.

Otra evidencia que el crecimiento económico ha modificado la calidad del parque automotor es, ya que desde el 2009 hay mayor compra de vehículos nuevos que vehículos

usados, como se muestra la figura 2.16 desde el ingreso de vehículos de marcas Chinas de menor costo y las facilidades de compra están dando mayor adquisición de vehículos nuevos. En la figura 2.17, se muestra que hay mayor adquisición de vehículos del modelo SUV, otra muestra que está aumentando el poder adquisitivo del mercado nacional.

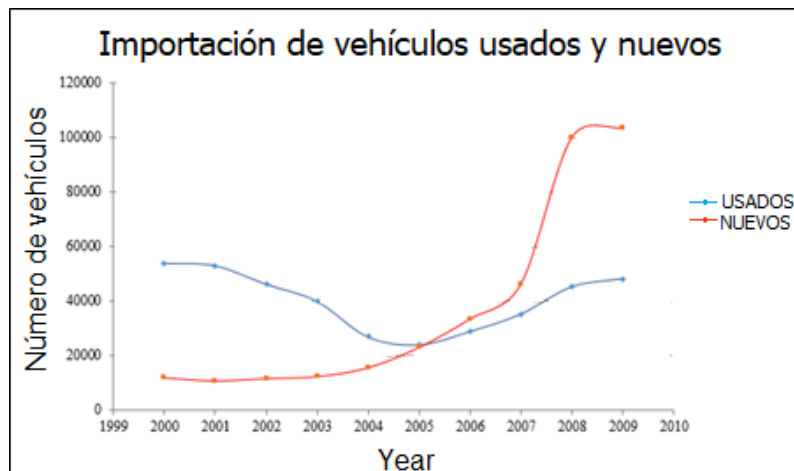


Figura 2.16. Importación de vehículos usados y nuevos en el mercado nacional. Fuente INEI, elaboración propia.

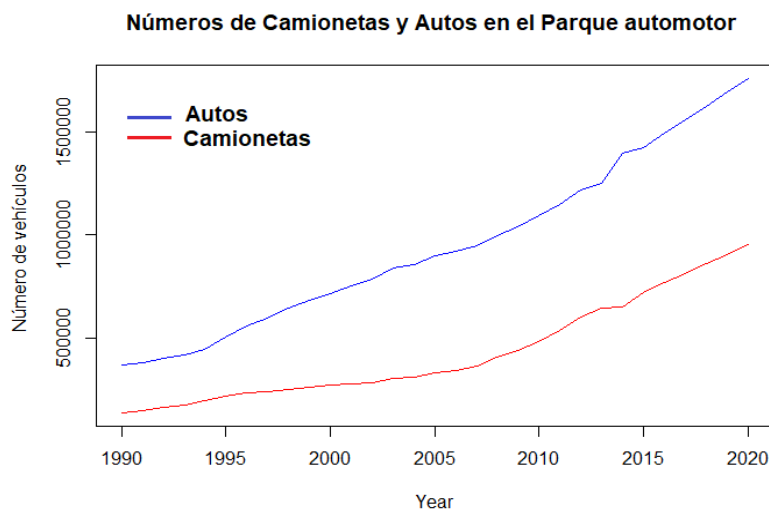


Figura 2.17. Números de camionetas y autos en el parque automotor. Fuente: INEI, elaboración propia.

Las tasas de crecimiento de autos y camionetas son parecidas como se muestra en la figura 2.17, además también se muestra que el parque automotor peruano tiene mayor número de autos en comparación con las camionetas. En la figura 2.18, se muestra que la distribución entre el transporte privado y público sigue siendo casi constante.

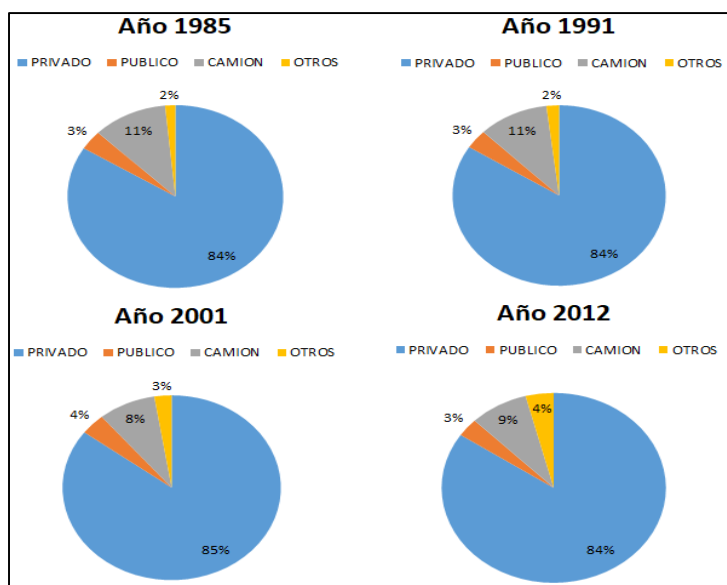


Figura 2.18. Composición del parque automotor, según clasificación. Fuente INEI elaboración propia.

La importancia de conocer la distribución de los vehículos es conocer el rendimiento, es decir cuando galones se consume por km desplazado figura 2.19 (pasajeros) y 2.20 (carga), se muestran rendimientos medios en km/Galón de distintos tipos de vehículos y combustibles, a nivel nacional, para pasajeros y cargas:

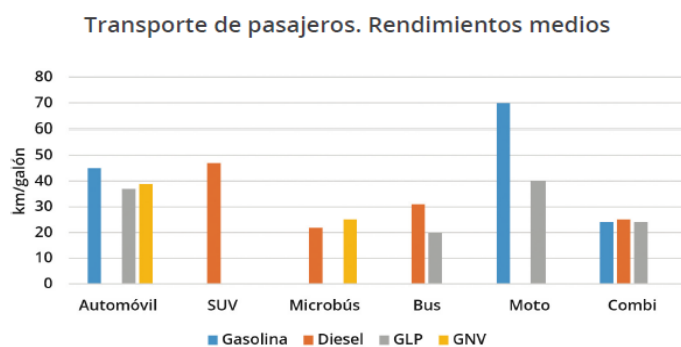


Figura 2.19. Transporte de pasajeros. Rendimientos medios. Fuente Balance nacional de energía útil, (MINEM, 2013).

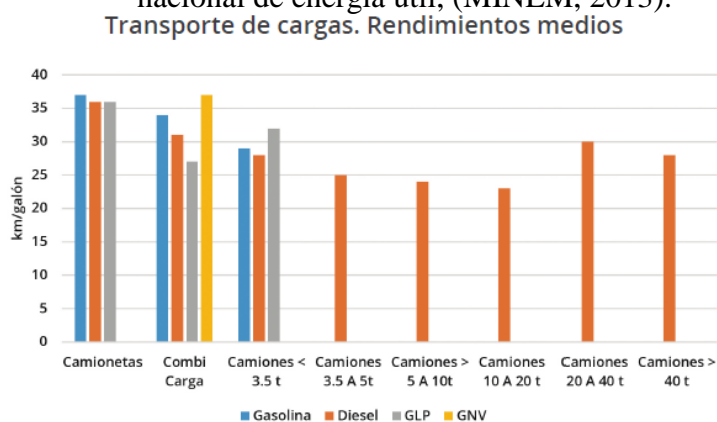


Figura 2.20. Transporte de carga. Rendimientos medios. Fuente Balance nacional de energía útil, (MINEM, 2013).

Las emisiones dependen del tipo de vehículo, tamaño del cilindro, así como del tipo de recorrido que realiza, como se muestra en la tabla 2.10.

Tabla 2.10. Emisiones según el combustible del vehículo y su cilindrada
(Generalitat de Catalunya, 2011)

COMBUSTIBLE DEL VEHICULO	CILINDRADA	Emisiones en función del tipo de recorrido (g CO ₂ /km)		
		URBANO	RURAL	INTERURBANO
Gasolina	< 1,4 l	192.12	136.90	154.18
	1,4 - 2.011	232.78	159.65	170.99
	> 2.011	310.19	191.85	217.95
Diésel	< 2 l	199.81	135.56	157.73
	> 2 l	246.06	170.51	198.71
Híbrido	Cualquiera	103.43	100.13	127.29

Como ya se conoce el principal combustible que se usa en el parque automotor es el petróleo y sus derivados, pero queremos conocer el porcentaje de participación por cada tipo de combustible. El transporte de pasajeros usa al petróleo y al GLP. Con relación al tipo de combustible utilizado en la flota de transporte de pasajeros la mayor participación es del “diésel” con un 58 %, 33 % GLP, 5 % GNV y 4 % Gasolina. Como se observa en el cuadro 2.11, se aprecia el porcentaje de vehículos destinados a transporte de pasajeros que utiliza cada uno de los combustibles mencionados (MINEM, 2013).

Cuadro 2.11. Porcentaje de vehículos destinados a transporte de pasajeros según combustible que usa. Fuente (MINEM, 2013).

Transporte de pasajeros	
PETRÓLEO	58.1 %
GLP	32.53 %
GNV	5.45 %
GASOLINA	3.94 %

El transporte de carga usa principalmente al petróleo y la gasolina, la mayor participación es del “diésel” con un 88.7 %, 9.1 % GASOLINA, 1.7 % GLP y 0.3 % GNV. Como se muestra en el cuadro 2.12. La tabla siguiente muestra el porcentaje de vehículos destinados a transporte de pasajeros que utiliza cada uno de los combustibles mencionados (MINEM, 2013)

Cuadro 2.12. Porcentaje de vehículos destinados a transporte de carga según combustible que usa. Fuente (MINEM, 2013)

Vehículos de carga por tipo de combustible	
PETROLEO (Diésel)	88.7 %
GASOLINA	9.1 %
GLP	1.7 %
GNV	0.3 %

Si se quiere tener un mejor conocimiento de la distribución del tipo de combustible usado para sector y según sea para el transporte de pasajeros o de carga se tiene apreciar el cuadro 2.13 donde observa que el transporte por carretera es el de mayor consumo.

Cuadro 2.13. Distribución del combustible en cada sector para pasajeros y para carga (TJ).
Fuente (MINEM, 2017).

		Gasolina	Gasohol	Gas licuado	Diésel db5	Gas por red	Turbo	Electricidad	Total
Residencial	Pasajeros	1095,55	11738,77	1642,76	2880,21	570,75	0,00	0,00	17928,06
	Carga	500,81	5366,19	2445,45	8502,81	2008,29	0,00	0,00	18823,55
Comercio y servicios	Pasajeros	553,05	5925,94	0,00	491,83	0,00	0,00	0,00	6970,82
	Carga	491,91	5270,73	127,62	17612,88	0,00	0,00	0,00	23503,14
Construcción	Pasajeros	1,54	16,51	0,00	70,29	0,00	0,00	0,00	88,45
	Carga	1,38	14,77	0,23	365,31	0,00	0,00	0,00	381,70
CCTT	Pasajeros	0,31	3,31	0,00	67,44	0,00	0,00	0,00	71,06
	Carga	0,04	0,42	0,00	40,08	0,00	0,00	0,00	40,53
Público	Pasajeros	136,39	1461,39	243,08	0,00	0,00	0,00	0,00	1840,86
	Carga	33,37	357,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	390,91
Educación	Pasajeros	35,44	379,77	0,00	860,77	0,00	0,00	0,00	1275,98
	Carga	1,03	11,01	0,00	44,17	0,00	0,00	0,00	56,21
Salud	Pasajeros	36,78	394,04	0,00	445,20	0,00	0,00	0,00	876,02
	Carga	5,73	61,39	0,00	41,34	0,00	0,00	0,00	108,46
Carretero (SP)	Pasajeros	830,97	8903,82	11302,28	31140,71	21756,08	0,00	0,00	73933,86
	Carga	457,75	4904,74	783,70	81122,03	147,10	0,00	0,00	87415,33
	Edificio/otros	0,01	0,07	11,35	85,31	2,15	0,00	0,00	98,88
Acuático	Pasajeros	0,01	0,12	0,00	2,14	0,00	0,00	0,00	2,28
	Carga	0,00	0,00	0,00	103,69	0,00	0,00	0,00	103,69
Ductos	Pasajeros	0,00	0,03	0,00	34,68	0,00	0,00	0,00	34,72
	Carga	1,85	19,79	0,00	49,92	0,00	0,00	0,00	71,56
Agropecuario	Pasajero	10,92	117,03	2,26	227,58	0,00	0,00	0,00	357,80
	Carga	13,21	141,59	44,38	1540,58	0,00	0,00	0,00	1739,77
Pesca	Pasajero	0,10	1,03	5,22	13,97	0,00	0,00	0,00	20,32
	Carga	1,49	16,01	0,00	41,13	0,00	0,00	0,00	58,64
Minería	Pasajero	3,63	38,89	0,00	3727,89	0,00	0,00	0,00	3770,42
	Carga	10,87	116,52	0,00	2027,37	0,00	0,00	0,00	2154,76
Industria	Pasajero	21,54	230,77	14,64	164,47	46,94	0,00	0,00	478,36
	Carga	77,39	829,21	49,58	4034,99	6,55	0,00	0,00	4997,72
Total Transporte Carretero	Pasajero	2728,08	29231,20	13210,25	40142,43	22373,88	0,00	0,00	107685,84
	Carga	1594,99	17090,17	3450,97	115511,06	2161,93	0,00	0,00	139809,12
	Edificio/otros	0,01	0,07	11,35	85,31	2,15	0,00	0,00	98,88
Aéreo	Pasajero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25351,42	0,00	25351,42
	Carga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6038,34	0,00	6038,34
Ferroviario	Pasajero	0,00	0,00	0,00	1256,13	0,00	0,00	12,00	1268,13
	Carga	0,00	0,00	0,00	544,59	0,00	0,00	0,00	544,59
Acuático	Mixto (P y C)	3942,53	0,00	0,00	9138,86	0,00	0,00	0,00	22646,39
	Carga	146,05	0,00	0,00	3884,92	0,00	0,00	0,00	4030,97
	Edificio/otros	1,07	0,00	154,85	31,24	0,00	0,00	0,00	187,16
TOTAL		8412,72	46321,44	16827,42	170595,54	24537,95	31389,76	12,00	307660,84

2.3. Impacto en las emisiones

2.3.1. Problema ambiental debido al sector transporte

Los principales problemas que tiene la ciudad de Lima son: en primer lugar, la inseguridad ciudadana, ya que un 81.1% de limeños considera como el principal problema que afecta a la calidad de vida de los limeños. En segundo lugar, el transporte público, el 49.4% de limeños considera al transporte público como el principal problema de la ciudad y el 20.6%. la contaminación ambiental y un 14.9% la falta de cultura ciudadana (Instituto de Opinión Pública de la PUCP, 2018), como se muestra en la figura 2.21.

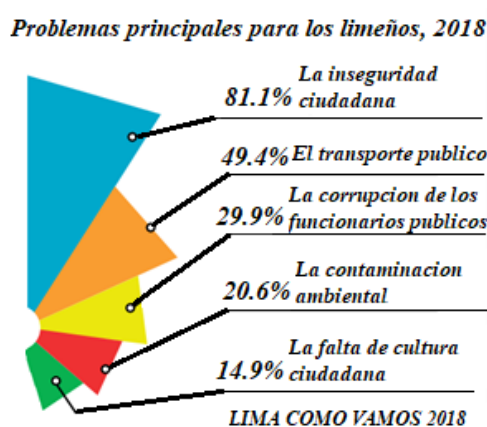


Figura 2.21. Problemas sociales en Lima, según, Lima cómo vamos 2018.

En la tabla 2.14, se muestra el modo principal que se movilizan en Lima, donde se observa que el 68.2% utiliza una movilidad pública o transporte masivo y que solo el 10.8% solo usa el transporte privado.

El consumo deficiente del combustible fósil trae muchas consecuencias directas e indirectas que afectan a la población de Lima, por dar algunos ejemplos la contaminación sea global (efecto invernadero, CO₂) y la contaminación local (partículas, hollín, carbono, azufre, plomo, etc.). Consecuencias como el aumento de enfermedades respiratorias, alergias, aumento en la tasa de mortalidad. Además, puede generar el aumento del estrés en las personas. (Hennessy & Wiesenthal, 1997), (Rainham & Smoyer-Tomic, 2003)(Rainham & Smoyer-Tomic, 2003).

En la tabla 2.14, se muestra el modo principal que se movilizan en Lima, donde se observa que el 68.2% utiliza una movilidad pública o transporte masivo y que solo el 10.8% solo usa el transporte privado.

Tabla 2.14. Modo principal por el que se movilizan los ciudadanos dentro de la ciudad para ir a su trabajo, oficina o centro de estudio. Lima Metropolitana y Callao, 2018.

Fuente (Instituto de Opinión Pública de la PUCP, 2018).

	Lima	Callao
Combi o coaster (cúster)	29.2%	39.4%
Bus	29.1%	23.6%
Camino o voy a pie	12.0%	13.0%
Automóvil propio	10.8%	11.1%
Mototaxi	4.5%	2.9%
Metro de Lima	3.0%	0.0%
Metropolitano	2.9%	0.5%
Colectivo	2.3%	5.8%
Corredores Complementarios	1.7%	0.0%
Motocicleta propia	1.5%	1.0%
Taxi	1.2%	0.5%
Bicicleta	1.1%	0.0%
Otro	0.6%	2.4%

Las características de distribución del parque automotor y el modo de elección o preferencia de viaje hacen que algunos medios de transporte sean más contaminantes que otros por unidad pasajero sobre kilómetro recorrido, como se muestra en la figura 2.22, Actualmente en Lima, un millón de pasajeros transportados un kilómetro en taxi genera 250 TM CO_{2equ} vs 15 TM CO_{2equ} en Metro. En el Perú, el Sector Transporte representa 48.5% de las emisiones de GEI.

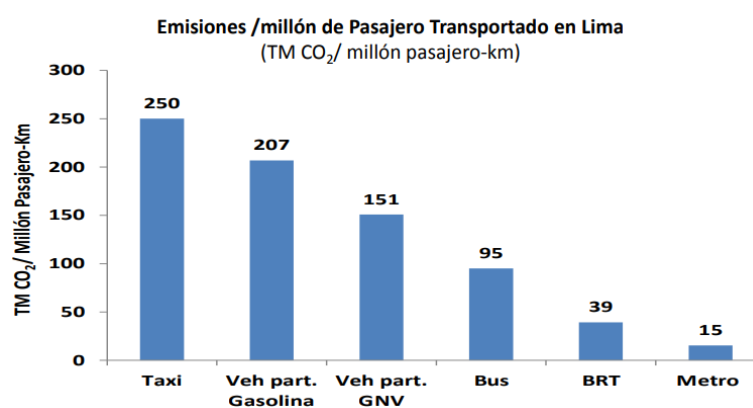


Figura 2.22. Emisiones /millón de Pasajero Transportado en Lima (TM CO₂ / millón pasajero-km), fuente (Osinermin, 2014)

El consumo de energía siempre se ha visto como principal fuente al petróleo y como principal consumidor al sector transporte, el petróleo representa un 40% de la participación de las fuentes, mientras que el sector transporte representa un 37% del consumo energético (MINEM, 2016), es decir eso convierte al sector transporte en el principal emisor de gases de efecto invernadero, lo cual representa un agente importante

para estudiar, analizar, optimizar o mitigar las emisiones de los GEI, más aún cuando hay deficiencias en un sector.

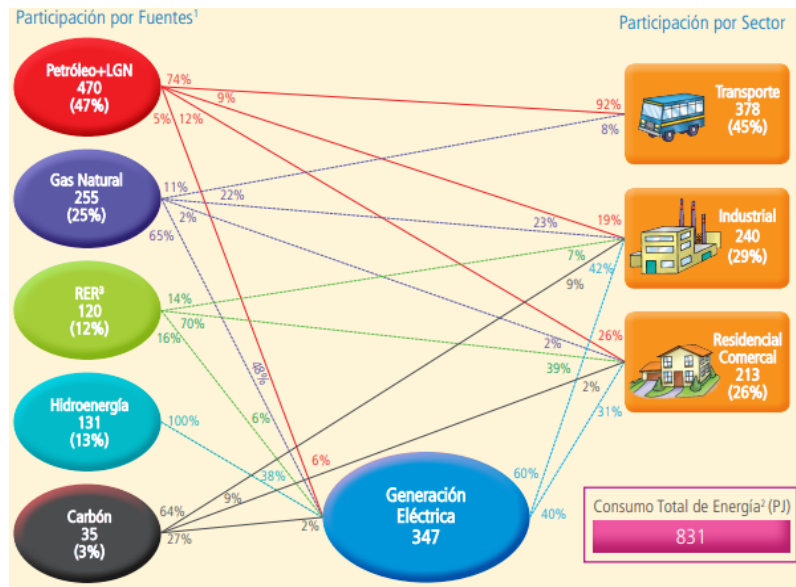


Figura 2.23. Participación de las fuentes y la participación en el consumo energético por sectores, del Perú en 2016, (MINEM, 2016)

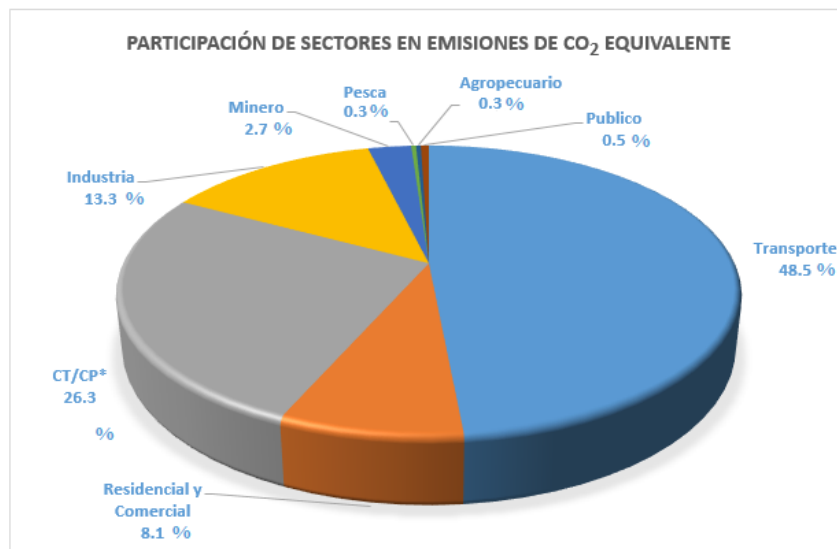


Figura 2.24 Total de emisiones de GEI por sector en el 2019, fuente MINEM
 53.908 MT CO_{2equ} fueron las emisiones en el 2019.
 26.145 MTCO_{2equ} fueron las emisiones del Sector Transporte en el 2019.

2.3.2. Principales Agentes en las emisiones de los GEI

Las actividades humanas diarias han causado severos impactos medioambientales, acelerando el calentamiento global. Dichas actividades humanas, en particular el transporte de pasajeros y mercancías, generan emisiones masivas de gases de efecto invernadero (GEI), por ejemplo, dióxido de carbono (CO₂). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue predecir la cantidad de emisiones de CO₂ derivadas del uso de energía en

el sector del transporte de Perú, así como los factores relacionados, proporcionando así un beneficio sustancial para determinar las políticas para reducir las emisiones de GEI y sus impactos.

En este estudio, se consideraron 6 variables independientes, a saber:

- Tamaño de la población.
- El producto interno bruto (PIB).
- El número de vehículos ligeros registrados.
- El número de vehículos registrados medianos y grandes.
- Precio de Combustible para Vehículo Ligeros.
- Precio de Combustible para Vehículo Pesados.

2.3.2.1. Población peruana

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) dio a conocer que de acuerdo con los Primeros Resultados de los Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, ejecutados el 22 de octubre del año pasado, la población total del Perú llegó a 31 millones 237 mil 385 habitantes, en los que se considera a la población censada y la población omitida durante el empadronamiento. Cabe señalar, que la población en el último periodo intercensal ha tenido un crecimiento promedio anual de 1,0%, fuente INEI.

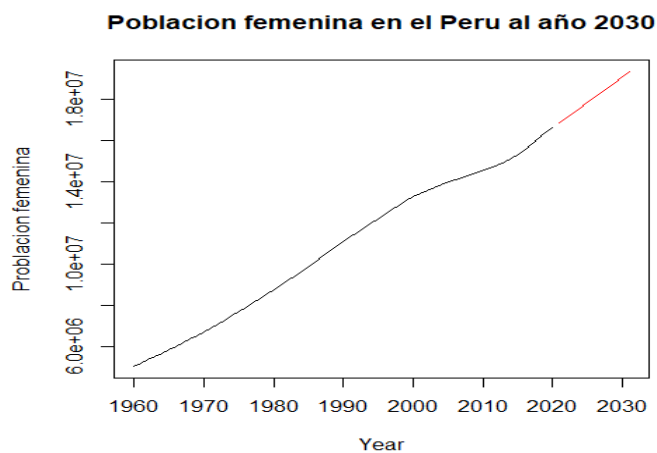


Figura 2.25. Población femenina, elaboración propia, fuente Banco Mundial

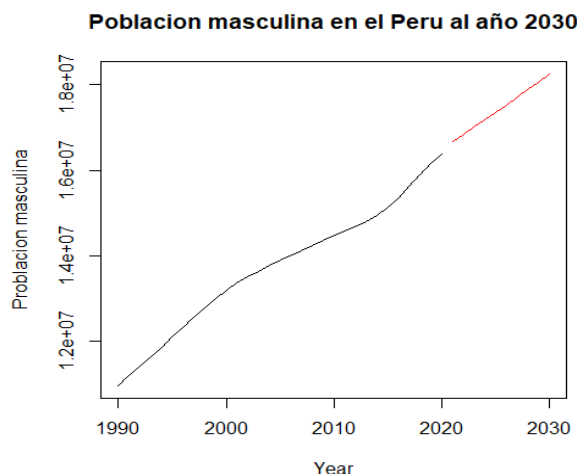


Figura 2.26. Población masculina elaboración propia, fuente Banco Mundial.

2.3.2.2. Crecimiento económico del Perú.

Las proyecciones del de la tasa de crecimiento del PBI avance 2.204% en 2019, –11.145% en 2020 y 10.5% en 2021. "El gobierno está comprometido con el objetivo de alcanzar un ritmo de crecimiento más elevado y sostenible en los próximos años", fuente [Ministerio de Economía y Finanzas]. Perú, con una de las economías más sólidas de América Latina, creció 2.5% en 2017 frente al 3.9% de 2016.

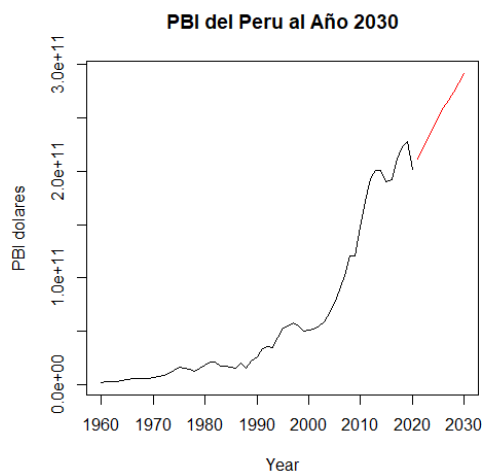


Figura 2.27. Producto Bruto Interno del Perú, desde el año 1960-2030, elaboración Propia, Fuente Banco Mundial.

2.3.2.3. Precios de los combustibles

El precio de los combustibles puede tener alguna influencia en la demanda del petróleo, muchos autores indican que se puede regular su consumo a través de los precios

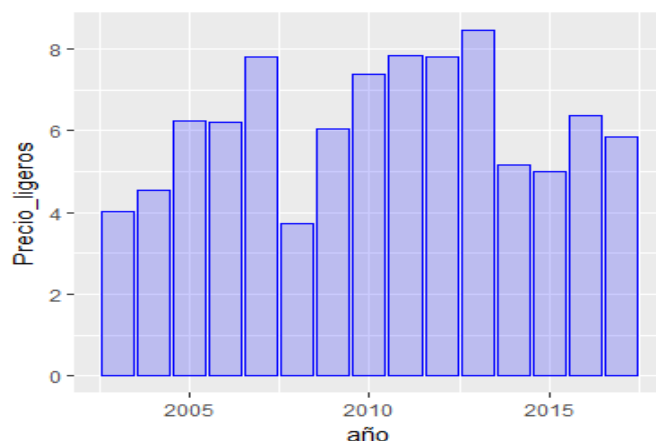


Figura 2.28. Precios de los combustibles desde el 2000 al 2017

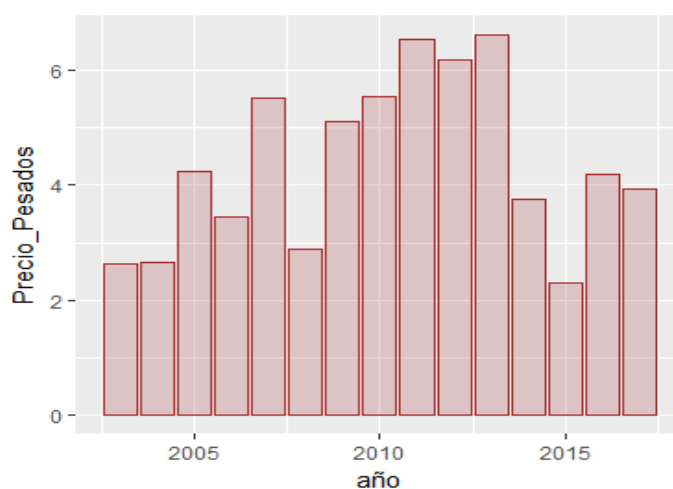


Figura 2.29. Precio del combustible pesado desde el 2003 hasta 2017

2.4. Impacto económico e independencia energética

En nuestra sociedad democrática donde prevalece el estado de derecho, hoy en día tenemos un estado democrático, pero a lo largo de toda nuestra historia como república han existido muchas dictaduras y en periodos de gobiernos democráticos han existido grandes rivalidades políticas e ideológicas, esto hace muy escaso las políticas de objetivos a largo plazo, ya que cada cambio de gobierno no se respeta los proyectos de gran dimensión y menos aún no se respeta la continuación de planes estratégicos en los diferentes sectores. El estado peruano tiene como objetivos buscar el desarrollo económico, desarrollo tecnológico, así como mejorar la calidad de vida de los peruanos. Nuestra economía es dinámica abierta a un mundo globalizado, contamos con muchos tratados de libre comercio, actualmente el Perú tiene 21 acuerdos comerciales preferentes y vinculantes con 54 países de cuatro continentes, si bien es cierto se favorece al crecimiento económico, pero aún existe cierta dependencia económica y tecnología, como un país en vías de desarrollo se tiene que mantener el

comercio abierto para mantener su crecimiento, pero cómo buscar el camino al desarrollo, cada vez las diferencias económicas y tecnológicas entre los países son mayores, además como país lleno de recursos, sin embargo ya sabemos que no siempre se puede depender de nuestros recursos, sobre todo de los recursos no renovables, un ejemplo ya marcado fue el salitre, un recurso muy importante en su época, hasta provocó una guerra, pero con el desarrollo tecnológico en la industria agrícola, dejó de tener esa importancia y ese factor económico determinante. Entonces no siempre se puede ser económico-dependiente de los recursos no renovables, se puede aplicar políticas o simplemente tener una visión geopolítica que nos dirija a una independencia económica, tecnología y energética, recordemos que los países donde se tiene mayor recursos mineros, energéticos, agrónomos o ganaderos, no necesariamente tienen una economía desarrollada, en muchos casos siguen siendo pobres.

En nuestro país al tratar de extraer los recursos no renovables han creado muchos conflictos sociales y ambientales, por consecuencia se han frenado grandes proyectos económicos en el sector energético y minero, como sabemos son sectores de gran importancia en el crecimiento económico. Por ello hoy en día se busca propiciar la equidad social y los recursos naturales se aprovechan en forma sostenible, ya que debemos recordar que conflictos sociales, problemas políticos, y la inestabilidad del gobierno en el país, traen por consecuencia: especulaciones, menor inversión, desacelera el dinamismo en la economía, de algún modo crea un cierre de mercado. El país debe favorecer la inversión privada y la innovación, e invertir en educación y tecnología para aprovechar competitivamente las oportunidades de la economía mundial.

Como sabemos el Perú ha aprendido mucho de la experiencia vivida, su economía ha mejorado se abrió al mundo, trayendo mayor inversión, mayor credibilidad económica, el Perú tiene la menor inflación y una de las mayores tasas de crecimiento del PBI en América Latina. Aunque cada gobierno implementa políticas muy diferentes, muchos no tienen ni relación en su secuencia de políticas para fortalecer algún sector, y tenemos muchos proyectos u obras discontinuas.

2.4.1. Resumen de la Política General de Gobierno para el Bicentenario

Como un plan de estado para el bicentenario que se va cumplir por la proclamación de la independencia del Perú como república libre, se tiene unas políticas a seguir para cumplir ciertos objetivos establecidos.

En Lima, 18 de agosto de 2016 el estado peruano público el Plan Bicentenario:

El Perú hacia el 2021 es un plan de largo plazo, una visión compartida de futuro para el siglo XXI, cuenta con seis objetivos nacionales definiendo, seis ejes estratégicos para el plan Bicentenario, estas políticas formuladas están en los lineamientos estratégicos, por cada eje se nombrará las políticas de interés.

Del eje 1 al 4 existen algunas políticas que están relacionadas con la introducción de vehículos eléctricos y el eje 5 (se va necesitar de una infraestructura para necesidad de recarga a los vehículos eléctricos) y el eje 6 el tema ambiental, los vehículos eléctricos son por su naturaleza tecnológica y según nuestra generación eléctrica en el Perú, es un gran potencial para la reducción de emisiones de GEI y partículas pequeñas.

2.4.1.1. Ejes estratégicos y políticas de interés, relacionados con la introducción de VE's

Eje 1: Oportunidades, inversión social, agua e infraestructura

- Infraestructura que integra y conecta al país.
- Programas sociales de calidad.

Eje 3: Empleo, formalización y reactivación de la economía

- Reforma del proceso de inversiones público privadas.
- Sostenibilidad ambiental.
- Minería. Aprovechamiento de los recursos naturales para el desarrollo económico sostenible.
- Reducción de brechas de acceso a la energía.

Eje 4: Acercamiento del Estado al ciudadano

- Modernización del Estado.
- Fortalecimiento y mejora de la gestión de conflictos sociales.
- Mejoramiento de las políticas públicas sobre buenas prácticas y estándares de la OCDE.

Eje 5: Desarrollo regional e infraestructura

Eje 6. Recursos naturales y ambiente

2.4.2. Recursos energéticos en el Perú

El Perú es un país que, gracias a su geografía y ubicación, cuenta con muchos recursos energéticos, somos un país que puede generar toda la electricidad con fuentes renovables. Los recursos naturales del Perú son abundantes y diversificados, pero nos centraremos en los recursos energéticos que cuenta el país, los que se aprovechan y los que tienen mucho potencial para explorarlos a futuro. Entre los recursos renovables y no renovables. A continuación, se describe la riqueza y diversidad de los recursos energéticos del país, así como los aciertos y desaciertos en su manejo. Los inventarios de recursos primarios se refieren a los recursos hidroenergéticos, hidrocarburos, eólicos, solares, geotérmicos, biomásicos y nucleares existentes en el país, que pueden ser convertidos en energía, mediante diferentes procesos de producción o tecnologías. Los recursos eólicos, solares, hidráulicos, y geotérmicos si bien son estables y no agotables, se ven modificados por las tecnologías existentes. Los recursos hidrocarburos y biomásicos, son más dinámicos, dado que están fuertemente influenciados por su explotación y agotamiento por parte del hombre.

2.4.2.1. Recursos hídricos

La mayor riqueza hídrica per-cápita en América Latina se encuentra en el Perú. (UNESCO, 2006). Aunque las cifras a nivel de país hagan pensar que el Perú es un país con abundantes recursos hídricos, con un promedio de 72 510 m³/habitante – año, (EUROECOTRADE, 2016) los recursos hídricos están distribuidos en forma muy desigual, La orografía del país definen 3 grandes sistemas hídricos, conocidos como vertientes hidrográficas que son: Pacífico, Amazonas y Titicaca. Estas vertientes agrupan un sistema de 159 cuencas o unidades hidrográficas (UH) y con más de 1007 ríos. Como se muestra en el cuadro 2.15, la del Pacífico con 62 unidades hidrográficas, la del Atlántico con 84 y la del lago Titicaca con 13. Sin embargo, como se muestra en el cuadro 2.15 la distribución del recurso es muy desigual en el territorio nacional; así, mientras la vertiente del Pacífico dispone apenas del 1,8% del agua del país, la vertiente del Atlántico cuenta con el 97,7%, mientras que la vertiente del Titicaca solo posee el 0,5%. (Kuroiwa, 2009)

Cuadro 2.15 Disponibilidad de agua por regiones naturales (Kuroiwa, 2009)

Vertiente	Superficie (1000 km ²)	Población		Disponibilidad de agua		Índice m ³ /hab – año
		Número	%	MMC anuales	%	
Pacífico	279,7	18 315 276	65	37 363	1,8	2040
Atlántico	958,5	8 579 112	30	1 998 752	97,7	232 979
Lago Titicaca	47,0	1 326 376	5	10 172	0,5	7669
Total	1285,2	28 220 764	100	2 046 287	100	72 510

Nota: MMC = millones de metros cúbicos.

Fuente: Ministerio de Agricultura (MINAG) - ANA,
Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú, 2009

La primera evaluación exhaustiva de los recursos hidroeléctricos de Perú fue la “Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional” realizado en 1979 por el MINEM con el apoyo del programa de cooperación técnica alemana (GTZ). Fue desarrollado por el Consorcio Lahmeyer-Salzgitter y el objetivo del estudio era identificar proyectos hidroeléctricos de gran potencia.

En 2011 el Consorcio Halcrow - Oist S.A. elaboró el documento ‘Evaluación preliminar del potencial hidroeléctrico - HidroGIS’ para la DGER/MINEM, como se muestra en la tabla 2.16, con el objetivo de efectuar una nueva evaluación del potencial hidroeléctrico para el impulso de centrales en el rango 1 a 100 MW

“Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional” - 1979

- Potencial hidroeléctrico teórico 206,1 GW
- El estudio identificó un total de 543 proyectos hidroeléctricos optimizados por el Perú, que sumados representan un potencial técnico de 58 404 MW
- En base a criterios técnicos, económicos, ambientales y de optimización de cuenca, se seleccionaron los 10 mejores proyectos, estos oscilan entre 103MW y 1861MW
- No consideraron plantas del orden de 20 MW, se enfocaron en grandes proyectos
- En la selva baja no se evaluaron proyectos debido a la falta de cartografía y a los problemas ecológicos que pudieran causar la formación de grandes embalses, entre otras causas
-

Tabla 2.16. Potencial específico en MW/km de las cuencas (Kuroiwa, 2009)

Vertiente	Área km ²	Longitud de ríos (km)	Potencial teórico lineal MW	Potencial específico MW/km
Pacífico	229 060	19 267	29 257	1.52
Lago Titicaca	45 953	4 023	564	0.14
Atlántico	1 023 268	58 065	176 287	3.04
Total	1 298 281	81 355	206 108	2.53

Gran parte del Potencial Hidroeléctrico se encuentra en el sur del Perú, como se muestra en la figura 2.30, en la cartera de proyectos hidroeléctricos en las cuencas de Apurímac, Madre de Dios, Purús, Grande, Chili, Tambo y Titicaca del Perú. (PROSEMER – MINEM, 2016). Potencial Técnico de 41 831 MW sin afecciones a zonas de exclusión, 77% en la cuenca de Apurímac. En base a procedimientos de optimización hidro-energética se identificó una cadena óptima de 571 proyectos hidroeléctricos, que suma un total de 21 522 MW.



Figura 2.30. Mapa del potencial hidroeléctrico del sur del Perú. (MINEM, 2018b)
Selección de 10 proyectos prioritarios con un total de 2 415 MW de capacidad instalada.

2.4.2.1.1. Cambio climático y disponibilidad de agua

En los últimos años se ha visto las consecuencias del cambio climático, ya que cada vez el fenómeno del niño es más devastador, lo que implica que en los próximos años sean mucho más graves. Este escenario desfavorable, habría inundaciones, huaycos y sequías, es decir llevara al extremo el ciclo hídrico. Por ello en el Perú la institución encargada para mitigar estos efectos está a cargo de IMEFEN, (Instituto para la mitigación de los efectos de El Niño) que es una institución que forma parte de la Universidad Nacional de Ingeniería. Estos efectos en el recurso hídrico ocasionarían escasez en la costa y partes de la sierra, afectando el riego agrícola, la generación de energía hidráulica e incluso el abastecimiento de agua potable en algunas ciudades. Traería grandes problemas sociales como nuevos conflictos por el recurso y agudizará los hasta ahora existentes. En algunas ciudades la escasez traería como consecuencia problemas de salubridad, en el sector energético podría generar una crisis energética.

Entonces desarrollar acciones para solucionar o mitigar dichos efectos. En el campo agrícola la principal medida es realizar un uso más eficiente del agua, por ello se intensifica acciones para promocionar, incentivar económicamente y generalizar el riego tecnificado, también se promociona cultivos de menor requerimiento hídrico, así como también la construcción de reservorios para almacenar agua en las épocas de lluvia y proyectos de irrigación que aprovechan el agua de la vertiente amazónica que son llevadas a la costa peruana.

El uso de agua potable también debe ser optimizado, es decir reducir pérdidas, masificar la medición de consumo y pago, tarifas razonables en el aspecto social-económico para tener un uso responsable para desalentar los consumos dispendiosos, y generalizar el tratamiento y reusó de las aguas servidas.

En el sector energético como ya se mencionó, una crisis energética en el futuro es muy probable por la escasez, por ello se debería impulsar la construcción de centrales hidroeléctricas en la vertiente amazónica, y así como la inversión en energías no convencionales como la eólica y solar según los recursos de determinado lugar.

Como se mencionó en la zona más poblada del Perú el recurso hídrico es escaso, este problema se puede agudizar, por ello muchos plantean que se deberá recurrir a las obras de trasvase desde la cuenca del Amazonas a la cuenca del pacifico y el aprovechamiento de los acuíferos andinos mediante galerías filtrantes, según las indicaciones de los estudios hidrológicos. Para reducir la incertidumbre respecto a los posibles efectos de la variabilidad climática y del calentamiento global en el Perú, se deben realizar obras de grandes inversiones y por los tanto se deben realizar políticas y acciones de manera ordenada y gradual a fin de dosificar los escasos recursos disponibles.

2.4.2.2. Recurso eólico del Perú

En el 2016 el Ministerio de Energía y Minas del Perú publicó el Atlas Eólico del Perú, identificando el Potencial del recurso eólico a nivel nacional para fines energéticos, el resultado de dicho estudio nos dice que el Potencial Eólico Aprovechable es de 20493 MW, como se muestra en la tabla 2.17. Además, se identificó algunas regiones de mayor potencial como Piura, Lambayeque, e Ica, que tienen el 35%, 34% y 11% del potencial respectivamente. (MINEN, 2016)

Tabla 2.17. Potencial eólico en MW (MINEN, 2016)

Departamento	Potencial eólico aprovechable (MW)	Potencial eólico excluido (MW)	Potencial eólico total (MW)
Amazonas	129	288	417
Ancash	708	108	816
Arequipa	1020	156	1176
Cajamarca	891	282	1173
Ica	2280	3015	5295
La Libertad	921	264	1185
Lambayeque	7017	2097	9114
Lima	429	189	618
Piura	7098	1503	8601
Total	20493	7902	28395

2.4.2.3. Potencial solar – Atlas solar del Perú

Por la ubicación geográfica, el Perú tiene cierto potencial solar, teniendo el mayor potencial de energía solar en la costa sur, en las regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna, donde el promedio anual de energía solar incidente diaria estaría en un rango de 6,0 a 6,5 kWh/m². La segunda zona con alta disponibilidad de energía solar diaria se encontraría en la costa norte y en gran parte de la sierra, sobre los 2500 msnm., entre 5,5 a 6,0 kWh/m², mientras que la región amazónica se registran valores de 4,5 a 5,0 kWh/m². Para abril del 2019 se encontraban en operación siete centrales fotovoltaicas (como Rubí e Intipampa, en Moquegua), sumando una potencia instalada de 284 megavatios (MW).

2.4.2.4. Potencial de biomasa

Estos recursos incluyen desde los residuos agrícolas hasta las llamadas “energy forests”, que son plantaciones de materias vegetales para producción de energía. Estos inventarios se producen en asociación con las organizaciones gubernamentales agrícolas y las empresas privadas.

La información debe contener:

- Fuentes forestales existentes y potencial de plantación
- Bagazos de cultivos
- Desechos (animales, residuos, etc.)
- Obtención de gas de campos de basura
- Potencial de biocombustibles

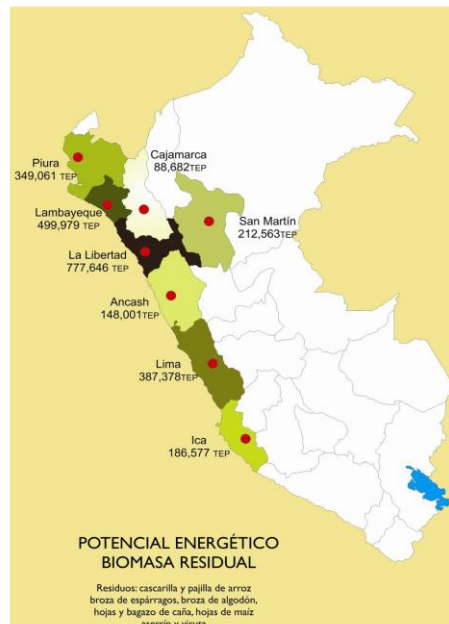


Figura 2.31. Potencial energético disponible correspondiente a residuos biomásicos (Assureira Espinoza, 2014)

Los residuos agrícolas y forestales del Perú son recursos que actualmente no son explotados comercialmente y que presentan un gran potencial como fuente de energía primaria por lo que se requiere mejorar la capacidad del país en el

conocimiento del uso que actualmente existe sobre la biomasa con fines energéticos. En el Perú la agricultura, agroindustria y la industria de la madera generan anualmente más de 10247,00 TM de residuos susceptibles de ser aprovechados energéticamente. La valoración energética indica un potencial de 2'993,506 TEP constituido principalmente por residuos de la cosecha de la caña de azúcar (20.6 %), tallos, hojas y coronta del maíz (35.25%), bagazo y (17.4%), cascarilla de arroz (4.46%) y pajilla de arroz (13.6%, broza de espárrago (2.23%), broza de algodón (5.7%) y viruta y aserrín (0.8%). Los departamentos con mayor potencial son: La Libertad (26%), Lambayeque (16.7%), Lima (13%), San Martín (7.1%) , Piura (11.7%) e Ica (6.23%) (Assureira Espinoza, 2014).

2.4.2.5. Potencial Geotérmico – Plan de Geotermia

Se elaboró el Plan Maestro de Desarrollo de Energía Geotérmica con apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (2012). El plan marca la ruta del desarrollo de la energía geotérmica en el Perú, elaboración de una base de datos del potencial de recursos geotérmicos, evaluación económica, planificación del óptimo desarrollo para la generación de electricidad y transferencia de conocimientos técnicos. El Perú tiene abundantes recursos geotérmicos. En el estudio del Master Plan, el potencial total geotérmico del Perú fue estimado en 2.860 MWe repartidos en Campos geotérmicos. Como se muestra en la figura 2.32 la región andina, y la región del sur son las regiones con abundancia de recursos geotérmicos están mayoritariamente localizadas en el la parte Sur del Perú.(Ministerio de Energía y Minas [MINEM], 2012)

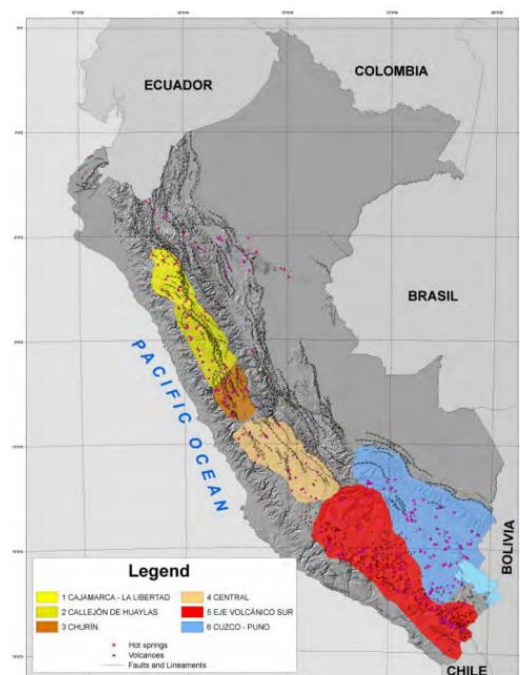


Figura 2.32. Mapa de los campos geotérmicos identificados, fuente (Ministerio de Energía y Minas [MINEM], 2012).

2.4.2.6. Mineral de litio

El Perú es un país con mucho potencial minero, en la parte sureste del país, específicamente en Puno la minera Macusani Yellowcake, filial de la canadiense Plateau Energy, descubrió en el 2017 un yacimiento de litio y uranio en la región andina, situado a 4,500 msnm, a 150 km al norte del lago de Titicaca. Además, se informó que los recursos comprobados corresponderían a cerca de 4,5 millones de toneladas de carbonato de litio (Ceroni Galloso, 2018). Hasta ahora otros países son los principales productores de litio en el mundo como se muestra en la figura 2.33, pero Perú puede convertirse en un país referente, según Ceroni et. al, 2018, indica que el Perú pueda incursionar en la fabricación de baterías de iones de litio y también en la obtención de derivados químicos de litio (cloruro, bromuro, carbonato, estearato e hidróxido de litio) de importancia industrial, como se muestra en la figura 2.34. Para ello se necesita orientar la política e incentivos tecnológicos con tal de lograr científicos, tecnólogos y técnicos altamente entrenados de primer nivel. Asimismo, se requiere incentivar a las empresas peruanas, por ello, se requiere la cooperación entre el Ministerio de la Producción, Ministerio de Energía y Minas, Ministerio del Ambiente, el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, universidades y empresas para lograr la máxima explotación de dicho recurso en beneficio del país (Ceroni Galloso, 2018).



Figura 2.33. Distribución del litio en el mundo, fuente diario Gestión.

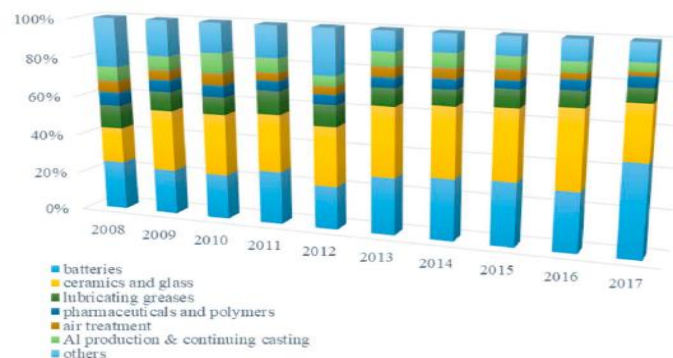


Figura 2.34. La distribución de los mercados mundiales de litio de uso final en la última década. Datos obtenidos del Servicio Geológico de los EE. UU.

2.4.2.7. Productos petrolíferos

Producción de petróleo y gas en el Perú desde 1990 al 2017, como se observa en la figura 2.35, en el Perú desde el año 2003 se ve un incremento de la participación de las Gas natural líquido, debido a la extracción y producción de gas de Camisea, esto se debe a su mayor participación en el parque automotor, así como en el mercado eléctrico en los generadores térmicos. Pero también se observa una disminución de la producción de petróleo, se observa una producción,

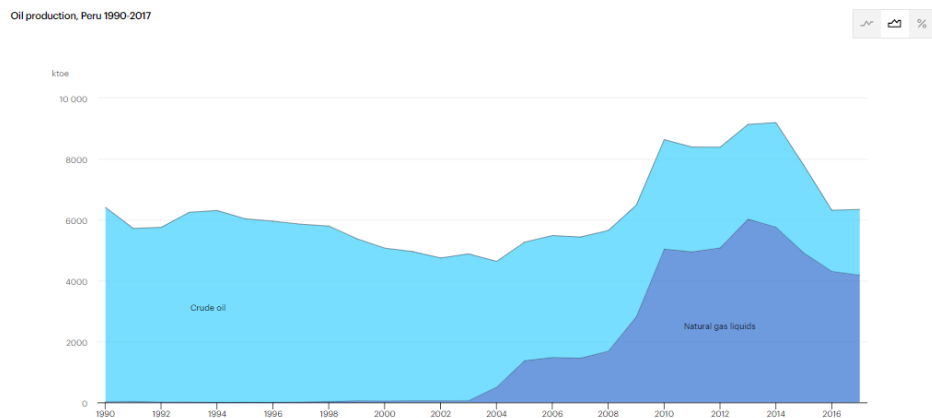


Figura 2.35. Producción de petróleo crudo y de gas natural líquido desde 1990-2017, fuente EIA.

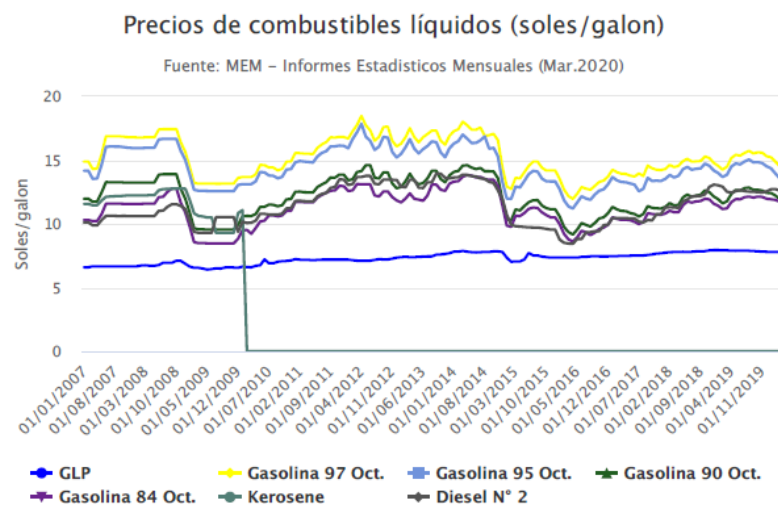


Figura 2.36. Precios de petróleo y derivados en el Perú desde el 2007 al 2019. Fuente OSINERGMIN.

Precios de los principales combustibles que se utilizan en el mercado nacional, aunque no se puede precisar cuándo se darán las subidas o bajadas de precio, se puede apreciar la tendencia y tener un rango de precios para realizar pronósticos, como se muestra en la figura 2.36.

2.5. Sector eléctrico actual del Perú.

Para un país, el sector eléctrico, es de gran importancia para su crecimiento y desarrollo económico, clave en procesos industriales, ya que el costo de producción o fabricación, depende en gran medida del costo de electricidad y demás recursos energéticos. Muchos piensan que la producción tiene menor costo en China o la India debido solamente a la mano de obra barata, pero la realidad es que el costo de producción en China o la India, es mucho más barato debido al bajo precio de la electricidad, como se muestra en la figura 2.37. El suministro de electricidad también debe sostener el consumo residencial, pero a diferencia el costo de electricidad de uso residencial debe tener un precio no tan barato ni tan costoso. Hoy en día el sector transporte no consume electricidad ya que solo consume el combustible fósil como fuente energética. Pero la electricidad como se sabe impulsa la actividad económica, garantiza el funcionamiento de la industria y del mercado, y también es dar mejor calidad de vida a sus usuarios. El Perú tiene gran potencial energético, la dependencia de la económica de un país con sus fuentes primarias para la generación de electricidad es vital para su industria. La intervención del estado para aprovechar sus recursos en la generación y uso de la electricidad es vital para su economía.

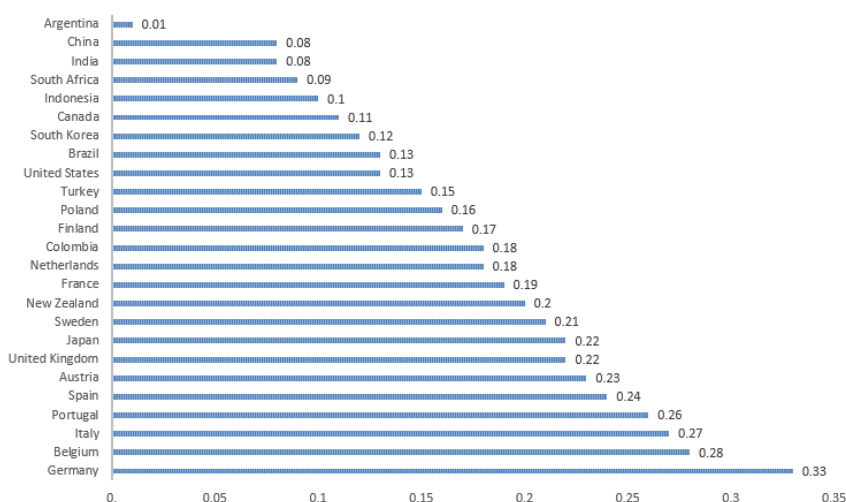


Figura 2.37. Precios de la electricidad en diferentes países del mundo, elaboración propia, fuente IEA.

2.5.1. Sector eléctrico del Perú

2.5.1.1. Generación

En la industria eléctrica la primera actividad, es la generación, esta etapa en la cadena productiva de la industria eléctrica se encarga de transformar la energía primaria en energía eléctrica, la tecnología que se usa depende del recurso energético que cuenta cada país, es decir depende de las características de su matriz energética. El Perú tiene varios recursos energéticos renovables y no renovables, puede tener un grado de diversificación del parque generador eléctrico, muchos dicen que la diversificación de recursos es una buena forma de aprovechar de manera adecuada los recursos, opera a diferente escala y diferentes tipos de tecnologías de producción. Se puede tener una industria diversificada, pero esto depende de los recursos energéticos de sus características y en el caso de los recursos no renovables de su cantidad de reserva, ya que la magnitud de la demanda eléctrica hace que las economías de escala se agoten rápidamente, además de generar una dependencia de las importaciones.

Según el COES, en 2018 la potencia efectiva del SEIN ascendió a 12, 581.4 MW, tuvo un crecimiento de 5.21% respecto al 2017. Este aumento se debió a la mayor potencia renovable, la cual se incrementó a 985 MW (ya que en el 2017 era 555 MW), debido al ingreso de la central eólica Wayra I de Enel Green Power Perú con una potencia efectiva de 132.3 MW y la central solar Rubí con una potencia de 1445. MW; este incremento también se debió a la mayor potencia térmica por la entrada del ciclo combinado de Termochilca 123.6 MW.

2.5.1.1.1. Producción eléctrica por zona del país

En el Perú existen 4 zonas divididas del sector eléctrico estos son: norte, centro, sur y oriente. Esta división en el sector energético se debe a las características de los recursos energéticos, características geográficas y la demanda eléctrica que tiene cada región en la cuadro 2.18, se muestra la producción eléctrica de cada zona en el año 2019, también se puede ver en la figura 2.38 que la región central representa la mayor producción con un 80%, ya que en esta región se ubica la mayor demanda, teniendo a lima y callao como principal consumidor y a Huancavelica como uno de principales generadores eléctricos del país.

Cuadro 2.18. Producción eléctrica por zona (GWh), fuente MINEM.

Zona	Enero		Δ	Total anual		Δ
	2019	2020		2018	2019	
Norte	289	299	4%	3218	3482	8%
Centro	3893	3964	2%	43933	45774	4%
Sur	603	632	5%	6827	6860	0.5%
Oriente	57	61	7%	915	851	-7%
Total Nacional	4841	4956	2.4%	54893	56967	3.8%

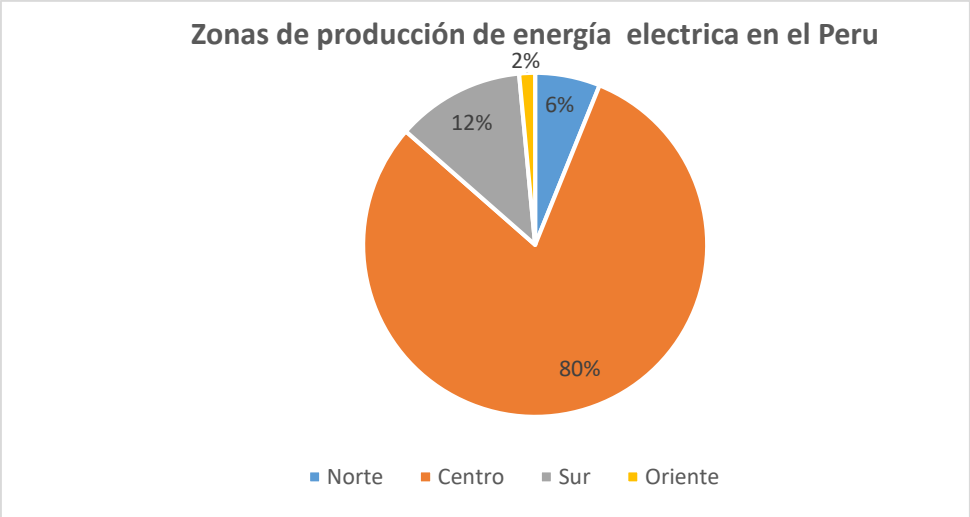


Figura 2.38. Porcentajes de producción eléctrica de las zonas en el Perú. Fuente MINEM.

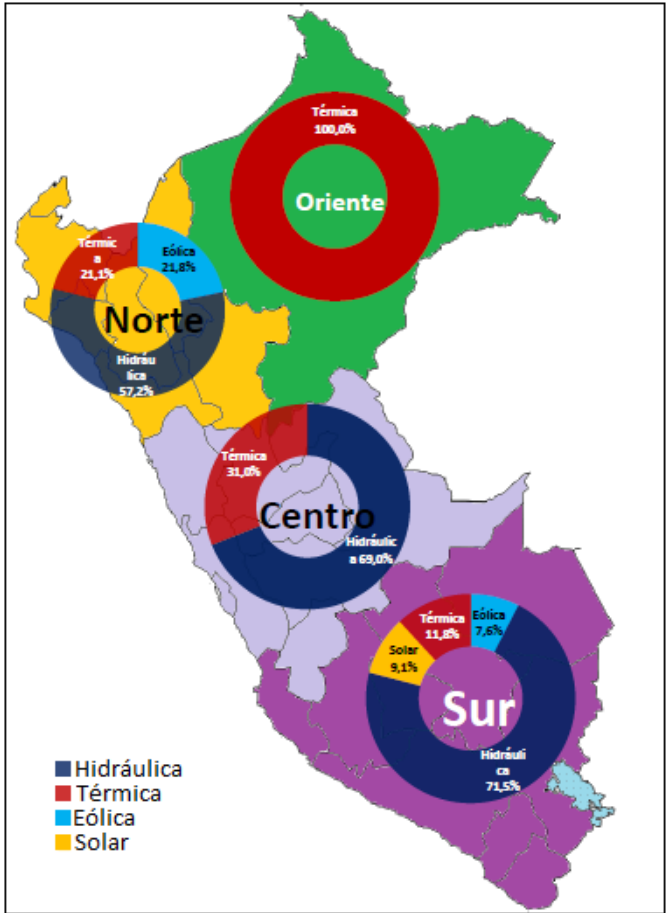


Figura 2.39. Sectorización de producción eléctrica en el Perú. Fuente MINEM.

Como se puede apreciar en la figura 2.39 cada zona tiene diversidad de fuentes energéticas y su participación también es variada, la zona oriente tiene una producción termoeléctrica al 100%, la región central tiene una producción hidroeléctrica del 69% y el 31% termoeléctrica. Pero esta participación de sus recursos nunca fue tan diversificada como ahora, como se muestra en la figura 2.40.

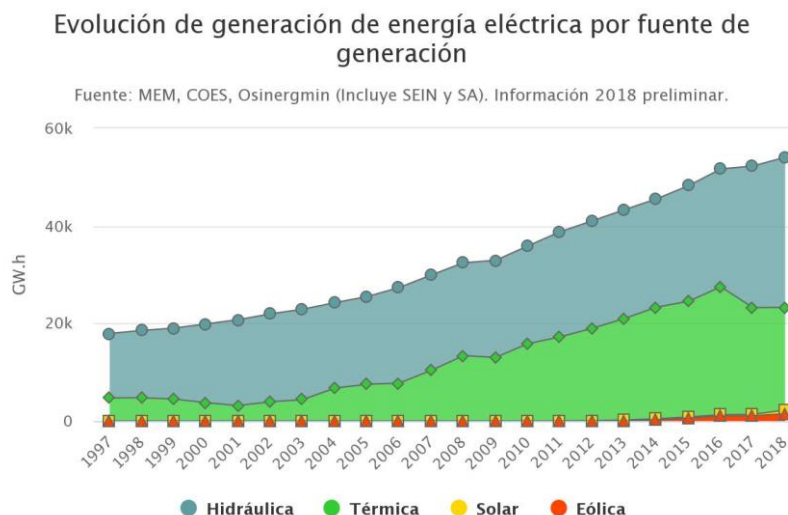


Figura 2.40. Generación de electricidad, según la fuente de generación, fuente EIA.

2.5.1.2. Demanda de electricidad

En Perú, el consumo de electricidad ha crecido, como se muestra en la figura 2.41, la demanda eléctrica per-cápita (kWh) ha aumentado en cuatro momentos, el primer periodo en la década del 70 al 82, con una tasa de crecimiento de 3.1%. En el periodo de 83 al 94 en estos años la demanda de electricidad se vio sin crecimiento, esto debido a los problemas sociales y económicos que atravesó el país. Desde el 95 hasta el 2004 la tasa de crecimiento fue de un 4% y finalmente desde el 2005 hasta la fecha la demanda el país creció con una tasa de 5.4%.

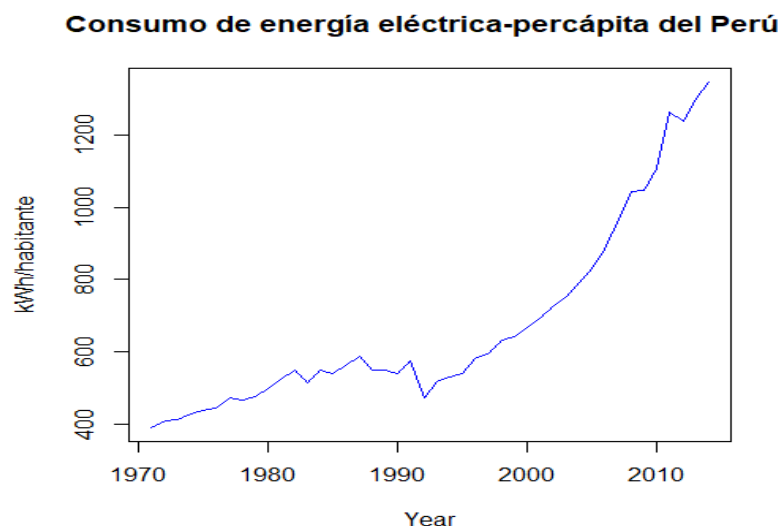


Figura 2.41. Consumo de energía eléctrica-percápita del Perú desde 1970 hasta el año 2014, fuente BM, elaboración propia.

En el 2015 el Perú tuvo un consumo de electricidad de 48 TWh, como se muestra en la figura 2.42 como se muestra en el gráfico.

Evolución de la demanda eléctrica en el Perú

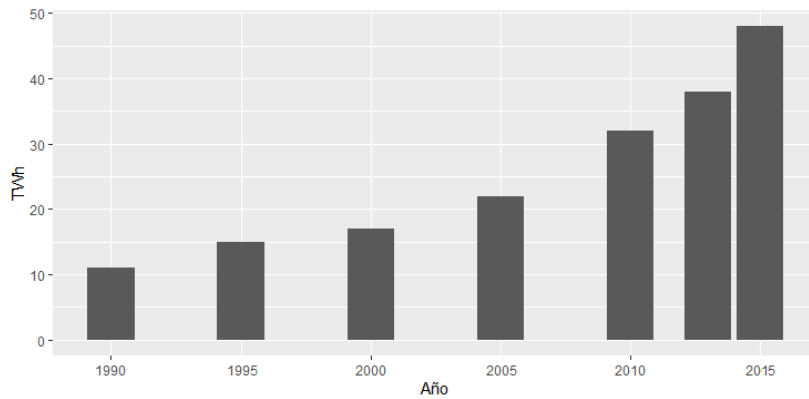


Figura 2.42. Evolución de la demanda eléctrica en el Perú, fuente Osinergmin.

Evolución de la demanda eléctrica en el Perú 40 TWh, aunque se ha tenido mayor crecimiento, de consumo en el Perú en comparación de la región de Sudamérica estamos en los últimos lugares, como se muestra en la figura 2.43, esto se debe a varios factores económicos, precio de la electricidad, cobertura de la red, siendo Chile y Argentina los mayores consumidores y como se muestra. En contraste el Perú es uno de los países de mayor consumo fósil per cápita por vehículo.

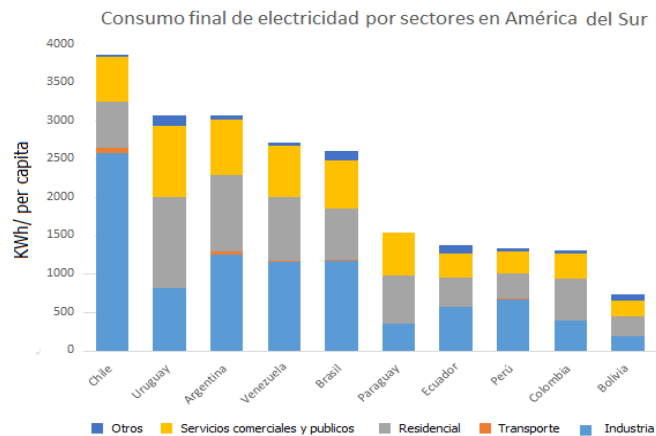


Figura 2.43. Consumo final de electricidad por sectores en América del Sur.

Fuente (IEA, 2015).

Como se muestra en la figura 2.44, El uso de la electricidad ha cambiado como se muestra hay mayor consumo en el sector industrial y minero, ya que hoy en día este sector representa el 56%, en segundo lugar, es el consumo residencial con un 23%, en tercer lugar, es el consumo comercial con un 18% y en último lugar es el alumbrado público con un 3%, el crecimiento del sector residencial se debe a dos factores el primero a un crecimiento económico y el segundo al crecimiento de la población.

Evolución del consumo de electricidad del mercado eléctrico por tipo de uso

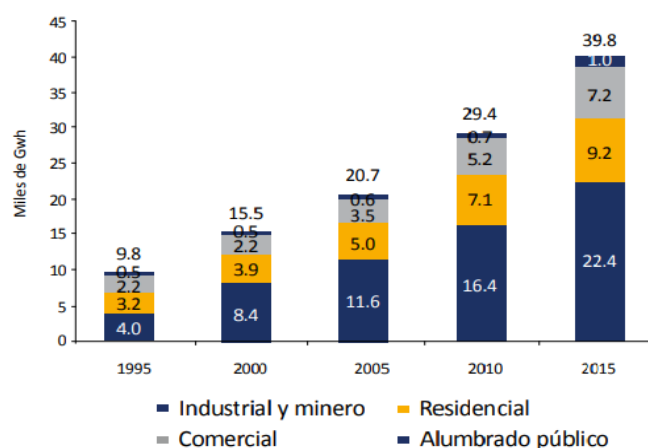


Figura 2.44. Consumo de electricidad según los sectores, fuente Osinermin.

2.5.1.3. Transmisión

Las líneas de transmisión son aquellas que transportan la electricidad desde los generadores a las líneas distribuidoras a través de líneas de transmisión, que transporta dicha energía de altos niveles de tensión y a largas distancias, mientras que en el segmento de distribución se traslada electricidad hacia los consumidores finales mediante redes eléctricas de mediana y baja tensión. Esta transmisión de energía eléctrica en el Perú, se efectúa mediante el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y los Sistemas Aislados (SS.AA.), ambos sistemas, al cierre del 2018, la longitud de líneas de transmisión total del SEIN se elevó a 29,031.4 km, superior en 1.7% respecto al cierre del 2017. Como se muestra en la figura 2.45. El incremento se concentró en líneas menores a 75 kV y líneas de 220 kV. (OSINERGMIN, 2016).

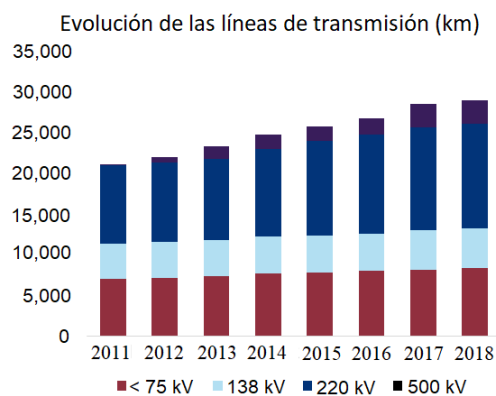


Figura 2.45. Consumo de electricidad según voltaje, fuente Osinermin.

Las principales empresas titulares de la concesión que desarrollarán la actividad de transmisión eléctrica .Red de Energía del Perú S.A. que dispone de 4 660 km (22% del total nacional); el grupo Abengoa compuesto por ATN, ATS y ATN1 (10%), Consorcio Transmantaro S.A. (10%), luego tenemos a empresas como: Interconexión Eléctrica ISA Perú, Red Eléctrica del Sur S.A., Eteselva S.R.L., Transmisora Eléctrica del Sur S.A., Consorcio Energético Huancavelica S.A. y Etenorte S.R.L. y totalizando una longitud de 11 249 km de líneas (52% del total nacional). Entre otras empresas transmisoras, generadoras y distribuidoras del mercado eléctrico así como empresas que generan energía para uso propio, disponen de 10 340 km de líneas (48% del total nacional) en diversos niveles de tensión mayores a 30 kV (OSINERGMIN, 2016).

Como se muestra en la figura 2.46 la longitud de líneas de transmisión en el 2014, según la tensión de transmisión. La mayor línea de transmisión corresponde al consume residencial (38%), es decir 220 V.

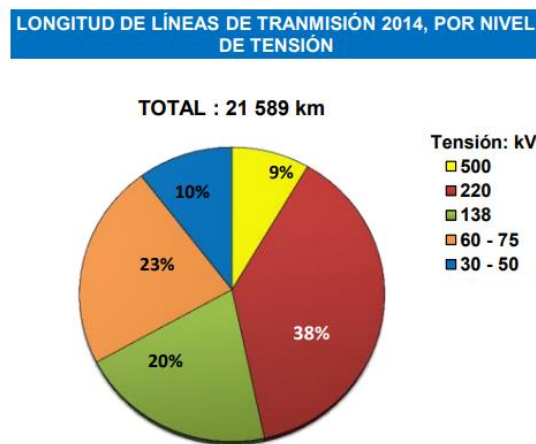


Figura 2.46. Longitud de líneas de transmisión en el 2014, según la tensión de transmisión. Fuente Osinergmin.

2.5.1.4. Distribución

La distribución tiene como fin llevar la electricidad hacia los usuarios finales, está compuesta por los sistemas de media y baja tensión, necesarios para distribuir la energía comprada a las empresas generadoras desde el mercado mayorista hacia los usuarios finales. Al igual que la generación y la transmisión, la distribución de energía está regulada por la Ley General de Concesiones Eléctricas (Ley N° 25844)

y su reglamento. Con ella se establecen, entre otros temas, los derechos y obligaciones de las empresas concesionarias de distribución de energía y las tarifas de energía y distribución. La tarifa eléctrica a nivel de generador a distribuidor está compuesta por el promedio ponderado de dos precios: el precio en barra y el precio firme. El primero es determinado por el regulador, y se aplica en los contratos bilaterales pactados con dicho precio y para los retiros sin contratos. El segundo es el promedio ponderado de los precios resultantes de las subastas realizadas por los distribuidores.

Las tarifas de distribuidor a usuario están compuestas por tres:

- (i) Los Precios a Nivel de Generación.
- (ii) Los peajes de transmisión.
- (iii) El Valor Agregado de Distribución.

El Valor Agregado de Distribución lo determina el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN, siguiendo el modelo de empresa eficiente para cada sector típico.

En la actualidad, en el Perú en el mercado de distribución, existen tantas empresas como zonas. estas empresas son los responsables por el suministro de energía eléctrica en cada zona de concesión, además están obligadas a permitir el acceso a sus redes de transmisión a otras empresas generadoras o distribuidoras.

En el SICN, las nueve empresas de distribución son privadas, las cuales abastecen 2.4 millones de clientes finales. Pero en el SISUR, existen tres empresas de distribución (Electro Sur, SEAL y Electro Sur Este) las cuales pertenecen al Estado y sirven a 420,000 clientes, lo que representa el 17% del total nacional (Bonifaz F., 2001)

2.5.1.5. Costo y precio de la electricidad

Los precios de electricidad dependen de cada mercado en la región, sea por sus recursos, por sus políticas, por los tratados, por la finalidad de uso, por la potencia comprada, tienen como parámetros para determinar el precio en cada país de la región según datos del regulador peruano de inversión en energía y minería. Osinergmin. Para usuarios con un consumo menos a 125 kWh al mes Paraguay tiene el precio más barato. Según datos compilados por el regulador peruano de inversión en energía y minería, según Osinergmin, en el 2019, Uruguay tiene la tarifa residencial más alta para los usuarios que consumen hasta 125kWh al mes,

con 23.08 ctv. US\$/kWh y Paraguay la más barata con 2.79 ctv. US\$/kWh, como se muestra en la tabla 2.19, también se puede observar que Perú tiene un precio de 16.56 ctv. US\$/kWh un precio mayor al precio medio de la región.

Tabla 2.19 Tarifas residenciales de electricidad - Consumo mensual hasta 125kWh.

Fuente (OSINERGMIN, 2016)

País	Tarifa (ctv. US\$/kWh)
Paraguay	2.79
México	4.6
Argentina	7.09
Ecuador	7.23
Brasil	8.26
Bolivia	10.54
Colombia	12.23
Costa Rica	14.27
Panamá	14.35
Chile	15.01
Perú	16.56
Guatemala	17.95
El Salvador	20.77
Uruguay	23.08

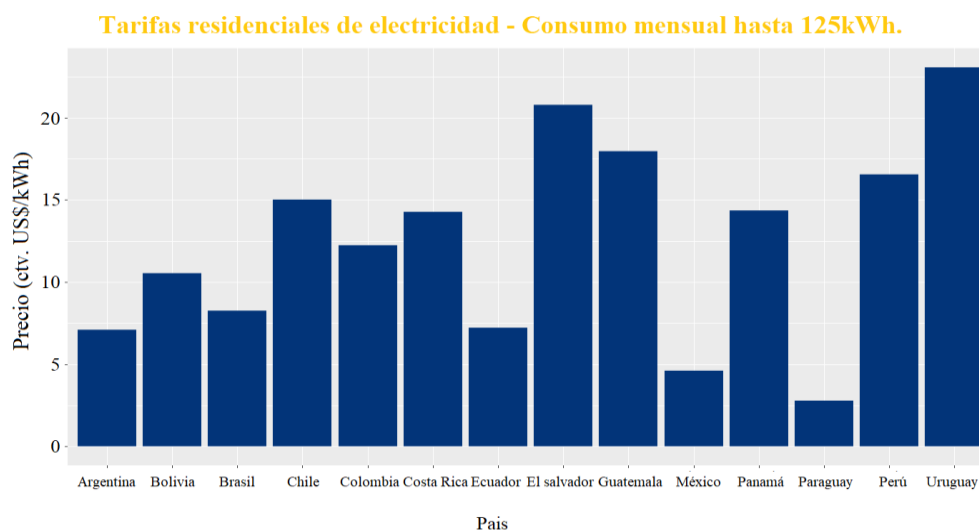


Figura 2.47. Tarifa de precios de electricidad de los países en Latinoamérica, fuente diario Gestión, elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 2.20 en el estudio, que corresponde al 2019, por Osinergmin, analiza 14 países. Para los usuarios comerciales que consumen desde 50.000kWh al mes, el país más caro es Panamá y el más barato Paraguay.

Tabla 2.20. Tarifas comerciales de electricidad - consumo mensual desde 50.0 kWh
Fuente (OSINERGMIN, 2016).

País	Tarifa (ctv.US\$/kWh)
Paraguay	5.17
Argentina	8.57
Ecuador	10.09
Perú	11.79
Brasil	14.07
Chile	14.16
Colombia	14.40
Guatemala	14.65
Uruguay	16.93
México	17.99
Costa Rica	19.92
El Salvador	21.41
Bolivia	21.58
Panamá	23.41

CAPÍTULO III METODOLOGÍAS

3. Metodologías utilizadas en el estudio de la introducción de vehículos eléctricos

A continuación, en la tabla 3.1, se presentan algunas investigaciones realizadas con diferentes metodologías para el estudio de la introducción y aceptación de los VE's.

Tabla 3.1. Metodologías usadas para estudiar la adopción de VE's.

	TÍTULO	METODOLOGÍA	PAÍS	Referencia
1	A comprehensive model of regional electric vehicle adoption and penetration	modelo de elección discreta	USA	(Javid & Nejat, 2017)
2	Dissemination of electric vehicles in urban areas: Major factors for success	Análisis comparativo	Austria	(Ajanovic & Haas, 2016)
3	An agent-based electric vehicle ecosystem model: San Francisco case study	Agent-based modeling	USA	(Adepetu, Keshav, & Arya, 2016)
4	Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy	perspectiva multinivel (MLP)	Norway	(Figenbaum, 2017)
5	Designing Policy Incentives for Cleaner Technologies: Lessons from California's Plug-in Electric Vehicle Rebate Program	logit model	USA	(DeShazo, Sheldon, & Carson, 2017)
6	Exploring the Impact of the Federal Tax Credit on the Plug-In Vehicle Market	Statistical analysis	USA	(Tal & Nicholas, 2016)
7	Effectiveness of incentives on electric vehicle adoption in Norway	Regression methods	USA	(Mersky, Sprei, Samaras, & Qian, 2016)
8	Incentives for promoting Battery Electric Vehicle (BEV) adoption in Norway	Análisis estadístico	Norway	(Bjerkkan, Nørbech, & Nordtømme, 2016)
9	Assessing the impact of policy interventions on the adoption of plug-in electric vehicles: An agent-based model	An agent-based model	USA	(Silvia & Krause, 2016)
10	Increasing electric vehicle policy efficiency and effectiveness by reducing mainstream market bias	Analysis qualitative	USA	(Green, Skerlos, & Winebrake, 2014)
11	Modelling market diffusion of electric vehicles with real world driving data – German market and policy options	market diffusion model	Germany	(Gnann, Plötz, Kühn, & Wietschel, 2015)
12	The effect of policy incentives on electric vehicle adoption	Analysis Survey	Sweden	(Langbroek, Franklin, & Susilo, 2016)
13	The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption	OLS regression	The Netherlands	(Sierzchula et al., 2014)
14	Advances in consumer electric vehicle adoption research: A review and research agenda	Analysis qualitative	Sweden	(Rezvani et al., 2015)
15	Modelling electric vehicles use: a survey on the methods	a survey on the methods	UK	(Daina, Sivakumar, & Polak, 2017)
16	A qualitative comparative analysis on factors affecting the deployment of electric vehicles	Method comparative	Corea del sur	(Yong & Park, 2017)
17	EVs mass adoption in Colombia –A first approach Model	Multinomial Logit Model	Colombia	(Hinestroza, Rosero, & Puerto, 2015)
18	Evaluation of electric vehicle power technologies: Integration of technological performance and market preference	Proceso de Jerarquía Analítica (AHP)	Taiwán	(Ho & Huang, 2022)

3.1. Metodología para la evaluación de barreras y políticas

3.1.1. Metodología para la evaluación del impacto social

El análisis de la evaluación del impacto social de las barreras que frenan la masificación de vehículos se ha llevado a cabo principalmente mediante métodos cualitativos, en consecuencia, un propósito específico de este estudio es aplicar un método cuantitativo utilizando el método de entropía de Shannon, determinar pesos, para cuantificar el impacto de las barreras y el objetivo principal es la evaluación cuantitativa de las políticas para la introducción y masificación de los vehículos eléctricos ligeros de uso privado. Esta sección proporciona un resumen del método de agrupamiento gris y el método de peso de entropía, seguido de detalles del método IGCEW que inicialmente fueron usados para ECA, pero ahora serán propuestos para analizar convergencias o conformidades, por parte de los interesados. Esta sección proporciona un resumen del método de GREY CLUSTERING y el método de peso de entropía, y la integración de ambos métodos (IGCEW) para aplicarlo en una evaluación de impacto social EIS, en este caso para un estudio de mercado.

Si deseamos conocer o determinar la viabilidad de proyectos, evitar conflictos sociales y conocer las expectativas de la población de proyectos o programas, realizar un estudio de mercado, la Evaluación del Impacto Social (EIS) es una herramienta fundamental, ayudando en la toma de decisiones. A su vez los grupos de interés son una dimensión importante para la evaluación integrada de proyectos o programas (Hamilton, Elsayah, Guillaume, Jakeman, & Pierce, 2015), en nuestro trabajo para un estudio de mercado, ya que la EIS puede evaluar la perspectiva de la población, grupos interesados o stakeholders, antes, durante y después de la realización de un proyecto o programa. Generalmente se realizan estudios por métodos cualitativos, como lo demuestran los estudios basados en la participación pública (Tang, Wong, & Lau, 2008).

El método de agrupación gris se basa en la teoría del sistema gris, originalmente desarrollada por Deng (1982) (Liu Sifeng., 2010). El sistema gris es una teoría que se enfoca en el estudio de problemas que involucran muestras pequeñas e información limitada (Delgado & Romero, 2016). Además este método resultó ser más objetiva y muestra mejor resultados que otros métodos usados en la EIS (Delgado & Romero, 2015). El método GREY CLUSTERING es un enfoque que considera la incertidumbre dentro de su análisis, y también permite la clasificación de objetos

observados en clases definibles, llamadas clases grises (Delgado & Romero, 2016). Esta metodología ayudó a clasificar: Calidad del aire (Delgado, Montellanos, & Llave, 2019), calidad de energía (Sacasqui, Luyo, & Delgado, 2018) y riesgo de sequía (Luo, Ye, & Sun, 2020), entre otros, como se muestra la tabla 3.2.

El concepto de entropía de Shannon se aplica a la medición de la diferencia entre los criterios, y esta información se utiliza para la toma de decisiones (Carlsson, 1996). El método de entropía-peso se basa en la teoría de entropía de Shannon, inicialmente desarrollado por Claude E. Shannon (Shannon, C.E., Weaver, 1948). Además, la teoría de entropía de Shannon ha contribuido a resolver los problemas en diversas temas, tales como: transporte (taxi compartido) (Xiao, He, Ma, & Zhang, 2019), la gestión del medio ambiente (Srivastav & Simonovic, 2014), Evaluación de riesgos (sistema de transporte de mercancías peligrosas) (W. Huang et al., 2021), los conflictos sociales (Delgado, 2016), (Delgado & Romero, 2016), toma de decisiones (M. Song, Zhu, Peng, & Santibanez Gonzalez, 2017), entre otros. La integración de ambas metodologías fueron usadas para medir el impacto de proyectos por (Delgado, 2016), el análisis de su estudio fue la divergencia entre los grupos de interés, que produce determinado proyecto minero, en este estudio se propone un estudio de la convergencia, para ver la conformidad de los grupos de interés con la introducción de vehículos eléctricos, así determinar los pesos de cada política, ya que cada política tiene diferente impacto y se pretende medir cuantitativamente dicho impacto.

Tabla 3.2. Trabajos de investigación que usaron la metodología Grey Clustering

	TÍTULO	APLICACIÓN	PAÍS	REFERENCIA
1	Environmental conflict analysis using an integrated grey clustering and entropy-weight method: A case study of a mining project in Peru	Análisis de conflicto ambiental	Perú	(Delgado & Romero, 2016)
2	Citizen criminality assessment in Lima city using the grey clustering method	Seguridad ciudadana	Perú	(Delgado, 2017)
3	Analysis of river health variation under the background of urbanization based on entropy weight and matter-element model: A case study in Huzhou City in the Yangtze River Delta, China	Evaluación de ríos.	China	(G. Pan, Xu, Yu, Song, & Zhang, 2015)
4	An integrated framework for effective safety management evaluation: Application of an improved grey clustering measurement	Seguridad	China	(C. Li, Chen, & Xiang, 2015)
5	Key indices of the remanufacturing industry in China using a combined method of grey incidence analysis and grey clustering	Industria de remanufactura	China	(Liu, Zhang, et al., 2017)

6	Evaluating remanufacturing industry of China using an improved grey fixed weight clustering method-a case of Jiangsu Province	Industria de remanufactura	China	(Liu, Wu, Chang, Chen, & Liu, 2017)
7	Exploring the effects of influencing factors on energy efficiency in industrial sector using cluster analysis and panel regression model	Energía	China	(Liao & He, 2018)
8	Grey Clustering Analysis Method for Overseas Energy Project Investment Risk Decision	Energía	China	(Ke, Xiaoliu, Zhongfu, & Wenyan, 2012)
9	Energy audit of schools by means of cluster analysis	Energía	Italia	(Arambula , Romagnoni, & Gasparella, 2015)
10	Entropy-based weights on decision makers in group decision-making setting with hybrid preference representations	Toma de decisiones	China	(Yue, 2017)
11	The multi-level comprehensive safety evaluation for chemical production instalment based on the method that combines grey-clustering and EAHP	Gestión de la Seguridad, industria química	China	(Lv, Wu, Liu, & Shi, 2017)
12	Grey-incidence clustering decision-making method with three-parameter interval grey number based on regret theory	Toma de decisiones	China	(Y. Li, Niu, Wang, & Li, 2017)
13	Research on wind power project investment risk evaluation based on fuzzy-gray clustering trigonometric function	Evaluación riesgo de inversión en proyectos de energía eólica	China	(Qiao, Wen, Wu, & Zeng, 2022)
14	The DPSIRM - Grey cloud clustering method for evaluating the water environment carrying capacity of Yangtze River economic Belt	Evaluar la capacidad de carga del entorno acuático	China	(Chai & Zhou, 2022)
15	Evaluation Method for Energy Saving Effect of Passive Ultra Low Energy Consumption Buildings based on Fuzzy Grey Clustering Method	Evaluación del Efecto de Ahorro Energético	China	(Xiong & Hu, 2021)
16	Using grey clustering to evaluate nitrogen pollution in estuaries with limited data	Evaluación de la contaminación	México	(Temino-Boes, Romero-Lopez, Ibarra-Zavaleta, & Romero, 2020)

3.1.2. Método de Agrupación Grey basado en CTWF

En este artículo, usamos el método de agrupamiento gris basado en las funciones de ponderación de blanqueamiento triangular de punto central (CTWF) porque los grupos de partes interesadas pueden tratarse como objetos de observación para SIA.

Paso 1: Se dividen los intervalos de los criterios proporcionalmente en s clases grises, y luego sus puntos centrales, se obtienen $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \dots$ y λ_s

Paso 2: Las clases de grises se expanden en dos direcciones, agregando las clases de grises 0 y $(s + 1)$ con sus puntos centrales λ_0 y λ_{s+1} , respectivamente. La nueva secuencia de puntos centrales es $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_s$ y λ_{s+1} , ver los detalles en la figura

3.1. Para la k -ésima clase gris, $k = 1, 2, \dots, s$, del j -ésimo criterio, $j=1, 2, \dots, n$, para un valor observado x_{ij} , la CTWF está definida por la ecuación (1).

La función de CTWF para el GREY CLUSTERING

$$f_j^k(x_{ij}) = \begin{cases} 0, & x \notin [\lambda_{k-1}, \lambda_{k+1}] \\ \frac{x-\lambda_{k-1}}{\lambda_k-\lambda_{k-1}}, & x \in [\lambda_{k-1}, \lambda_k] \\ \frac{\lambda_{k+1}-x}{\lambda_{k+1}-\lambda_k}, & x \in [\lambda_k, \lambda_{k+1}] \end{cases} \quad (1)$$

Donde $f_j^k(x_{ij})$ es el CTWF de la k -ésima clase grey del criterio j -ésimo,

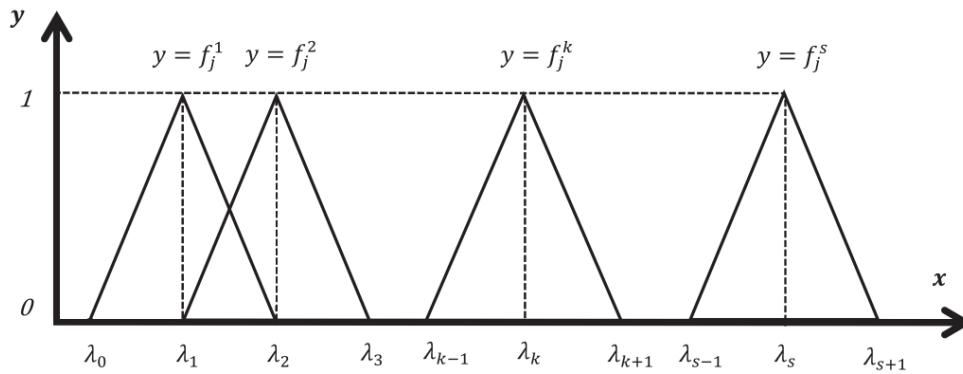


Figura 3.1. Funciones de peso de triangular whitening de punto central (CTWF).

Tabla 3.3. CLASES GRIS EXTENDIDAS EN EL ESTUDIO DE CASO

Puntos centrales de las clases grises extendidas						
λ_0	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
0	10	30	50	70	90	100

A continuación, los valores de CTWF se presentan como un sistema porcentual α_k , que se define por los valores $\alpha_1 = 20$, $\alpha_2 = 40$, $\alpha_3 = 60$, $\alpha_4 = 80$ y $\alpha_5 = 100$. Como se muestra en la tabla 3.3.

Paso 3: El coeficiente de agrupamiento integral z_i^k , para el objeto i , $i = 1, 2, \dots, m$, con respecto a la clase grey k , $k = 1, \dots, s$ es calculado por Eq. (2)

Cálculo del coeficiente de clusterización

$$z_i^k = \sum_{j=1}^n f_j^k(x_{ij}) * \alpha_j \quad (2)$$

Paso 4: si $\max_{(1 \leq k \leq s)} \sigma_i^k = \sigma_i^{k^*}$, decidimos ese objeto que pertenece a la clase grey k^* . Cuando hay varios objetos en la clase grey k^* , estos los objetos se pueden ordenar de acuerdo a las magnitudes de coeficientes de agrupamiento integrales.

Las políticas = {C₁, C₂, C₃, C₄, C₅, C₆, C₇}

Tabla 3.4. Matriz de los grupos y cada criterio (política o barrera)

Políticas \ Grupos	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
G ₁									
G ₂									
G ₃									
G ₄									

Tabla 3.5. Clases grises para cada criterio determinado en el estudio de caso

	VERY NEGATIVE	NEGATIVE	NORMAL	POSITIVE	VERY POSITIVE
C1	$0 \leq x_1^1 \leq 20$	$20 \leq x_1^2 \leq 40$	$40 \leq x_1^3 \leq 60$	$60 \leq x_1^4 \leq 80$	$80 \leq x_1^5 \leq 100$
C2	$0 \leq x_2^1 \leq 20$	$20 \leq x_2^2 \leq 40$	$40 \leq x_2^3 \leq 60$	$60 \leq x_2^4 \leq 80$	$80 \leq x_2^5 \leq 100$
C3	$0 \leq x_3^1 \leq 20$	$20 \leq x_3^2 \leq 40$	$40 \leq x_3^3 \leq 60$	$60 \leq x_3^4 \leq 80$	$80 \leq x_3^5 \leq 100$

3.1.3. Método de ENTROPY-WEIGHT SHANNON

En esta sección, proporcionamos un resumen de la entropía de peso método. Para todos los p_i dentro de una distribución de probabilidad P, Shannon desarrolló la medida H, que satisface las siguientes propiedades:

1. H es una función positiva continua,
2. Si todos los p_i son iguales y $p_i = 1/n$, entonces H debería ser una función creciente monótonica de n,
3. Para todos,

$$n \geq 2, H(p_1, p_2, \dots, p_n) = h(p_1 + p_2, p_3, \dots, p_n) + (p_1 + p_2)H\left(\frac{p_1}{p_1 + p_2}, \frac{p_2}{p_1 + p_2}\right)$$

Shannon mostró que la única función que satisface estas propiedades es:

$$H_{shannon} = -k \sum_i^n p_i * \log(p_i) \quad (3)$$

Dónde: $0 \leq p_i \leq 1$; para $\sum_i^n p_i = 1$

Para un cierto criterio, si hay una gran diferencia entre las alternativas, el criterio dará a los responsables de la toma de decisiones una gran cantidad de información y el criterio puede considerarse como un factor importante. Por lo tanto, se puede argumentar que el método del peso de la entropía se puede aplicar en EIS para determinar los criterios para los que existe divergencia entre los grupos de partes interesadas comparados.

El método de peso de entropía se desarrolla de acuerdo con la siguiente definición.

Definición 2.

Suponga que hay m objetos para evaluación y cada uno tiene n criterios de evaluación, que forman la matriz de decisión $Z = \{z_{ij}; i = 1; 2; \dots; m; j = 1; 2; \dots, n\}$. Luego, los pasos del método de entropía-peso se pueden expresar de la siguiente manera:

Paso 1: La matriz de decisión $Z = \{z_{ij}; i = 1; 2; \dots; m; j = 1; 2; \dots, n\}$ se normaliza para cada criterio C_j ($j = 1, 2, \dots, n$). Los valores p_i normalizados se calculan mediante Eq. (4)

Normalización de los valores.

$$p_{ij} = \frac{z_{ij}}{\sum_{i=1}^m z_{ij}} \quad (4)$$

Paso 2: La entropía H_j de cada criterio C_j se calcula mediante Eq. (5)

La matriz de normalización, entropía

$$H_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} * \ln(p_{ij}) \quad (5)$$

k es una constante igual a, $k = (\ln(m))^{-1}$

Donde m es el número de grupos de interesados

Paso 3. El grado de divergencia div_j , es calculado

$$div_j = 1 - H_j \quad (6)$$

Paso 4. El grado de convergencia cov_j , es calculado (es el aporte de la investigación)

$$cov_j = 1/div_j \quad (7)$$

Paso 5. Normalización de cada criterio (política) w_j es calculada por la ecuación

$$w_j = \frac{cov_j}{\sum_{i=1}^m cov_j} \quad (7)$$

Paso 6. El Peso del criterio (política) w_j es calculado por la ecuación (9)

$$z_{ij} = \sum_{K=1}^S f_i^k(x_{ij}) \cdot \alpha_k \quad (8)$$

Paso 7. Para nuestro propósito de jerarquizar las políticas se obtiene la ecuación (9), obteniendo el Peso del criterio (política) w_j^*

$$w_j^* = w_j \cdot z_j \quad (9)$$

3.1.4. Estudio de caso

Para probar el método IGCEW, realizamos un SIA de las barreras que pueden limitar la masificación de los vehículos eléctricos en el Perú. Nuestro estudio midió el impacto social de estas barreras en la ciudad de Lima, y con base en los resultados, determinó que barreras son las críticas para la adopción y masificación de los VE's en la ciudad de Lima, tomando la opinión de los grupos de partes interesadas identificados.

3.1.4.1. Grupos de partes interesadas

Nuestro trabajo de campo identificó cuatro grupos de partes interesadas diferentes ($k = 4$), y la composición de estos grupos se determinó sobre la base de estudios realizados en el campo del estudio de penetración de los vehículos eléctricos. Los grupos de partes interesadas se definieron de la siguiente manera.

➤ **Propietarios de vehículos (G1)**

Este grupo estaba compuesto por ciudadanos de las áreas urbanas de Lima.

Muchos estudios se han realizado para conocer la percepción de los conductores: Usuarios comerciales (Wikström, Hansson, & Alvfors, 2014), privados (Sun et al., 2016), perspectiva de los propietarios (Hardman, Berliner, & Tal, 2019).

➤ **Futuros compradores (G2)**

Este grupo estaba compuesto por ciudadanos que piensan comprar un vehículo nuevo. Algunos estudios realizados para conocer la opinión de los potenciales compradores (Axsen, Goldberg, & Bailey, 2016), (Wolbertus, Kroesen, van den Hoed, & Chorus, 2018).

➤ **Vendedores e importadores (G3)**

Este grupo estaba compuesto por vendedores de las principales distribuidoras de vehículos.

Esperando que su conocimiento de las preferencias de los compradores nos ayude a conocer qué políticas pueden ayudar (Zarazua de Rubens, Noel, Kester, & Sovacool, 2020).

➤ **Especialistas (G4)**

Este grupo estaba compuesto por profesionales de diferentes campos que estaban familiarizados con el área de influencia.

Estudios realizados para conocer la opinión de los expertos: en Taiwán (Ho & Huang, 2022) y en los países nórdicos (Zarazua de Rubens et al., 2020).

3.1.4.2. Criterios, barreras contra la masificación

Barreras de estudio en el trabajo

El análisis de impacto social de las barreras contra la masificación de vehículos se ha llevado a cabo principalmente mediante métodos cualitativos, en consecuencia, el objetivo específico de este estudio es aplicar un método cuantitativo utilizando el método de entropía peso de conflicto social para cuantificar el impacto de las barreras.

Tabla 3.6. Principales barreras de estudio para el caso peruano.

Criterios	Barreras	Descripción	Referencia
C1	Autonomía limitada	Cuantos km puede recorrer antes de la descarga	<ul style="list-style-type: none"> ➤ (Haddadian et al., 2015) ➤ (Melliger et al., 2018) ➤ (Ordóñez Chillogalli, 2019) ➤ (Nian et al., 2017) ➤ (Plötz et al., 2014) ➤ (Skippon et al., 2016).
C2	Precio elevado	Costoso en comparación con un vehículo convencional	<ul style="list-style-type: none"> ➤ (Barisa et al., 2016) ➤ (Quak et al., 2016) ➤ (She et al., 2017) ➤ (De Luca et al., 2018) ➤ (Haddadian et al., 2015) ➤ (Y. Huang & Qian, 2018) ➤ (Münzel et al., 2019)
C3	El tiempo de recarga	El tiempo de recarga que es mayor en los Vehículos eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ (Skippon et al., 2016) ➤ (Melliger et al., 2018) ➤ (Vassileva & Campillo, 2017) ➤ (Nian et al., 2017) ➤ (Barisa et al., 2016) ➤ (De Luca et al., 2018) ➤ (Melliger et al., 2018) ➤ (Sun et al., 2016)

3.1.4.3. Políticas para la masificación de VE's en el Perú

El análisis de impacto social de las políticas también se realizó con este método cuantitativo, ya que el objetivo específico de este estudio es aplicar un método cuantitativo utilizando el método de entropía peso de la evaluación del impacto social para cuantificar el impacto de las políticas.

Tabla 3.7. Políticas propuestas, para el caso peruano.

Crterios	POLÍTICAS	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
C1	Impuestos en las compras	Disminuir de aranceles de importaciones	➤ (Yong & Park, 2017) ➤ (Lévay, 2017)
C2	Subsidios para comprar un VE	Ofrecer bonos de descuento en la compra	➤ (Yong & Park, 2017) ➤ (Barisa et al., 2016) ➤ (Windisch, 2014) ➤ (Nian et al., 2017) ➤ (Nian et al., 2017)
C3	Bajar la tarifa anual a la circulación	(Disminución al impuesto Vehicular)	➤ (Raslavičius et al., 2015)
C4	Red de carga	Mayor número de estaciones de carga eléctrica	➤ (Gnann et al., 2015) ➤ (Plötz et al., 2014) ➤ (Skippon et al., 2016) ➤ (Melliger et al., 2018) ➤ (Nian et al., 2017) ➤ (Barisa et al., 2016) ➤ (De Luca et al., 2018)
C5	Estacionamientos gratuitos	Dar facilidades de carga gratuita en lugares públicos y preferencial.	➤ (Raslavičius et al., 2015). ➤ (Melliger et al., 2018). ➤ (Sun et al., 2016).
C6	Bajar las tarifas de peaje	Menor costo, un costo preferencial	➤ (Lévay, 2017). ➤ (Dorcec et al., 2019)
C7	Costo del combustible	Aumentar el precio a la gasolina (impuesto selectivo)	➤ (Münzel et al., 2019). ➤ (Briseño H, Ramirez-Nafarrate A, 2020)
C8	Publicidad y difusión	Programas de difusión y publicidad (Información de los beneficios de los vehículos eléctricos).	➤ (O'Neill et al., 2019) ➤ (Windisch, 2014). ➤ (Yong & Park, 2017).
C9	Créditos Vehiculares	Brindar facilidades y promover los créditos vehiculares (o alquiler)	➤ (Knez, 2017).

3.2. Metodología de redes neuronales para la aplicación de pronóstico de emisiones de CO₂ en Perú

Esta parte del estudio tiene como objetivo desarrollar un modelo para pronosticar la variación de la intensidad de las emisiones de carbono en el Perú, debido a la introducción de vehículos eléctricos. Las redes neuronales artificiales (RNA) son modelos computacionales que pueden representar relaciones complejas entre datos de entrada y salida en espacios multidimensionales (Jain, Mao, & Mohiuddin, 1996). Las RNA son una técnica de programación lógica que simplemente imita el funcionamiento del cerebro humano, las RNA tienen varias características importantes, como aprender de los datos, generalizar, trabajar con un número infinito de variables, etc. Las células neuronales artificiales constan principalmente de cinco elementos; variables de entrada, pesos, funciones de suma, funciones de activación y variables de salidas (Çay, Korkmaz, Çiçek, & Kara, 2013). Inspiradas en las redes neuronales biológicas, las RNA son sistemas de computación masivamente paralelos que consisten en una cantidad extremadamente grande de procesadores simples con muchas interconexiones (Jain et al., 1996). La técnica de red neuronal artificial se utiliza para modelar, optimizar, simular y pronosticar el rendimiento de un sistema. Se está volviendo más popular en las últimas dos décadas debido a su mayor velocidad de procesamiento y alta precisión (Ghritlahre & Prasad, 2018). Actualmente existe una gran variedad de posibles aplicaciones de RNA para quienes no son especialistas en informática. Por lo tanto, con un conocimiento muy modesto de la teoría detrás de las RNA, es posible abordar problemas complicados en el área de especialidad del propio investigador con la técnica de RNA (Boussabaine, 1996). Además, a diferencia de la mayoría de los enfoques estadísticos, las RNA no necesitan ecuaciones matemáticas predefinidas de la relación entre las entradas del modelo y las salidas correspondientes (Shahin & Elchalakani, 2008). Al mismo tiempo, las RNA son especialmente adecuadas para encontrar soluciones a problemas que tienen información borrosa y son muy complejos donde los individuos suelen tomar decisiones de forma intuitiva (Ghritlahre & Prasad, 2018).

Las RNA tienen tres capas principales; las capas de entrada, oculta y de salida. Las entradas son datos del mundo externo. Las neuronas (elementos de procesamiento) en la capa de entrada transfieren datos del mundo externo a la capa oculta. Los datos de la capa de entrada no se procesan de la misma forma que los datos de las otras

capas. Los pesos son los valores de las conexiones entre celdas. Las salidas se producen utilizando datos de neuronas en las capas de entrada y ocultas, y las funciones de sesgo, suma y activación. La función de suma es una función que calcula la entrada neta de la celda. La función de suma utilizada en este estudio se da en la ecuación (Çay et al., 2013).

Para nuestro estudio se tomó una referencia a (Khashman, Khashman, & Mammadli, 2016), este estudio tuvo 4 neuronas, (PBI, PBI², energía, actividad agrícola), pero nosotros usaremos 7 neuronas que consideramos influyen en las emisiones de CO₂, emitida por el sector transporte por carretera. Las variables de entrada en la red neuronal están compuestas por la capa de entrada, como a continuación se detalla.

- Capa de entrada: 7 neuronas que representan (PBI, población, autos, camionetas, buses, precio de la gasolina, precio del petróleo)
 - ❖ PBI
 - ❖ Precio de Combustible para Vehículo Ligeros
 - ❖ Precio de Combustible para Vehículo Pesados
 - ❖ Población.
 - ❖ Autos
 - ❖ Camionetas
 - ❖ Buses y camiones
- Capa oculta: número variable de neuronas
- Capa de salida: 1 neurona que representa (CO₂)

3.3. Metodología LEAP para el estudio del impacto energético

En este ítem se trata de elegir y aplicar una herramienta para modelar escenarios a mediano o largo plazo, se revisaron modelos de sistemas de energía, encontrando diferentes metodologías usadas para tal propósito. Aunque existen varias categorizaciones para el modelado de la planificación energética, como propósito de la PIR (Planificación Integrada de Recursos Energéticos), esto se puede clasificar y distribuir en siete categorías principales (Ouedraogo, 2017)(Nyasulu, 2018)

1. Simulación (p. Ej., RAMSES, BALMOREL, LEAP, WASP, etc.),
2. Escenario (p. Ej., MARKAL / TIMES, MESSAGE, LEAP, etc.),
3. Equilibrio (p. Ej., MARKAL, PRIMES, etc.),
4. Top-down (ENPEP-BALANCE, LEAP, etc.),
5. Bottom-up (HOMER, RAMSES, MARKAL/TIMES , MESSAGE, etc.),
6. Optimización de operaciones (BALMOREL, MESSAGE, RAMSES, etc.) y
7. Herramientas de optimización de inversiones (MESSAGE, MARKAL / TIMES, etc.)

El propósito es generar un modelo energético y ambiental, para ello se propone crear escenarios considerando diferentes tasas de penetración de vehículos eléctricos en el mercado peruano y analizar cómo estas tasas influyen en el consumo energético viendo la oferta y demanda energética del mercado nacional al 2030, motivadas por la política actual así como los compromisos nacionales e internacionales del Perú teniendo como año base 2018, por eso decidió utilizar el programa de LEAP, ya que es una herramienta de modelado integrada basada en escenarios que se puede utilizar para observar las proyecciones del consumo de energía, demanda de energía, la producción y la extracción de recursos en todos los sectores de una economía nacional.

Según Chávez et al. 2018, las exportaciones e importaciones de petróleo crudo juegan un papel crucial en la balanza comercial de Colombia, Ecuador y Perú. Ante la disminución de las tasas de producción del petróleo y la creciente demanda, estos países están estudiando medidas de ahorro de combustibles fósiles. Sin embargo, faltan estudios sobre los efectos a largo plazo de estas medidas. Se crearon escenarios a largo plazo creando escenarios a largo plazo usando un modelo LEAP, analizando la futura demanda energética del combustible fósil y las ofertas de energía eléctrica (Chavez-Rodriguez et al., 2018).

LEAP se destaca como una herramienta adecuada para este estudio (Nyasulu, 2018).

- Se basa en el análisis de escenarios que es el propósito de este estudio.
- Se quiere una entrada de datos inicial limitada que es propicia para este estudio que tiene grandes limitaciones de datos.
- Proporciona una base de datos tecnológica y medioambiental, que ofrece datos actualizados sobre tecnologías energéticas de una amplia gama de fuentes (SEI, 2008).
- Ofrece visualización de datos para los usuarios finales, lo que facilita que los investigadores y los responsables políticos interpreten los datos sin necesidad de una explicación de un experto.
- Puede rastrear el consumo de energía, la producción y la extracción de recursos en todos los sectores de una economía. Adicionalmente, tiene la capacidad de desarrollar escenarios en una plataforma visual interactiva de su aplicación (SEI, 2017).

- El sistema está diseñado para ayudar a los planificadores de energía y a los encargados de tomar decisiones en la identificación y cuantificación del patrón de consumo de energía futuro y los problemas asociados, y también el impacto probable de diferentes políticas (Kumar, 2016).
- LEAP es un modelo de planificación energética de tipo contable. De manera contable, calcula el requerimiento de energía del sector de demanda de año en año multiplicando la actividad (servicio de energía) por la intensidad de energía para todos los usos finales. La predicción de las tasas de crecimiento de las actividades o la intensidad energética es exógena a LEAP. El programa de demanda utiliza el enfoque impulsado por el uso final. (Mondal, Boie, & Denich, 2010)
- LEAP se aplica especialmente ampliamente como una herramienta para la evaluación nacional de la mitigación de GEI como parte de los compromisos nacionales de informar a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).
- LEAP es un modelo basado en escenarios que tiene la capacidad de definir varios escenarios en paralelo, lo que permite calcular los resultados de manera concurrente.
- LEAP proporciona una base de datos flexible para una variedad de combustibles, su contenido energético y carga ambiental. Además, existen diferentes unidades de energía, potencia, moneda, masa, volumen y variables de transporte en la base de datos LEAP, lo que facilita la entrada de datos de diferentes fuentes de manera más efectiva y sencilla.

Se ha realizado una revisión de algunos estudios sobre la modelización y planificación energética obtenidos en la literatura de los últimos años. Usando la metodología de LEAP en diferentes regiones, tanto países desarrollados (China, Corea) y en países en vías de desarrollo (Grecia, Irán, Etiopía, Pakistán, Tailandia, Turquía, Bangladesh, Nigeria, Malawi, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Panamá), fueron estudiados como un estudio de caso.

Tabla 3.8. Algunos estudios de modelado energético que usaron la metodología LEAP en la literatura.

Región	TÍTULO	PAÍS	AÑO	CITA
Europa	Renewable energy penetration in Crete's electric system Electricity	Grecia	2009	(Giatrakos, Tsoutsos, & Zografakis, 2009)
	Scenarios including uncertain aspects and technology options for clean energy usage Energy	Grecia	2009	(Giatrakos et al., 2009)
Asia	Environmental assessment of energy production from landfill gas plants by using Long-range Energy Alternative Planning (LEAP) and IPCC methane estimation methods: A case study of Tehran	Irán	2016	(Nojedehi, Heidari, Ataei, Nedaei, & Kurdestani, 2016)
	General procedure for long-term energy-environmental planning for transportation sector of developing countries with limited data based on LEAP (long-range energy alternative planning) and EnergyPLAN	Irán	2014	(Sadri, Ardehali, & Amirnekoeei, 2014)
	Monitoring urban transport air pollution and energy demand in Rawalpindi and Islamabad using leap mode	Pakistán	2010	(Shabbir & Ahmad, 2010)
	An Analysis of Emission Reduction of Chief Air Pollutants and Greenhouse Gases in Beijing based on the LEAP Model	China	2013	(L. J. Pan, Xie, & Li, 2013)
	Environmental and economic assessment of the chemical absorption process in Korea using the LEAP model	Corea	2007	(H. J. Song et al., 2007)
	Resource planning integration Energy	Irán	2012	(Amirnekoeei, Ardehali, & Sadri, 2012)
	Energy efficiency and CO2 mitigation potential in the industry sector Energy in Industry sector	Turquía	2015	(Ates, 2015)
	The impact of renewable energy, energy conservation and efficient technologies Electricity	Bangladesh	2016	(Rahman, Paatero, Lahdelma, & Wahid, 2016)
	Renewables for energy security and carbon mitigation Electricity Indonesia and	Tailandia	2016	(Kumar, 2016)
	Renewable Energy Potential for Thailand's NDC Energy (Demand)	Tailandia	2017	(Kusumadewi, Winyuchakrit, Misila, & Limmeechokchai, 2017)
	Policy analysis including renewable energy clean coal, energy efficiency and conservation Electricity	Pakistan	2018	(Mirjat et al., 2018)
África	Sustainable energy scenario options to meet the challenges of both energy security and means of climate change mitigation Energy	Etiopia	2014	(Senshaw, 2014)
	Moderate energy access, accelerate energy Access policies, renewable energies promotion and energy efficiency policies Energy (Demand)	África	2017	(Ouedraogo, 2017)
	Energy policy for low carbon development in Nigeria: A LEAP model application	Nigeria	2017	(Emodi, Emodi, Murthy, & Emodi, 2017)
	Scenario Evaluation of Malawi Energy Policy: LEAP System Modelling Projections from 2008 to 2063	Malawi	2018	(Nyasulu, 2018)
	Africa energy future: Alternative scenarios and their implications for sustainable development strategies	África	2017	(Ouedraogo, 2017)
	Road transport energy consumption and vehicular emissions in Lagos, Nigeria: An application of the LEAP model, 2020	Nigeria	2020	(Maduekwe, Akpan, & Isihak, 2020)
Latinoamérica	Emissions reduction scenarios in the Argentinean Energy Sector, Argentina 2014	Argentina	2014	(Di Sbroiavacca, Nadal, Lallana, Falzon, & Calvin, 2014)
	The dawn of urban energy planning – Synergies between energy and urban planning for São Paulo (Brazil) megacity	Brasil	2019	(Collaço et al., 2019)

Comparison of energy scenario alternatives for Chile: Towards low-carbon energy transition by 2030	Chile	2020	(Simsek et al., 2020)
Analyzing the energy demand and greenhouse gas emissions Energy	Colombia	2019	(Nieves, Aristizábal, Dyner, Báez, & Ospina, 2019)
Energy demand and greenhouse gas emissions analysis in Colombia: A LEAP model application	Colombia	2019	(Nieves et al., 2019)
Long-term electricity supply and demand forecast (2018-2040): A LEAP model application towards a sustainable power generation system in Ecuador	Ecuador	2019	(Rivera-González, Bolonio, Mazadiego, & Valencia-Chapi, 2019)
Analysis and projection of energy consumption in Ecuador: Energy efficiency policies in the transportation sector	Ecuador	2019	(Castro Verdezoto, Vidoza, & Gallo, 2019)
Fuel saving strategies in the Andes: Long-term impacts for Peru, Colombia and Ecuador	Perú, Ecuador Colombia	2018	(Chavez-Rodriguez et al., 2018)
Long-term scenario alternatives and their implications: LEAP model application of Panama's electricity sector	Panamá	2014	(McPherson & Karney, 2014)
Power system expansion planning under global and local emission mitigation policies Electricity	Chile	2019	(Quiroga, Sauma, & Pozo, 2019)
Metodología de pronóstico de la demanda residencial para el planeamiento energético de largo plazo en el Perú	Perú	2020	(Meza-segura & Luyokuong, 2020)
Climate mitigation and global warming minimization potential Electricity	Panamá	2014	(McPherson & Karney, 2014)

Según Rahman et al., 2016, indica que la política energética involucra a una serie de partes interesadas y debe incorporar los intereses y requisitos de todos los grupos de partes interesadas clave, su estudio presentó una técnica metodológica para ayudar a formular, evaluar y promover la política energética de un país de manera transparente y representativa con claras justificaciones científicas y evaluaciones equilibradas, utilizó un modelo LEAP para evaluar los impactos de las emisiones de diferentes elementos de política. (Rahman et al., 2016).

En Turquía, Ates et al. 2015, realizó un estudio sobre la planificación energética en Turquía, utilizó el LEAP como herramienta de modelado energético, para estudiar y explorar la eficiencia energética y el potencial de reducción de emisiones de CO2 de la industria metalúrgica en Turquía al 2030 (Ates, 2015). En Irán, Sadri et al. 2014, utilizó LEAP, para estudiar varias estrategias de gestión de la oferta y la demanda energética en Irán, incluida la utilización de estufas eléctricas en lugar de estufas alimentadas con gas natural (Sadri et al., 2014). En Chile, Simsek et al., 2020, realizó un estudio en el sistema energético chileno, generó un modelo energético y ambiental utilizando LEAP para pronosticar la demanda, oferta y emisiones de energía para Chile al 2030, se desarrolló un plan energético a largo plazo que incluye todos los sectores para Chile, describiendo escenarios energéticos alternativos y

analizando la política actual (Simsek et al., 2020). En este mismo país, Quiroga et al., 2019, realizó un estudio sobre el sistema eléctrico de Chile para analizar los impactos en la planificación de la expansión del sistema eléctrico con la implementación de impuestos sobre emisiones de CO₂ y contaminantes locales en cinco escenarios diferentes relevantes. Las políticas crean escenarios con la introducción tanto de centrales eléctricas de gran escala de generación distribuida basada en fuentes renovables, en particular, agregar 1.5 GW de capacidad hidroeléctrica al sistema chileno permite evitar alrededor de 32 GWh de generación de combustibles fósiles por año, ahorrando más de 1.500 millones de dólares en el horizonte de 10 años considerado (Quiroga et al., 2019). En Colombia, Nieves et al. 2019, realizó un estudio para el planeamiento energético a largo plazo utilizando a LEAP, teniendo como año base 2015 y con dos escenarios futuros (positivo y negativo), esta investigación permitió proyectar la demanda energética para 2030 y 2050, así como la cantidad de emisiones de CO₂ para dos escenarios diferentes (Nieves et al., 2019).

En el Perú, Meza et al., 2019, realizó un estudio en la demanda residencial, con un plazo largo, teniendo como año base el 2017 y proyección al 2050, (Meza-segura & Luyo-kuong, 2020). En Ecuador, Castro Verdezoto et al. 2019, realizó un estudio de pronóstico en el sector energético de Ecuador al 2030, utilizando el modelo LEAP, según su modelo y las consideraciones propuestas darán como resultado un consumo energético final de 158 millones de BOE (Barriles de petróleo equivalente) en 2030, en el sector transporte es el principal consumidor de energía, para ese mismo año en el que el sector transporte. Además, se pronostica el ahorro energético de 15 millones de BOE, así como la reducción de la emisión de GEI (Castro Verdezoto et al., 2019). Según Chávez et al., 2018, para Perú, Colombia y Ecuador, usando al LEAP, con programas gubernamentales implementadas según lo planeado, se podrían ahorrar 47,5 MMbep, 181,5 MMbep y 325,0 MMbep de consumo de productos petrolíferos en Perú, Colombia y Ecuador, respectivamente, hasta 2030. Esto equivale a un ahorro acumulado bruto de US \$ 39 mil millones, considerando un precio medio del barril de petróleo de US\$ 70 dólares. En primer lugar, los excedentes de petróleo en Colombia y Ecuador, al menos hasta 2025, podrían ser desviados hacia Perú, a muy bajos costos de transporte (Chavez-Rodriguez et al., 2018). En Argentina, Di Sbroiavacca et al., 2014, utilizó el modelo LEAP para evaluar el impacto de una variedad de políticas de control del cambio climático, de largo plazo 2010-2050, en

el consumo de energía primaria, el consumo de energía final, la electricidad. Los resultados indican que el programa ProBiomass, reducirá el 16% en las emisiones de GEI en comparación con un escenario normal. Un escenario de bajo precio de CO₂ en LEAP da como resultado el reemplazo del carbón por energía nuclear y eólica en la expansión de la electricidad. Estos modelos predicen reducciones de aproximadamente 37% y 94% en el escenario de precio alto de CO₂, respectivamente. En comparación, el modelo LEAP, que utiliza un enfoque basado en la evaluación de un conjunto limitado de opciones de mitigación, predice una reducción del 11,3%. (Di Sbroiavacca et al., 2014).

3.4. Información y supuestos para el análisis.

Este estudio propone un enfoque general para la planificación del sector del transporte a largo plazo para Perú, un país en vías de desarrollo. La seguridad energética y la reducción de emisiones ambientales se han convertido en prioridades más importantes para garantizar el suministro de energía a costos asequibles, para un crecimiento y desarrollo económicos continuos. Para abordar estos problemas, no solo depende de la oferta de la energía renovable, que ya juega un papel vital en el futuro a largo plazo para el desarrollo sostenible. Sino también la modificación de la demanda, es decir cambiar lo que se consume como fuente energética.

Ya que, aunque hasta el momento no existe en la literatura ningún estudio científico relacionado con todos los modelos del sector energético más aun específicamente en el sector transporte para el Perú. Como ya se mencionó, la metodología utilizada LEAP consiste en la construcción de escenarios de proyección: uno positivo y otro negativo, uno donde la tasa de crecimiento sea similar a la tasa de crecimiento de los vehículos que usan GNV y GLP para cada sector de transporte de Perú.

Como se mencionó anteriormente, se van a crear escenarios con diferentes tasas de penetración de Vehículos Eléctricos en el mercado peruano con los escenarios propuestos, de esta manera se tiene la intención de medir el impacto energético y ambiental de la introducción de los VE's.

La información que se tiene son variables y los supuestos crecimientos son:

- supuestos clave:
 - ❖ Crecimiento demográfico 1.0%
 - ❖ Crecimiento económico 4.0%
 - ❖ Crecimiento de la flota de vehículos 1.0%

- Recursos energéticos
 - ❖ Reservas de petróleo
 - ❖ Potencial hidroeléctrico
 - ❖ Importaciones y exportaciones de energía
- Demanda de energía
 - ❖ Sectores de consumo
 - ❖ Residencial
 - ❖ Producción Industria
 - ❖ Comercial y público
 - ❖ Transporte

3.5. Análisis energético para Perú

Perú y Lima en particular pueden necesitar asistencia con la planificación, construcción y financiamiento del metro de Lima, que se planea desplazar a 4 millones de vehículos de pasajeros. La electrificación total de los nuevos autobuses y vehículos privados requerirá que estas tecnologías se conviertan en la nueva norma regulada para el uso del transporte; esto solo ocurrirá si es así a nivel mundial, dada la naturaleza interconectada de la fabricación de transporte mundial y las economías de escala necesarias para hacer asequibles los vehículos de batería y pila de combustible. Si bien los autobuses y automóviles eléctricos probablemente ya sean más baratos que sus homólogos fósiles en función del ciclo de vida, y eventualmente pueden ser más baratos que las versiones de gasolina y diésel por adelantado dependiendo de lo que suceda con los costos de la batería, actualmente cuestan más comprarlos ([Bataille et al., 2020](#)).

Se necesita una política para abordar esto, que incluya de manera no exclusiva la financiación de bajo costo para flotas de autobuses, subsidios específicos y decrecientes, regulaciones de desempeño de intensidad de GEI que coincidan con los esfuerzos globales y la construcción de redes de carga ([Quiros-Tortos, Victor-Gallardo, & Ochoa, 2019](#)). El sector del transporte se enfoca en transporte terrestre ya que es más dinámico y es el principal consumidor de energía en el Perú con una participación del 87% del consumo total en este sector. El sector transporte terrestre se estructura como se muestra en la figura 4.30, se divide en transporte de pasajeros y en el transporte de carga, en ambos casos el transporte ferroviario no tiene mucha participación. De los datos históricos de los últimos 20 años cuando se estudió las características del parque automotor peruano se considera un crecimiento anual del

1%. El transporte terrestre, se estructura un modelo paramétrico para determinar el consumo energético anual. Este modelo paramétrico considera 3 variables: número de vehículos, rendimiento y distancia anual recorrida. El número de vehículos se establece a partir de los datos históricos, disponibles en el instituto de estadística (INEI, 2014). Estos datos están organizados en 5 niveles de desagregación según el tipo de: sector, uso, tipo de transporte, vehículo y combustible, como se ve en la figura 3.2.

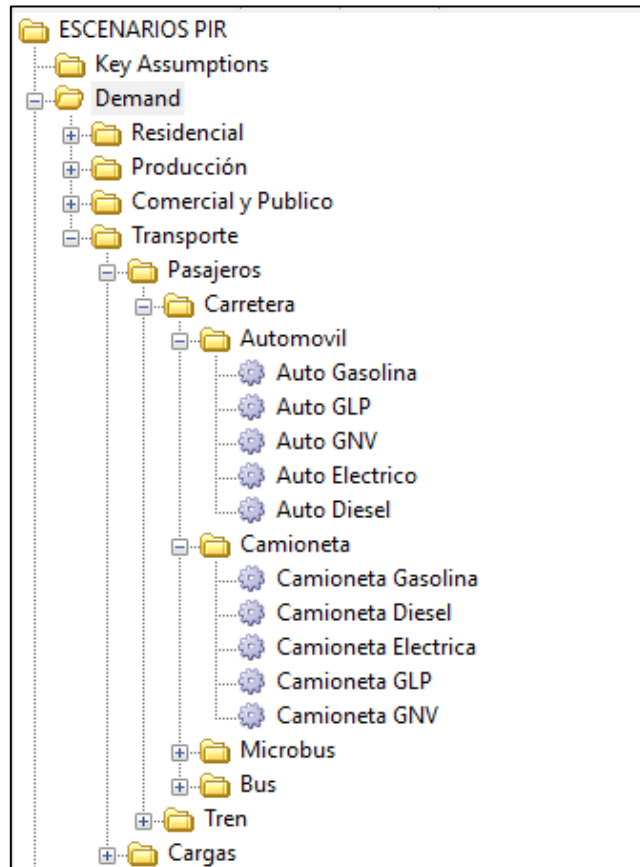


Figura 3.2. Estructura del transporte terrestre en el modelo peruano

El primer nivel de desagregación corresponde al tipo de uso: pasajeros o carga, que tienen prácticas y comportamientos completamente diferentes. El consumo de pasajeros está correlacionado con parámetros demográficos, mientras que el consumo de carga está relacionado con parámetros económicos, además cada tipo de uso tiene determinado combustible de preferencia. El segundo nivel de desagregación corresponde a tipos de vehículos; para transporte individual: Auto, SUV, cada tipo tiene diferentes focos de uso y consumo. El transporte público tiene dos tipos: Bus y microbuses, este es un tipo de transporte masivo, en forma urbana e interurbana.

El cuarto nivel se refiere a la fuente de energía que alimenta el vehículo: gasolina, diésel GNV, GLP y eléctricos; sin duda, los motores de combustión interna poseen la mayor proporción; por tanto, la flota de vehículos eléctricos e híbridos tiene una participación mínima en el consumo de pasajeros. Sin embargo, el modelo considera la penetración de solo de la tecnología de los VE's. Se espera que, con las políticas, el desarrollo y maduración de la tecnología aumente. Las tendencias de aumento de la generación eléctrica local y el aumento mundial de flotas de vehículos eléctricos pueden favorecer este escenario.

El quinto nivel se refiere al tipo de combustible, en el que el diésel cubre casi la totalidad de la demanda, debido a la gran cantidad de motores gasolina, seguida por GNV, luego por GLP, y finalmente por diésel; en este nivel se va colocar la introducción de los vehículos eléctricos y la electricidad como fuente energética en el sector transporte, para vehículos ligeros, con diferentes tasas de penetración, para el caso peruano, se escogió 4 escenarios, por tanto, el consumo de otras fuentes fósiles y no fósiles es marginal. Adicionalmente, para calcular el desempeño y la distancia anual recorrida en cada división, el modelo incluye los resultados de los estudios realizados por (MINEM, 2017), aquí nos proporciona estudios obtuvieron parámetros como: Kilómetros de vehículo recorridos y el desempeño energético de las divisiones en cada nivel que se muestran en la figura 3.3.

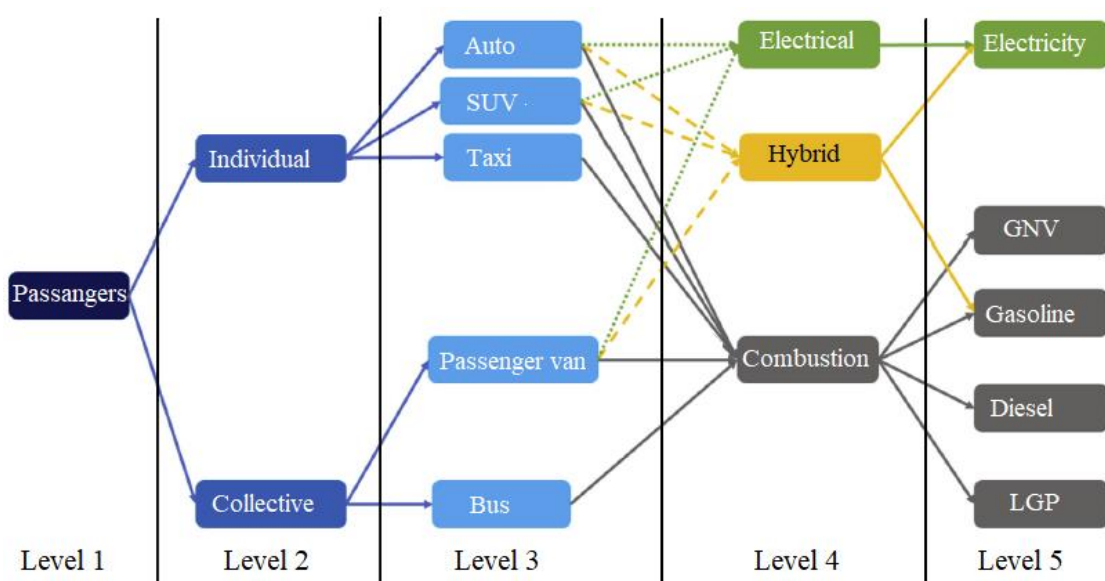


Figura 3.3. Estructura del modelo para el sector del transporte de pasajeros.

3.5.1. Construcción de escenarios

Pronosticar el futuro es una tarea desafiante, un método ampliamente utilizado para prever el futuro consiste en establecer una línea de base, generalmente un escenario BAU como de costumbre, y luego se va selección escenarios con tasa de penetración referencial, como por ejemplo la tasa de penetración mundial, tasa de penetración igual a los vehículos de gas y finalmente la tasa de penetración según la AAP, asociación automotriz del Perú, comparándolas con esa línea de base. En esta investigación se consideró estos cuatro escenarios para estudiar el impacto de diferentes iniciativas de política de transporte urbano que reducirían el requerimiento total de energía en el sector de transporte de Perú y también reducirían las emisiones. Estos escenarios se definen a continuación:

3.5.1.1. Escenario 1: Business-as-usual (BAU)

En este escenario, se seleccionó el año 2018 como año base y este escenario se seleccionó como escenario base. Este escenario se basó en una continuación de las tendencias recientes. Específicamente en este escenario no se tiene penetración de vehículos eléctricos. Al extrapolar estas tendencias, los valores se proyectaron hasta 2030 sin ningún cambio.

3.5.1.2. Escenario 2: Crecimiento igual a la tendencia mundial de VE's (TM)

En este escenario, se asumió que el crecimiento de vehículos eléctricos en el Perú será igual que tasa de penetración a nivel mundial. Los vehículos eléctricos empezaron a crecer desde el 2010 y en la actualidad tiene una tasa de ventas del 5.79% en todo el mundo, lo que representa el 0.9 % de vehículos ligeros en el mundo.

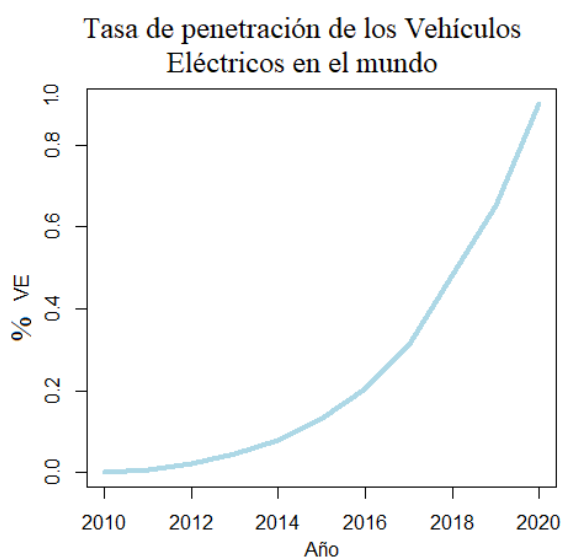


Figura 3.4. Tasa de penetración de los vehículos eléctricos en el mundo.

3.5.1.3. Escenario 3: Crecimiento igual a los Vehículo de gas natural (GNV)

El crecimiento en el sector del GNV, puede tomarse como referencia, la introducción de vehículos a gas comenzó el 2005 y hasta la actualidad tiene una tasa de penetración en el parque automotor de 12%, y según proyecciones el porcentaje en 2030 será 14.3%. El escenario de GNV consideró la sustitución de motores de gasolina y diésel en Station Wagon, automóviles, jeeps, SUV y camionetas en nuestro parque automotor.

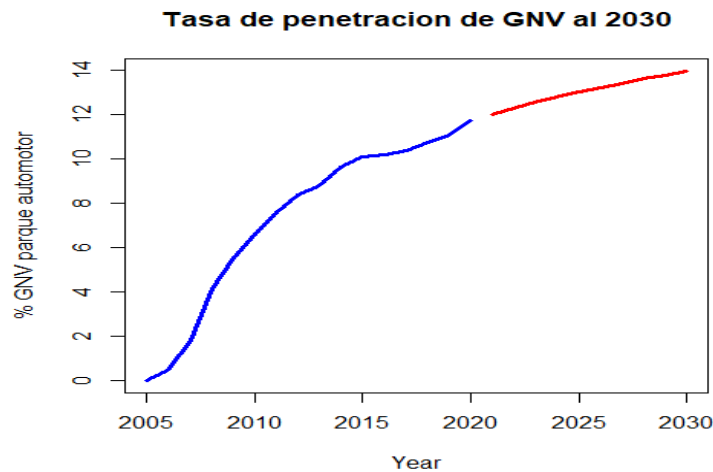


Figura 3.5. Tasa de penetración de GNV en el Perú, elaboración propia.

3.5.1.4. Escenario 4: Escenario Asociación Automotriz del Perú (AAP)

Se tomó en consideración la asociación automotriz del Perú, según esta identidad del transporte en el Perú, la tasa de penetración de vehículos eléctricos en Perú será de 5% en el 2030.

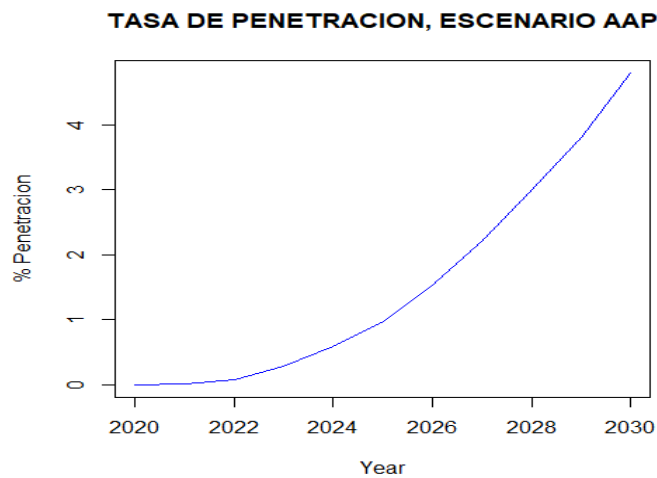


Figura 3.6. Tasa de penetración de AAP en el Perú.

3.5.1.5. Escenario 5: Crecimiento optimista (EV30@30)

Un escenario optimista, que tomó como referencia al mercado europeo que tiene la finalidad de tener una tasa de penetración del 30% en el parque automotor para el año 2030. Es importante promover los vehículos eléctricos ligeros, ya que pueden reducir las emisiones y el uso de energía. Si esta medida se complementa con políticas para su introducción y masificación de transporte privados como automóviles y motocicletas, es posible y deseable una transición tecnológica y energética significativa del transporte privado, también se da al público, especialmente los autobuses, ya que tienen una alta tasa de ocupación. Por lo tanto, en el escenario 5, se asumió que, si el cambio se producía a una tasa máxima al 30%, esto solo puede darse si hay un gran incremento de ventas de autos y SUV, y que estos vehículos se han BEV.

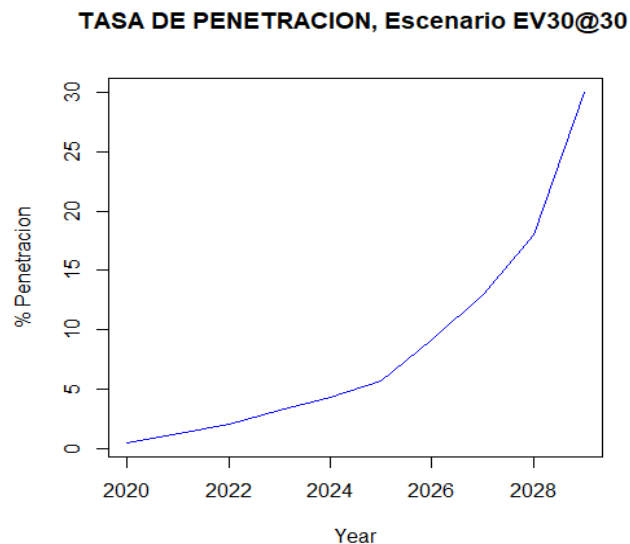


Figura 3.7. Tasa de penetración de EV30@30 en el Perú.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados de la evaluación cuantitativa de las barreras.

TABLA 4.1. Matriz X, resultado de la consulta a los grupos de interés, sobre las barreras.

	C ₁	C ₂	C ₃
G ₁	52.14	65.00	67.65
G ₂	54.00	74.00	69.00
G ₃	47.33	73.53	66.47
G ₄	72.50	75.00	72.50

TABLA 4.2. Valores de las funciones CTWF para el GREY CLUSTERING del grupo 1, sobre las barreras

	C ₁	C ₂	C ₃
f_1^1	0.0000	0.0000	0.0000
f_1^2	0.0000	0.0000	0.0000
f_1^3	0.8930	0.2500	0.1175
f_1^4	0.1070	0.7500	0.8825
f_1^5	0.0000	0.0000	0.0000

TABLA 4.3. Valores de las funciones CTWF para el GREY CLUSTERING del grupo 2, sobre las barreras.

	C ₁	C ₂	C ₃
f_2^1	0.0000	0.0000	0.0000
f_2^2	0.0000	0.0000	0.0000
f_2^3	0.8000	0.0000	0.0500
f_2^4	0.2000	0.8000	0.9500
f_2^5	0.0000	0.2000	0.0000

TABLA 4.4. Valores de las funciones CTWF para el GREY CLUSTERING del grupo 3, sobre las barreras.

	C ₁	C ₂	C ₃
f_3^1	0.0000	0.0000	0.0000
f_3^2	0.1335	0.0000	0.0000
f_3^3	0.8665	0.0000	0.1765
f_3^4	0.0000	0.8235	0.8235
f_3^5	0.0000	0.1765	0.0000

TABLA 4.5. Valores de las funciones CTWF para el GREY CLUSTERING del grupo 4, sobre las barreras.

	C ₁	C ₂	C ₃
f_4^1	0.0000	0.0000	0.0000
f_4^2	0.0000	0.0000	0.0000
f_4^3	0.0000	0.0000	0.0000
f_4^4	0.8750	0.7500	0.8750
f_4^5	0.1250	0.2500	0.1250

TABLA 4.6. Matriz de impacto de cada barrera a respectivo grupo de interés

	C ₁	C ₂	C ₃
G ₁	62.14	75.00	77.65
G ₂	64.00	84.00	79.00
G ₃	57.33	83.53	76.47
G ₄	82.50	85.00	82.50

TABLA 4.7. La matriz normalizada del impacto social de las barreras.

	C ₁	C ₂	C ₃
G ₁	0.23363537	0.22898667	0.24602370
G ₂	0.24062864	0.25646506	0.25030099
G ₃	0.21555063	0.25503007	0.24228503
G ₄	0.31018536	0.25951821	0.26139028

TABLA 4.8. Determinación de divergencia los pesos de cada barrera.

Valores de H_j , div_j y w_j para cada criterio en el estudio de caso.

	C ₁	C ₂	C ₃
H_j	807.1473	1041.0942	994.6186
div_j	0.71608	0.63379	0.65013
w_j	0.3580	0.3169	0.3251

Ahora se determina el factor de convergencia

TABLA 4.9. Determinación de los pesos de cada barrera

	C ₁	C ₂	C ₃
$1/div_j$	1.3965	1.5778	1.5381
Cov_j	0.30945	0.34966	0.34087
α	66.4925	81.8825	78.9050
w_j^*	20.578	28.631	26.896

4.2. Discusiones sobre la evaluación cuantitativa de las barreras.

4.2.1. Análisis de criterios convergentes

La introducción de vehículos eléctricos es una transición tecnológica y energética que se da en muchos países, pero las barreras están frenando la masificación en muchos lugares, identificar qué barreras tienen mayor impacto y con ello aplicar las políticas necesarias para una exitosa introducción y masificación.

a) Autonomía limitada

El rango de la autonomía de la batería depende del recorrido que hacen los usuarios. Hay muchos ejemplos que la autonomía del VE limita su adopción, por ende es una barrera técnica y tecnológica, ya que la “Limitaciones del rango real vs percibido es fundamental para muchos compradores (Haddadian et al., 2015). Esta preocupación fue observada en los EEUU (Egbue & Long, 2012), en Suiza y

Finlandia (Melliger et al., 2018), en Ecuador se considera como la principal barrera (Ordóñez Chillogalli, 2019), en Singapur (Nian et al., 2017), en Alemania (Plötz et al., 2014), en Reino Unido (Skippon et al., 2016).

b) Precio elevado

El costo inicial tiene una brecha entre el costo inicial entre un vehículo eléctrico y un vehículo convencional equivalente está entre 6000 a 8000 dólares. En 32 países europeos se identificó como barrera el nivel económico de los países (Münzel et al., 2019), esto se muestra en Francia, (Windisch, 2014), en Letonia. (Barisa et al., 2016), en los Países Bajos (Quak et al., 2016), en China (She et al., 2017), en Argentina se también se identificó como la principal barrera para su compra (De Luca et al., 2018). El alto costo inicial eleva el “Costo Total de Propiedad (TCO)”, así como el “mecanismo de financiamiento”. (Haddadian et al., 2015), además que las ciudades con menor poder adquisitivo, menor cantidad de habitantes y limitaciones en infraestructura, los consumidores son sensibles al precio de compra (Y. Huang & Qian, 2018).

c) El tiempo de recarga

Como sabemos la carga de combustible en los automóviles convencionales es muy rápida y sencilla, pero los VE's toma un mayor tiempo y muchos usuarios no estarán dispuestos a esperar mucho tiempo por una recarga. Esto es una gran preocupación, el número de estaciones de carga, de preferencia la carga rápida, generalmente los usuarios no desean quedarse varados en las vías y desean tener menor tiempo de carga. (Gnann et al., 2015) (Plötz et al., 2014) (Skippon et al., 2016), esta preferencia hace que exista una ansiedad de alcance, y esto es un obstáculo para su adopción. (Melliger et al., 2018). Estas preferencias se manifestaron en Suecia (Vassileva & Campillo, 2017), en Francia (Windisch, 2014), en Singapur (Nian et al., 2017), en Letonia (Barisa et al., 2016), en Colombia (Restrepo et al., 2014) y Argentina (De Luca et al., 2018). Las barreras técnicas como la “escasez de la infraestructura de carga” y “Limitaciones del rango real versus lo percibido”. También se reconoce el “Escepticismo social” y la falta de conocimiento de los posibles compradores. (Haddadian et al., 2015). en conclusión el número de estaciones de carga y políticas de recarga gratuita son bien aceptadas por los usuarios, como en Lituania (Raslavičius et al., 2015), también esto se recomienda

mucho en Suiza y Finlandia, facilitar la recarga. (Melliger et al., 2018). Los usuarios comerciales tienen mayor preferencia por la carga rápida que los usuarios privados (Sun et al., 2016).

4.2.2. Clasificación de las barreras

Se realizó una Evaluación del Impacto Social (EIS), se desarrolla principalmente como parte de enfoques cuantitativos. Se cuantificó el impacto de las barreras. Como nuestro interés es hallar el impacto nos fijamos en los pesos de cada criterio (Barrera), entonces se jerarquiza cada barrera de mayor orden a menor, según el peso w , de cada uno, de acuerdo a las consideraciones de los grupos impacto en el mercado nacional. Con este resultado confirma la hipótesis manejada ya que el principal factor de adopción estará limitado por el elevado precio de los vehículos eléctricos en comparación de los vehículos convencionales.

Tabla 4.10. Clasificación, por pesos de las barreras para la masificación de VE's.

w_j^*	Criterio	Barrera
28.631	C2	Precio elevado
26.896	C3	Tiempo de recarga
20.578	C1	Rango de autonomía

4.3. Resultados evaluación de las políticas para la masificación de vehículos eléctricos ligeros de uso privado en lima

TABLA 4.11. Matriz X, resultado de la consulta a los grupos de interés sobre las políticas

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
G ₁	53.72	60.95	51.35	57.82	60.91	43.60	55.45	64.54	69.12
G ₂	55.88	67.65	51.25	62.94	52.35	54.70	55.29	68.82	67.65
G ₃	47.81	63.33	55.3	67.31	38.01	55.31	36.67	71.33	63.33
G ₄	57.50	65.51	56.57	65.13	62.53	57.52	62.51	65.67	65.07

TABLA 4.12. Matriz de los rangos de las funciones de triangulización whitening de (CTWF), para cada criterio (política).

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
G ₁	53.72	60.95	51.35	57.82	60.91	43.60	55.45	64.54	69.12
G ₂	55.88	67.65	51.25	62.94	52.35	54.70	55.29	68.82	67.65
G ₃	47.81	63.35	55.30	67.31	38.01	55.31	36.67	71.33	63.29
G ₄	57.50	65.51	56.57	65.13	62.53	57.52	62.51	65.67	65.07

TABLA 4.13. Valores de las funciones CTWF para el GREY CLUSTERING del grupo 1, para cada política.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
f_1^1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
f_1^2	0	0	0	0	0	0.3200	0	0	0
f_1^3	0.8140	0.4525	0.9325	0.6090	0.4545	0.6800	0.7275	0.2730	0.0440
f_1^4	0.1860	0.5475	0.0675	0.3910	0.5455	0	0.2725	0.7270	0.9560
f_1^5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLA 4.14. Valores de las funciones CTWF para el GREY CLUSTERING del grupo 2, para cada política.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
f_2^1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
f_2^2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
f_2^3	0.7060	0.1175	0.9375	0.3530	0.8825	0.7650	0.7355	0.0590	0.1175
f_2^4	0.2940	0.8825	0.0625	0.6470	0.1175	0.2350	0.2645	0.9410	0.8825
f_2^5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

TABLA 4.15. Valores de las funciones CTWF para el GREY CLUSTERING del grupo 3, para cada política.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
f_3^1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
f_3^2	0.1095	0.0000	0.0000	0.0000	0.5995	0.0000	0.6620	0.0000	0.0000
f_3^3	0.8905	0.3325	0.7350	0.1345	0.4005	0.7345	0.3380	0.0000	0.3345
f_3^4	0.0000	0.6675	0.2650	0.8655	0.0000	0.2655	0.0000	0.9335	0.6645
f_3^5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0665	0.0000

TABLA 4.16. Valores de las funciones CTWF para el GREY CLUSTERING del grupo 4, para cada política.

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
f_4^1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
f_4^2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5995	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
f_4^3	0.6250	0.2245	0.6715	0.2435	0.3735	0.6240	0.3745	0.2165	0.2465
f_4^4	0.3750	0.7755	0.3285	0.7565	0.6265	0.3760	0.6255	0.7835	0.7535
f_4^5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

TABLA 4.17. Matriz de impacto de cada política a respectivo grupo de interés

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
G ₁	63.72	70.95	61.35	67.82	70.91	53.60	65.45	74.54	79.12
G ₂	65.88	77.65	61.25	72.94	62.35	64.70	65.29	78.82	77.65
G ₃	57.81	73.35	65.30	77.31	48.01	65.31	46.76	81.33	73.23
G ₄	67.50	75.51	66.57	75.13	96.51	67.52	72.51	75.67	75.07

TABLA 4.18. La matriz normalizada del impacto social de cada criterio (política)

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
G ₁	0.2500	0.2385	0.2411	0.2313	0.2553	0.2134	0.2618	0.2402	0.2594
G ₂	0.2584	0.2610	0.2407	0.2488	0.2245	0.2576	0.2611	0.2540	0.2545
G ₃	0.2268	0.2466	0.2566	0.2637	0.1728	0.2601	0.1870	0.2621	0.2400
G ₄	0.2648	0.2538	0.2616	0.2562	0.3474	0.2689	0.2900	0.2438	0.2461

TABLA 4.19. Determinación de divergencia los pesos de cada política
Valores de H_j , div_j y w_j para cada criterio (política) en el estudio de caso.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
H_j	0.99879	0.99957	0.99950	0.99916	0.97715	0.99723	0.99113	0.99960	0.99968
div_j	0.00121	0.00043	0.00050	0.00084	0.02285	0.00277	0.00887	0.00040	0.00032
w_j	0.0317	0.0113	0.0130	0.0220	0.5983	0.0724	0.2323	0.0105	0.0085

Ahora se determina el factor de convergencia

TABLA 4.20. Determinación de los pesos de cada política

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
$1/div_j$	31.545	88.495	76.923	45.454	1.6714	13.812	4.305	95.238	117.647
Cov_j	0.0664	0.18627	0.16191	0.09568	0.00352	0.02907	0.0091	0.2005	0.2476
α	63.727	74.365	63.618	73.300	69.445	62.783	62.503	77.590	76.268
w_j^*	4.232	13.852	10.300	7.013	0.244	1.825	0.566	15.554	18.886

4.4. Discusión sobre las políticas para la masificación de los vehículos eléctricos

4.4.1. Análisis de criterios convergentes en políticas

Muchos países están interesados en la introducción de VE's, ya tienen objetivos planteados, metas con cierta tasa de penetración en su parque automotriz en el 2030 y 2050, sin embargo, no han tenido el éxito deseado y la gran mayoría tiene una transición menor a la esperada, se estudia qué políticas pueden ayudar a la adopción de los VE's. Con el fin de establecer algunas políticas para ayudar a la introducción en países emergentes como Perú, analizamos el contexto de los criterios convergencias a continuación:

a. Impuestos en las compras (Disminución de aranceles)

Como se observa en los resultados de la tabla 4.21, existe alto grado de impacto a las políticas económicas que tratan de disminuir el costo inicial de un vehículo eléctrico. Algunas políticas efectivas son la exención de impuestos. (Yong & Park, 2017). En varios países las exenciones de impuestos fijos favorecen a los grandes vehículos eléctricos, mientras que los subsidios de suma global favorecen a los vehículos eléctricos ligeros. (Lévy, 2017)

b. Subsidios, bonos de descuento para comprar un vehículo eléctrico

El costo inicial es una barrera para su masificación, la brecha entre el costo inicial entre un vehículo eléctrico y un vehículo convencional equivalente está entre 6000 a 8000 dólares, esta brecha en su totalidad o en parte puede ser subvencionada por

el estado. Según Yong, et al 2017 indica como una política muy efectiva (Yong & Park, 2017). Esta política de subsidios directos al precio de compra inicial es sugería en muchos países para masificar la compra de vehículos eléctricos; en Letonia. (Barisa et al., 2016), en Francia (sugiere que el bono de compra seguirá siendo una importante medida de incitación a los vehículos eléctricos hasta 2023) (Windisch, 2014), en Singapur (Nian et al., 2017), Lo malo de esta política, es que tales pagos de bonificación de compra resultan en pérdidas netas para el estado (Windisch, 2014), (Nian et al., 2017).

c. Bajar la tarifa anual de circulación (disminución al impuesto Vehicular)

Una forma de disminuir el costo de operación de un vehículo, es disminuir o eliminar el impuesto vehicular, el valor del impuesto es proporcional al valor del auto, como actualmente los vehículos eléctricos tiene un valor relativamente mayor que sus equivalentes en vehículos convencionales esto puede desalentar a los compradores. En Lituania se requiere la desgravación del impuesto sobre la renta por comprar un VE para un despliegue nacional (Raslavičius et al., 2015).

d. Red de carga (mayor número de estaciones de carga)

Una gran preocupación es el número de estaciones de carga para estos vehículos, de preferencia la carga rápida, generalmente los usuarios no desean quedarse varados en las vías y desean tener menor tiempo de carga. Una barrera es el rango de kilometraje del VE (Gnann et al., 2015) (Plötz et al., 2014) (Skippon et al., 2016), esto hace que exista una ansiedad de alcance, que representa un obstáculo para su adopción en el mercado masivo. (Melliger et al., 2018). Por eso se dice que el número de estaciones de carga red de cargas ayudaría en gran medida a la introducción de vehículos eléctricos, en Suecia (Vassileva & Campillo, 2017), en Francia (Windisch, 2014), en Singapur (Nian et al., 2017), en Letonia (Barisa et al., 2016), en Colombia (Restrepo et al., 2014) y Argentina (De Luca et al., 2018)

e. Estacionamientos gratuitos (carga gratuita)

Una forma que las autoridades y empresas del sector eléctrico peruano ayuden a difundir y dar confianza a los usuarios para comprar los vehículos eléctricos es colocar puntos de carga gratuita. Por ejemplo en Lituania se requieren puntos de carga de vehículos eléctricos gratuitos para su despliegue nacional (Raslavičius

et al., 2015). También esto se recomienda mucho en Suiza y Finlandia (Melliger et al., 2018). Ya que las cargas gratuitas son de preferencia de usuarios privados, más que los usuarios comerciales (Sun et al., 2016). Esta política se recomienda aplicarla en centros comerciales y/o en algunos lugares públicos como: universidades, playas, parques, etc.

f. Bajar el precio de las tarifas de peaje (menor costo, preferencial).

Algunas políticas que ayudan en la adopción de VE son disminuir impuestos fijos y las estimulaciones monetarias ayudan en gran medida a los vehículos con alto recorrido. (Lévay, 2017). Como menciona Dorcec et al., 2017, un ecosistema integral para los vehículos eléctricos, además de una red eficiente de cargadores EV, un atractivo también puede ser tarifas de cobro asequibles (Dorcec et al., 2019) Por ello un medio para incentivar su uso podría ser un costo preferencial a los peajes, el cobro puede ser estimulado por la municipalidad de Lima encargado de los peajes.

g. Aumentar el costo del combustible (impuesto selectivo)

Para ayudar a la introducción de una nueva tecnología, no solo se debe ayudar, publicitar y dar facilidades a la tecnología emergente, además se debe colocar alguna dificultad a la tecnología dominante. Por ejemplo en Europa las políticas que ayudarán son los precios de la energía, es decir precios bajos de electricidad y subir el precio del combustible (Münzel et al., 2019). En un país semejante al Perú, como México, se encontró que las ventas de estos vehículos se correlacionan positivamente con el costo de la electricidad consumida y el Precio de la gasolina (Briseño H, Ramirez-Nafarrate A, 2020)

h. Publicidad y difusión

En países emergentes, esta tecnología aun no es conocida por muchos usuarios o futuros compradores, es una política que se debe aplicar con mayor énfasis. Aun en países desarrollados la falta de publicidad es un factor determinante. En Irlanda el 2018 se identificó que la masificación está limitado por la falta de una promoción sostenida y la sensibilización.(O'Neill et al., 2019), en Francia también sugieren mayor publicidad a los VE's, una forma de difundir su uso, enfocarse en los nichos de mercado primero, es decir prioridad en las flotas públicas y privadas, ya que serán un medio importante para crear conciencia entre

el público (Windisch, 2014). Según Yong, 2017 que la difusión es una política eficaz pero necesita de otras políticas (Yong & Park, 2017).

i. Créditos Vehiculares

Los créditos vehiculares son las políticas más convergencia y con mayor impacto, es decir hay convergencia en todos los grupos de interés, además hay alto grado de aceptación en todos los grupos de interés. Según el diario Gestión, el portal Neoauto reportó que el 2017 fue un año sostenido para el sector automotriz, en donde mostró un crecimiento del 7% y se vendieron alrededor de 170 mil autos nuevos (0 km) a nivel nacional, de los cuales el 30% se vendieron mediante un crédito vehicular (Gestion.pe, 2017). Como se mencionó el costo de mantenimiento y operación de un vehículo eléctrico es menor que un vehículo convencional, el crédito se puede pagar cada mes, haciendo que este el costo mensual entre ambas tecnologías sea comparativo cada mes. En Eslovenia se ha demostrado gran éxito en las subvenciones financieras y los planes de préstamos especiales para la compra de vehículos eléctricos. (Knez, 2017)

4.4.2. Clasificación de las políticas

Como nuestro interés es hallar el impacto nos fijamos en los pesos de cada criterio (política) entonces se analiza cada política en orden creciente, los que tienen mayor W , son las políticas que los grupos de interés consideran que son de mayor impacto en el mercado nacional.

Tabla 4.21. Clasificación, por pesos de las políticas para la masificación de vehículos eléctricos.

w_j^*	Criterio	Política
18.886108	C9	Créditos Vehiculares
15.553865	C8	Publicidad y difusión
13.851985	C2	Subsidios, bonos de descuento
10.300424	C3	Bajar la tarifa anual a la circulación
7.0129894	C4	Red de carga
4.2314529	C1	Impuestos en las compras
1.8252482	C6	Bajar el precio de las tarifas de peaje
0.5663307	C7	Aumentar el costo del combustible
0.2443115	C5	Estacionamientos gratuitos

4.4.3. Impacto en las políticas en la tasa de penetración

Para dar utilidad a estos pesos encontrados para cada política, se utilizó la tabla 2.4, proporcionada, en la publicación referenciada (Yong & Park, 2017). Con la información brindada y disponible, ya que no están las políticas de mayor impacto encontradas para el Perú, como los créditos vehiculares y políticas de difusión y publicidad, ya que solo están políticas de: Apoyo fiscal, Exención de impuestos, Subsidios de Compra y Carga gratis. Se sumó las políticas presentes en cada país y se observó la relación con la tasa de ventas, construyendo la figura 4.1.

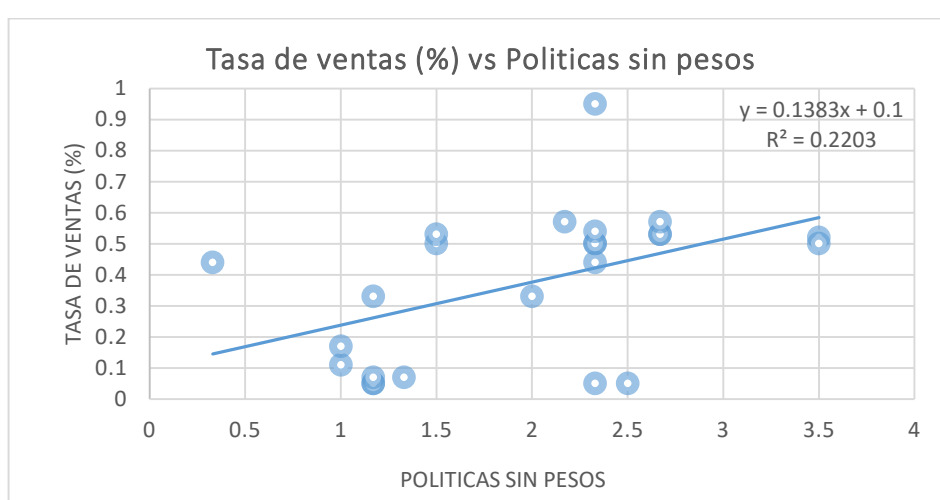


Figura 4.1. Tasa de ventas (%) vs Políticas sin pesos

Luego se multiplicó cada política por su respectivo peso, posteriormente se sumó todas las políticas para tener cuantitativamente el impacto de las políticas en cada país y se relaciona con la tasa de ventas, se notó un incremento en la correlación entre las políticas con sus respectivos pesos y la tasa de ventas como se muestra en la figura 4.2.

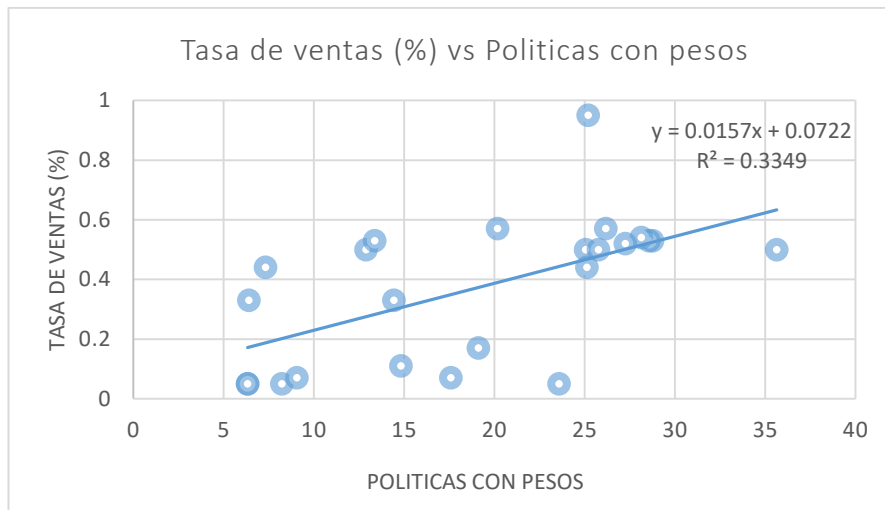


Figura 4.2. Tasa de ventas (%) vs Políticas con pesos

Posteriormente se procedió a la normalización de esta sumatoria obtenida de los valores encontrados de todas las políticas, para realizar la tabla 4.21, obteniendo normalizada las tasas de ventas, las PBI per cápita y las políticas con pesos obtenidos por el método propuesto.

Tabla 4.22. Políticas con pesos normalizados y la tasa de penetración en ventas.

País	Tasas de penetración de ventas a nivel de país	Índice de estación de carga EV por unidad de área	PIB per cápita	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apoyo fiscal ✓ Exención de impuestos ✓ Subsidios de Compra ✓ Carga gratis ✓ Red de carga 	
Australia	0.05	0.05	0.70		0.222
Bélgica	0.53	0.54	0.53		0.793
Bulgaria	0.05	0.05	0.07		0.169
Canadá	0.33	0.05	0.56		0.395
China	0.50	0.51	0.08		0.690
Croacia	0.11	0.14	0.10		0.405
France	0.53	0.51	0.46		0.787
Alemania	0.44	0.52	0.54		0.692
Grecia	0.05	0.05	0.16		0.169
Islandia	0.57	0.05	0.64		0.554
India	0.05	0.05	0.01		0.649
Italia	0.07	0.44	0.33		0.245
Japón	0.50	0.61	0.42		0.709
Corea	0.07	0.05	0.29		0.482
Lituania	0.33	0.06	0.13		0.171
Luxemburgo	0.44	0.56	0.95		0.197
Malta	0.17	0.75	0.22		0.524
Países Bajos	0.54	0.95	0.57		0.775
Noruega	0.95	0.53	0.85		0.693
Portugal	0.50	0.50	0.18		0.351
Suecia	0.57	0.17	0.64		0.721
Suiza	0.53	0.57	0.88		0.365
UK	0.52	0.54	0.56		0.751
USA	0.50	0.27	0.70		0.984

Entonces buscando la regresión lineal, por el programa Rstudio.

$$\text{Tasa}_{\text{penetracion}} \sim \text{PBI}_{\text{percapita}} + \text{Políticas}_{\text{con_pesos}} + \text{Estacion_carga}$$

Encontrando los siguientes coeficientes:

Tabla 4.23. Coeficientes de PBI-percápita, Políticas y estación de carga para la adopción de VE's.

(Intercept)	PBI_percapita	Políticas_con_pesos	Estacion_carga
-0.06368	0.38156	0.37982	0.19413

Al cuantificar el peso de cada política, se pudo procesar los datos, se sumó y posteriormente se normalizó, como se muestra en la tabla 4.21. De estos resultados, nos indica que el PBI percápita tiene mayor influencia para la adopción de los vehículos eléctrico, además también se puede apreciar que a mayor número y peso de las políticas también aumenta la tasa de adopción de los vehículos eléctricos, eso también se aprecia ya que el número de estaciones de carga, tiene menor influencia, que en el conjunto de políticas adicionales que se ejercen en determinado país.

4.5. Resultados sobre los impactos ambientales

Como sabemos el consumo del combustible y las emisiones de CO₂ emitidas por ser sector transporte están relacionadas a ciertas variables como: la población, la economía, el tipo y número de vehículos y los precios de los combustibles.

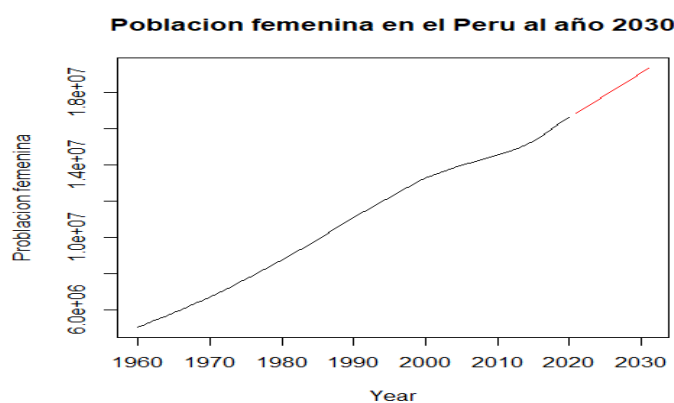


Figura 4.3. Población femenina del Perú al año 2020 y proyectadas al 2030.

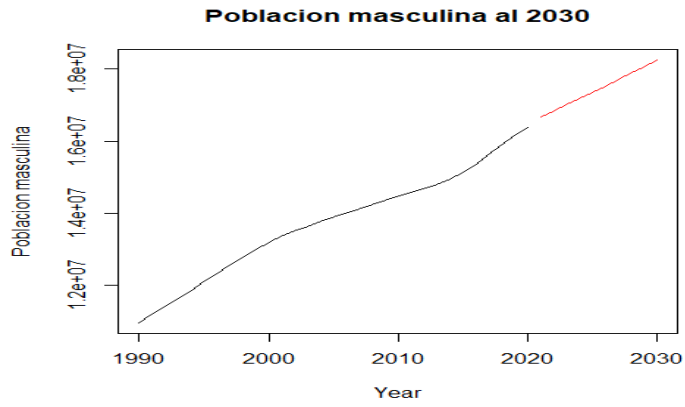


Figura 4.4. Población masculina del Perú al año 2020 y proyectadas al 2030.

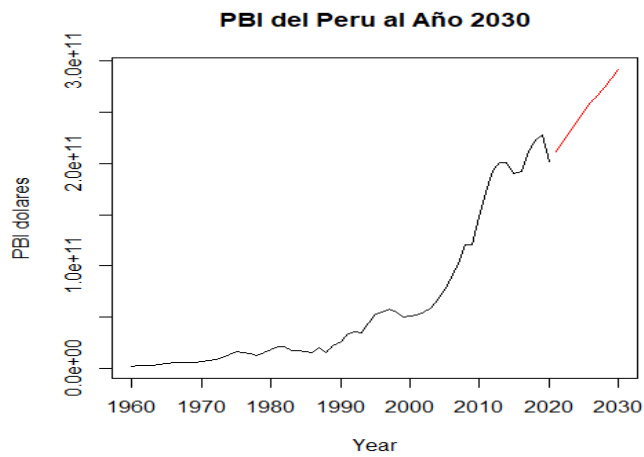


Figura 4.5. PBI de Perú desde 1960-2020 y proyectadas al 2030.

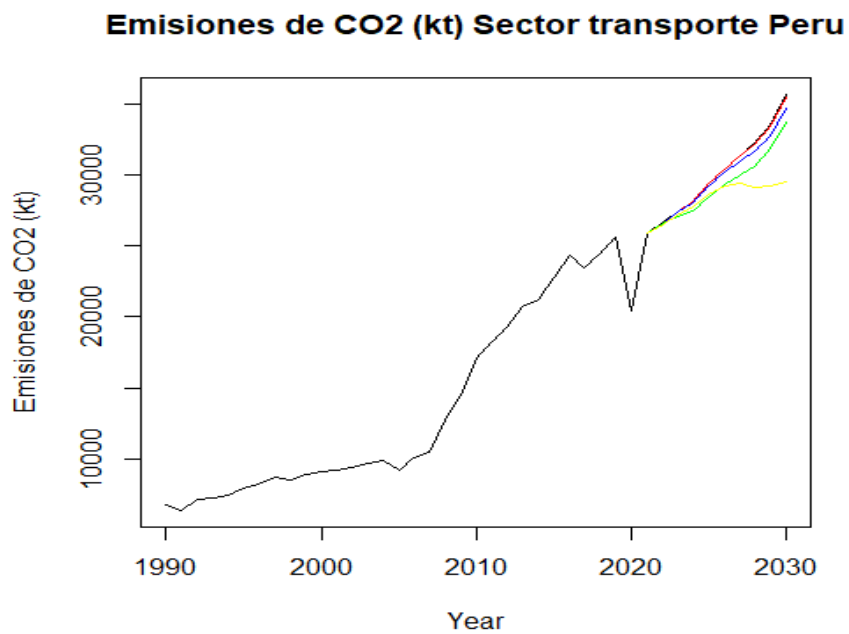
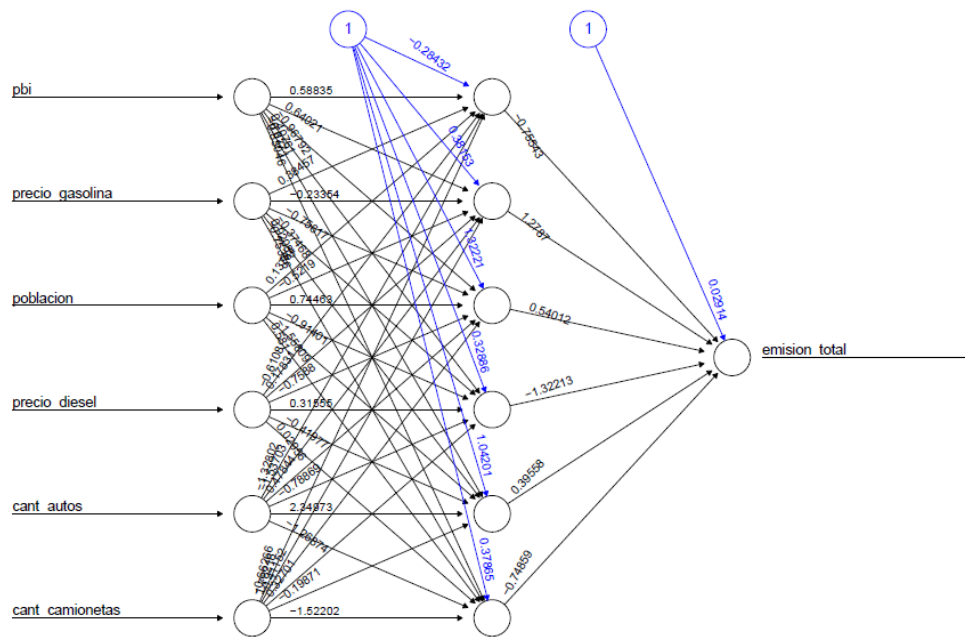


Figura 4.6. Proyección de las emisiones de CO₂ (1960-2020) y proyectadas al 2030.



Error: 0.002793 Steps: 35

Figura 4.7. Estructura de la red neuronal (variables de entrada) para el caso de las emisiones, realizado en el programa Rstudio.

Con esta estructura como se muestra en la figura 4.7, se crearon escenarios con la introducción de vehículos eléctricos, el precio del petróleo y el precio de la gasolina, obteniendo los siguientes resultados, como se muestra en la figura 4.8.

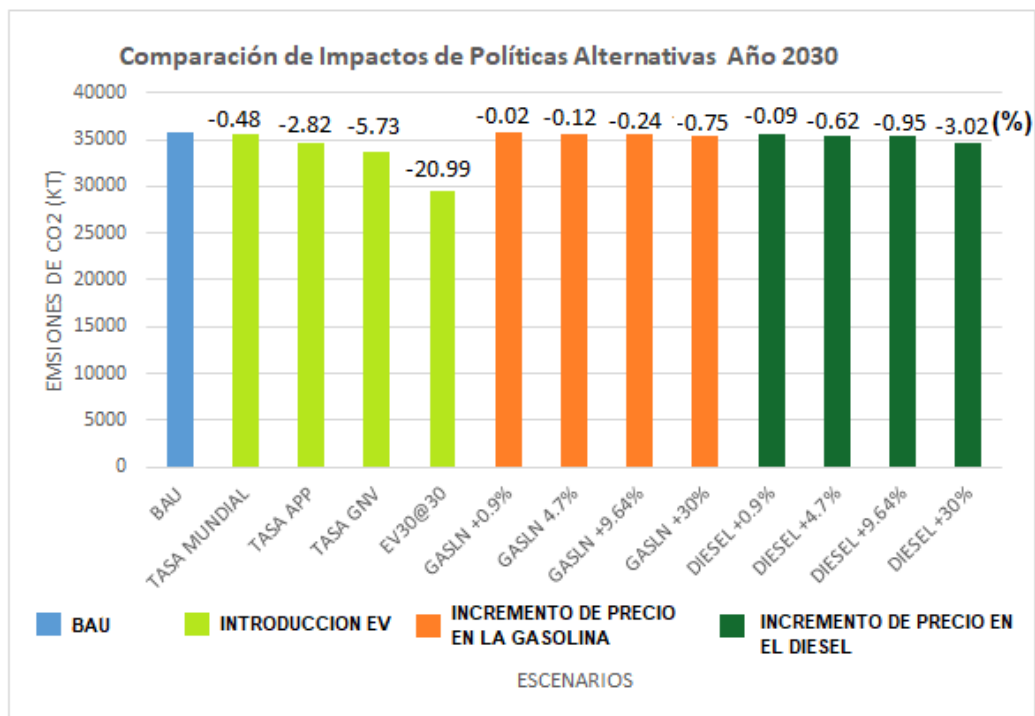


Figura 4.8. Resultado de la proyección de las emisiones de CO₂ por cada escenario, para el 2030.

4.6. Resultados sobre la eficiencia energética

Con cada escenario del ítem 3.5.1, se determinó el porcentaje de la tasa de penetración de los vehículos eléctricos, usando el programa LEAP. Además, se consideró un rendimiento para el VE de: $100\text{Km}/12.65\text{kwh} = 7.90 \text{ Km/kWh}$.

Tabla 4.24. Datos de entrada considerados para el análisis de escenarios desarrollados.

Datos de las variables o parámetros de entrada	Ubicación
• Distribución de vehículos según el combustible que usan.	Tabla 2.9.
• Histórico del número de vehículos en el parque automotor.	Figura 2.15.
• Números de Camionetas y Autos en el Parque automotor.	Figura 2.17.
• Composición del parque automotor, según clasificación.	Figura 2.18.
• Transporte de pasajeros. Rendimientos medios.	Figura 2.19.
• Emisiones /millón de Pasajero Transportado en Lima	Figura 2.22.
• Producto Bruto Interno del Perú.	Figura 2.27.
• Población peruana	Figura 2.25 y 2.26.

Porcentaje de participación en los autos.

Automovil: Activity Level (% Share of Passenger-km)

Scenario: TASA GNV, Region: Region 1

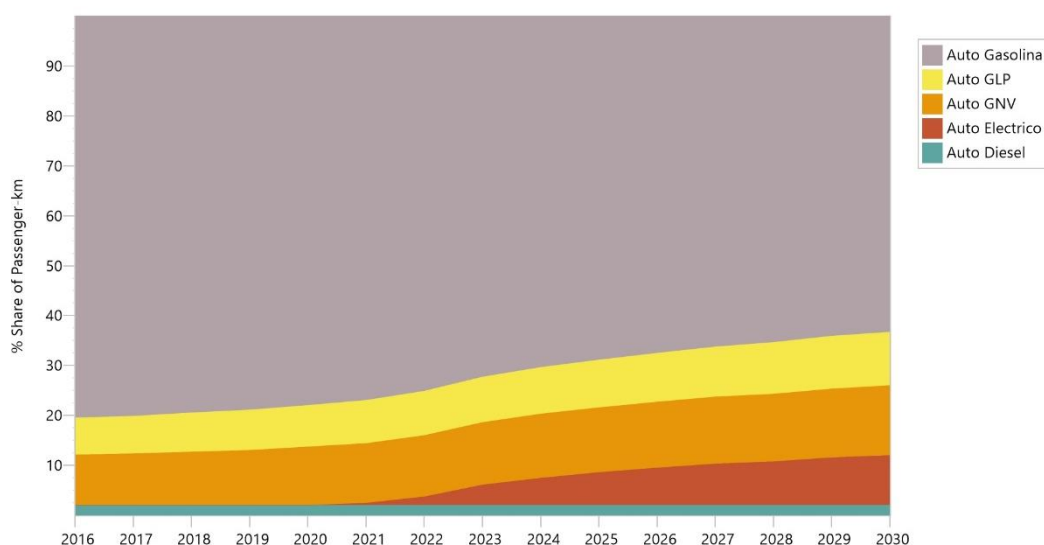


Figura 4.9. Nivel de participación por tipo de combustible (escenario TASA GNV), proyectadas al 2030.

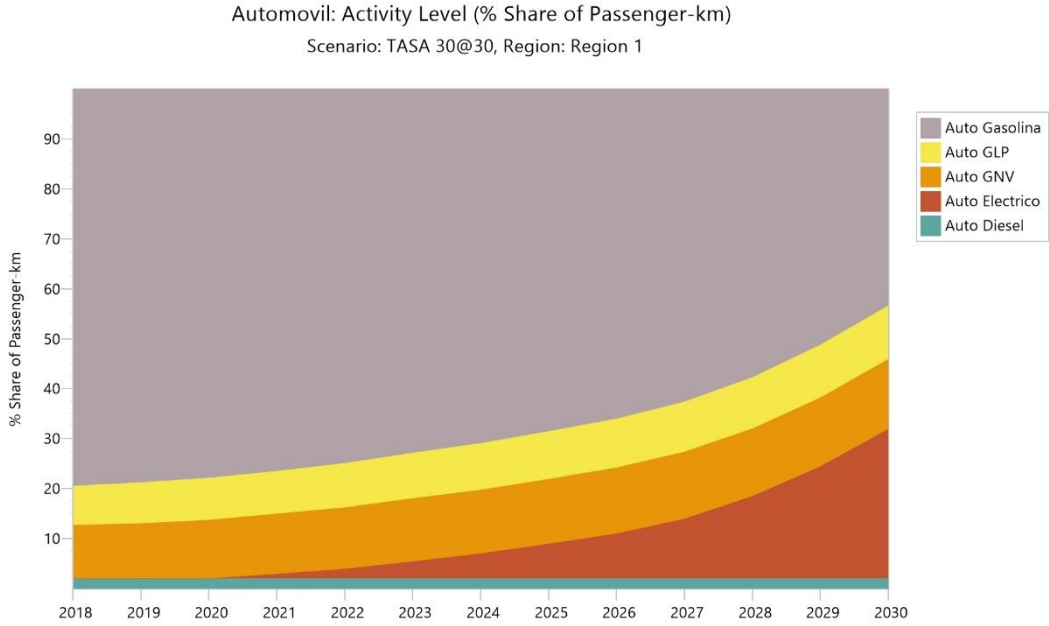


Figura 4.10. Nivel de participación por tipo de combustible (escenario EV30@30), proyectadas al 2030.

Porcentaje de participación camionetas

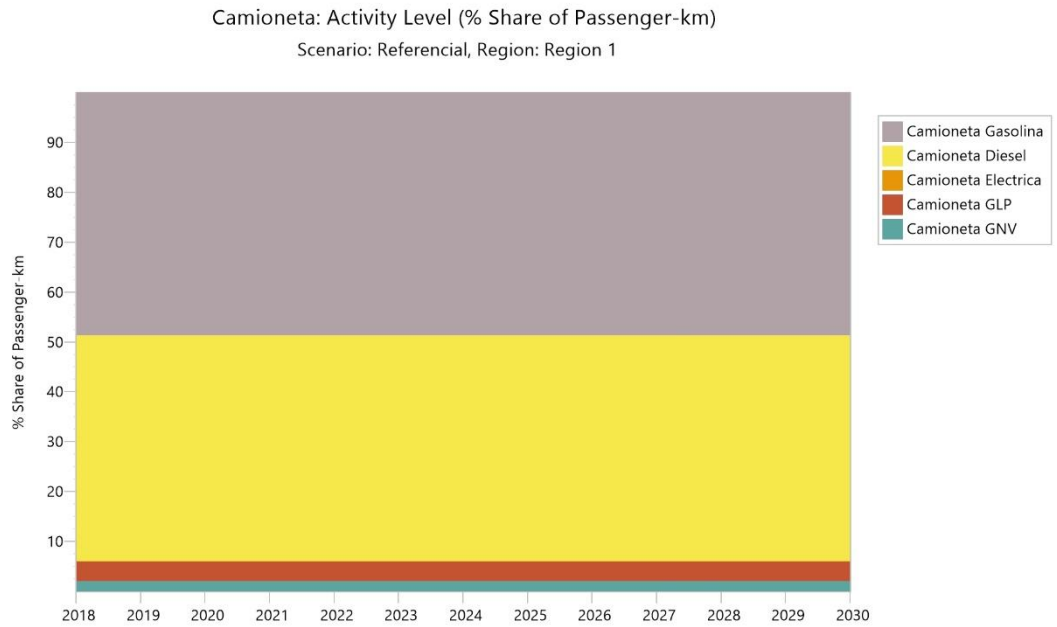


Figura 4.11. Nivel de participación por tipo de combustible (escenario BAU), proyectadas al 2030.

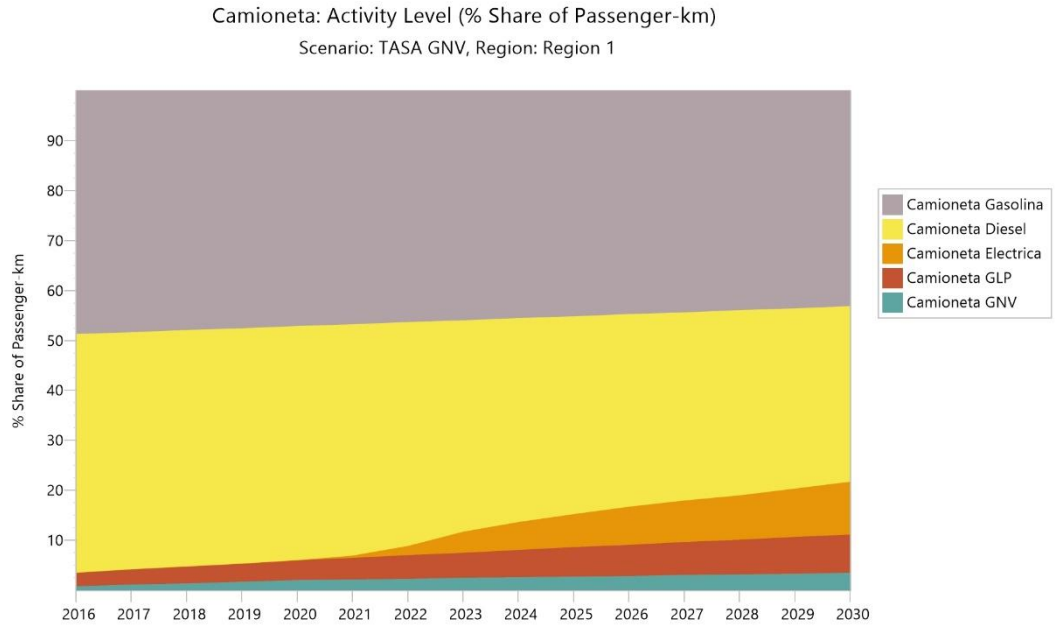


Figura 4.12. Nivel de participación por tipo de combustible en camionetas (escenario TASA GNV), proyectadas al 2030.

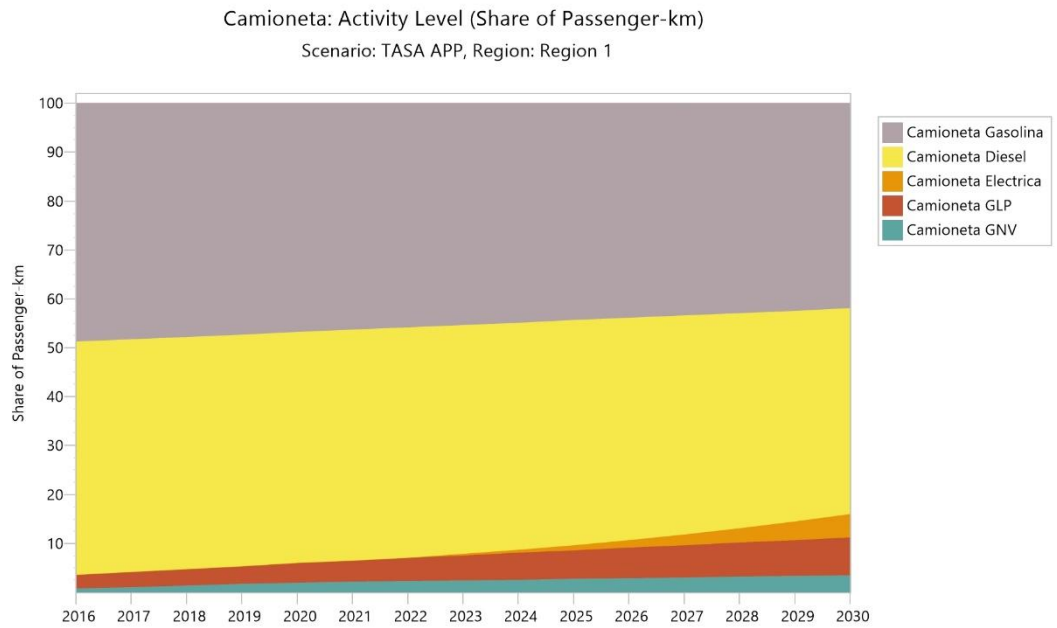


Figura 4.13. Nivel de participación por tipo de combustible en camionetas, (escenario TASA AAP), proyectadas al 2030.

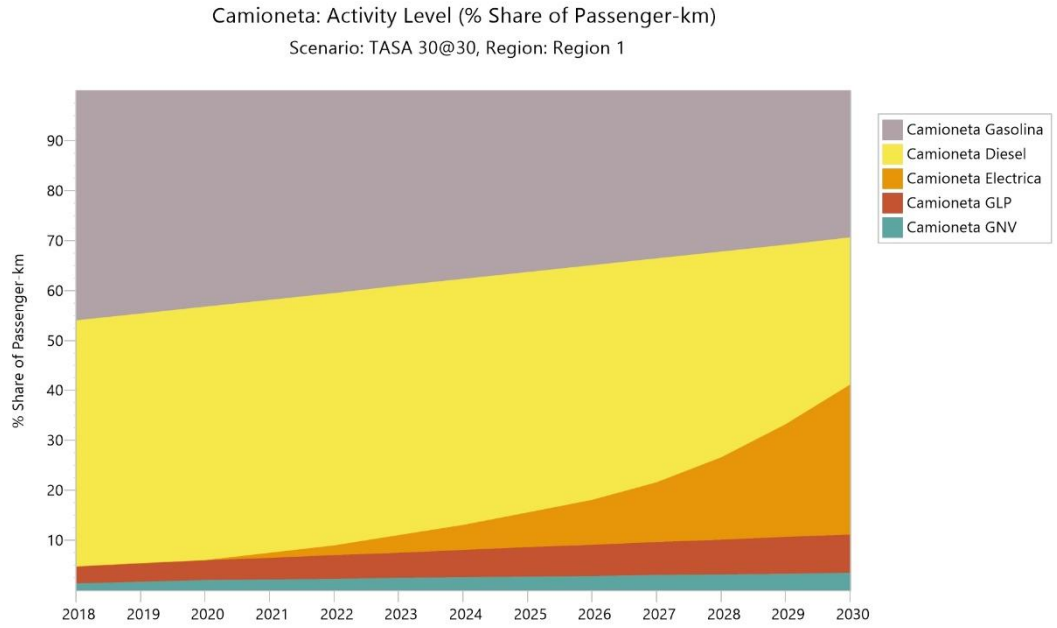


Figura 4.14. Nivel de participación por tipo de combustible en camionetas, (escenario TASA EV30@30), proyectadas al 2030.

Actividad total mil millones pasajeros por km.

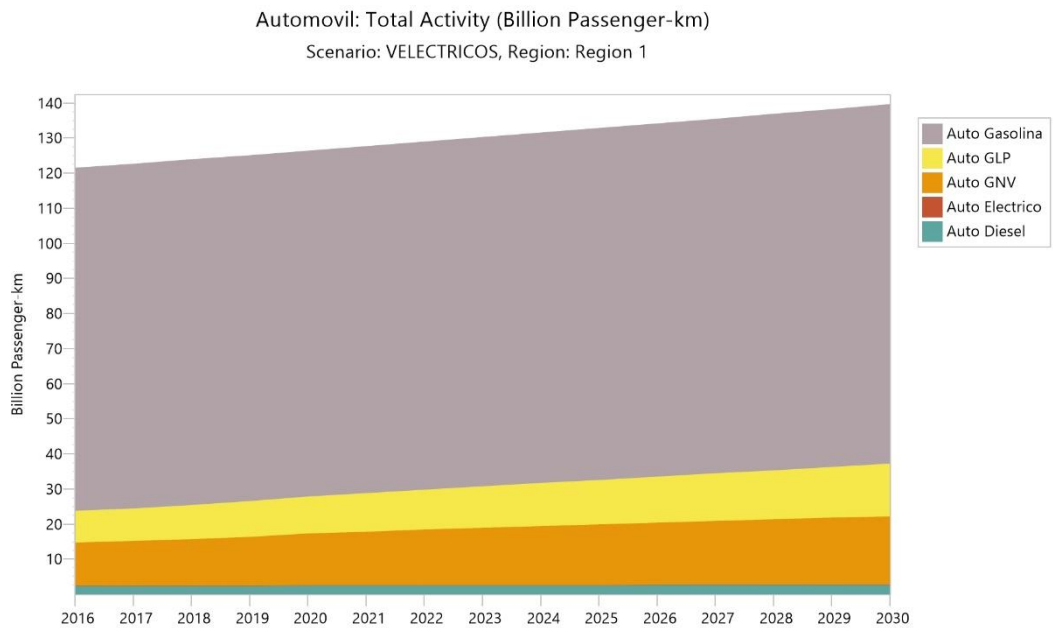


Figura 4.15. Actividad total mil millones pasajeros por km. (escenario BAU), proyectadas al 2030.

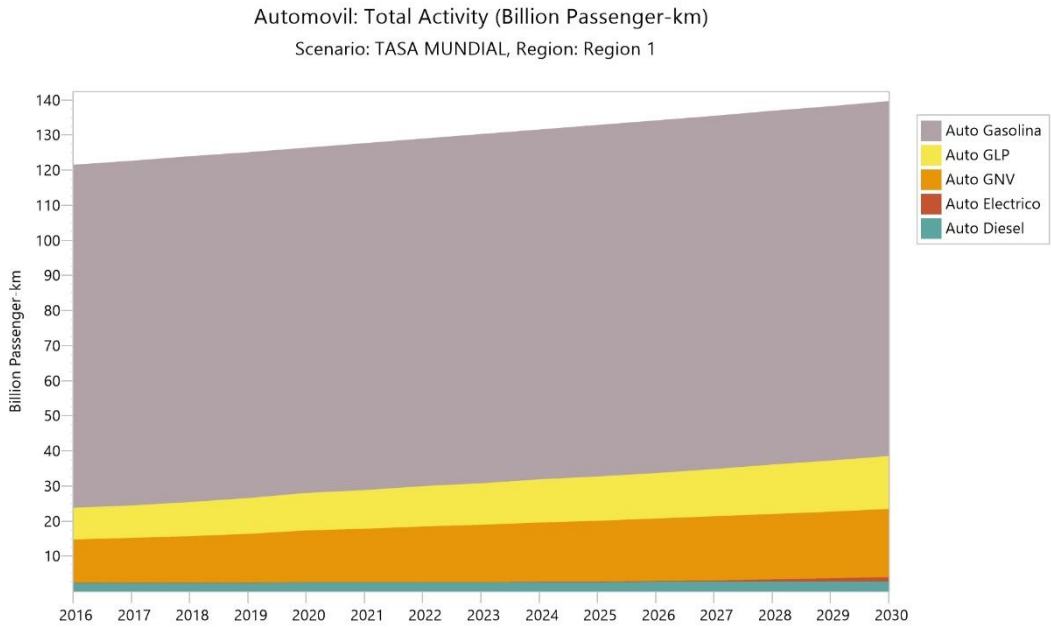


Figura 4.16. Actividad total mil millones pasajeros por km, (escenario TASA MUNDIAL), proyectadas al 2030.

Consumo de energía final en los autos

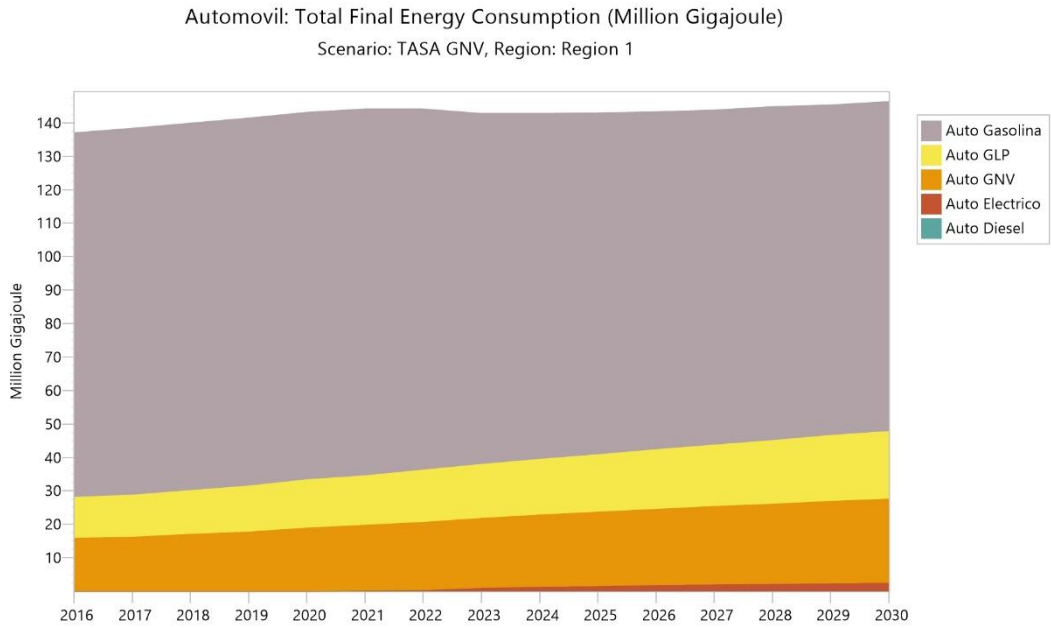


Figura 4.17. Total de energía final en autos (escenario TASA GNV), proyectadas al 2030.

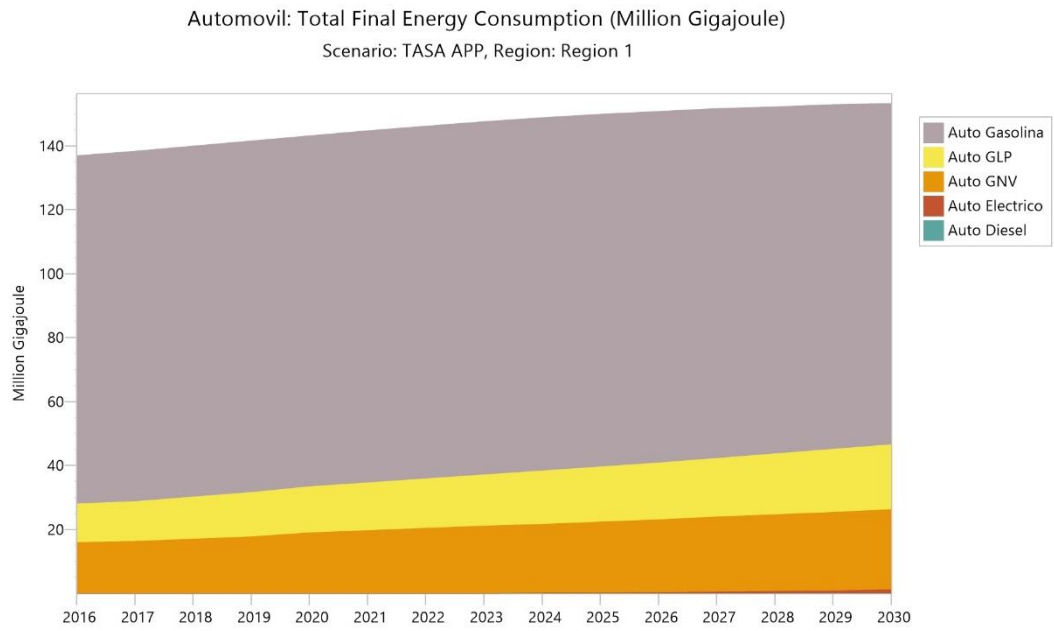


Figura 4.18. Total de energía final en autos (escenario TASA AAP), proyectadas al 2030.

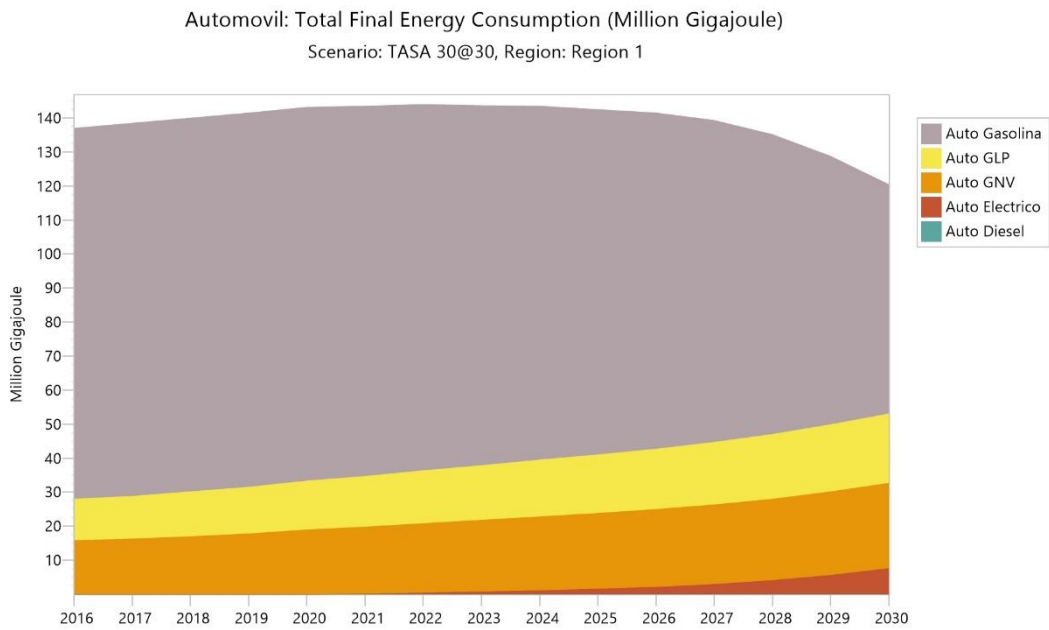


Figura 4.19. Total de energía final en autos (escenario tasa EV30@30), proyectadas al 2030.

Energía final en camionetas

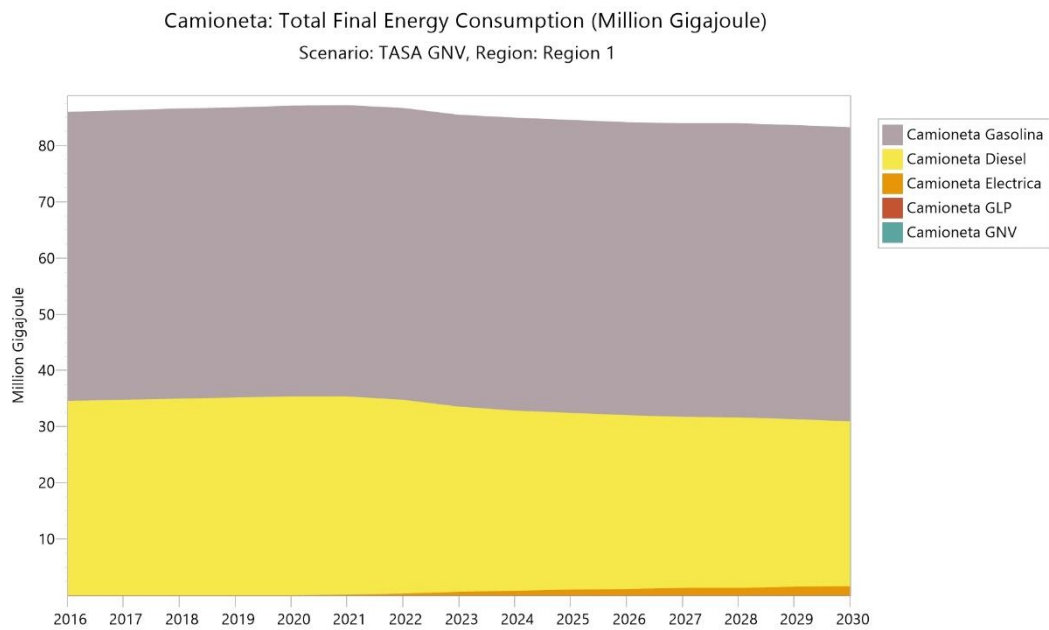


Figura 4.20. Total de energía final en camionetas, (escenario tasa GNV), proyectadas al 2030.

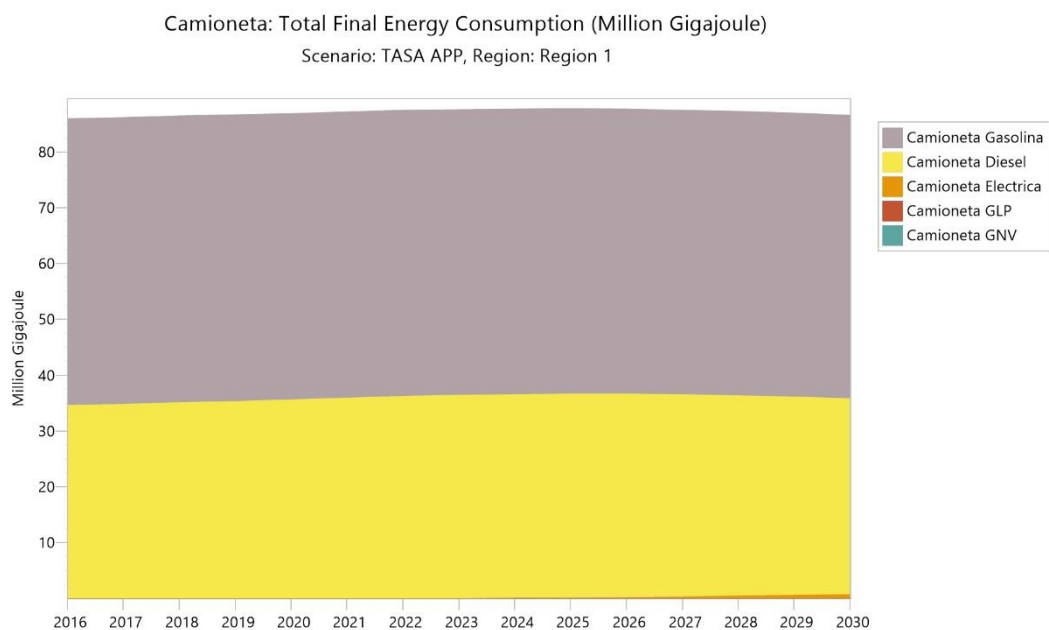


Figura 4.21. Total de energía final en camionetas (escenario tasa AAP), proyectadas al 2030.

Energía final por carretera.

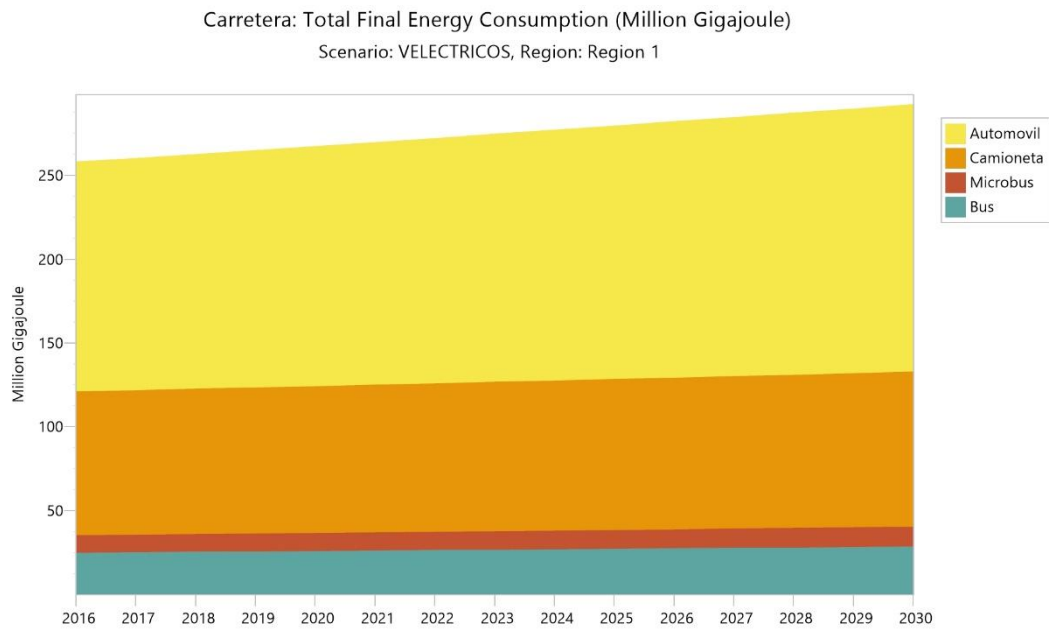


Figura 4.22. Total energía final en el transporte por carretera, (escenario BAU), proyectadas al 2030.

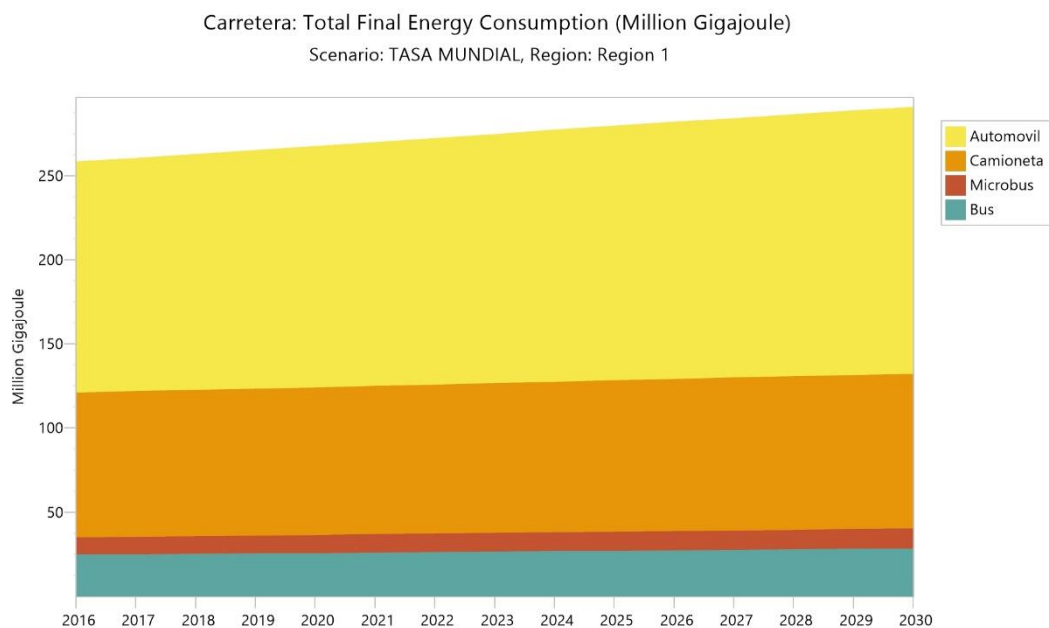


Figura 4.23. Total energía final en el transporte por carretera, (escenario TASA MUNDIAL), proyectadas al 2030.

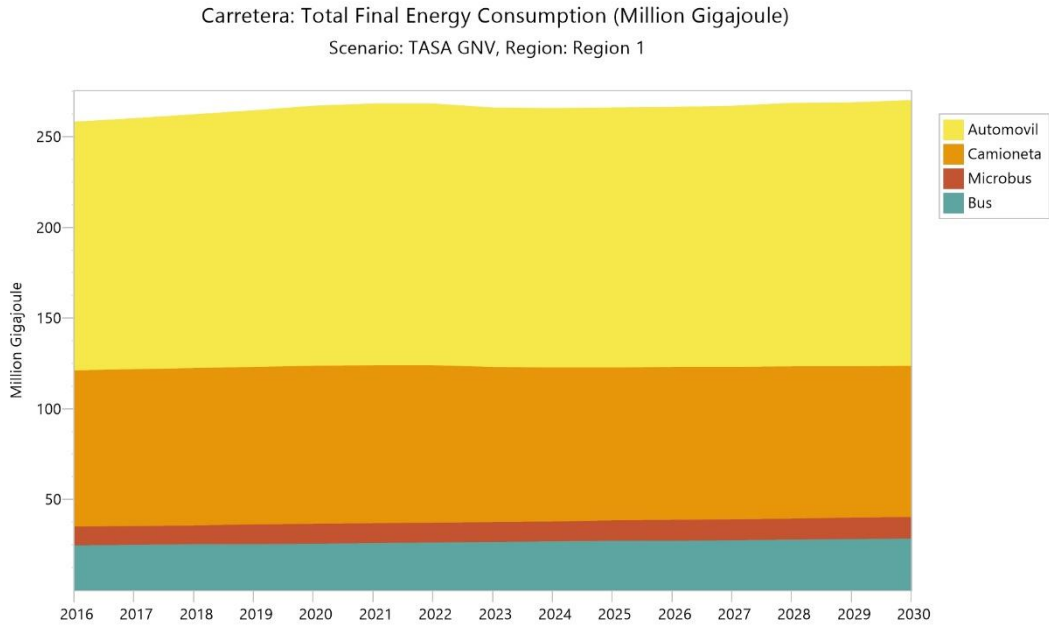


Figura 4.24. Total energía final en el transporte por carretera, (Escenario TASA GNV), proyectadas al 2030.

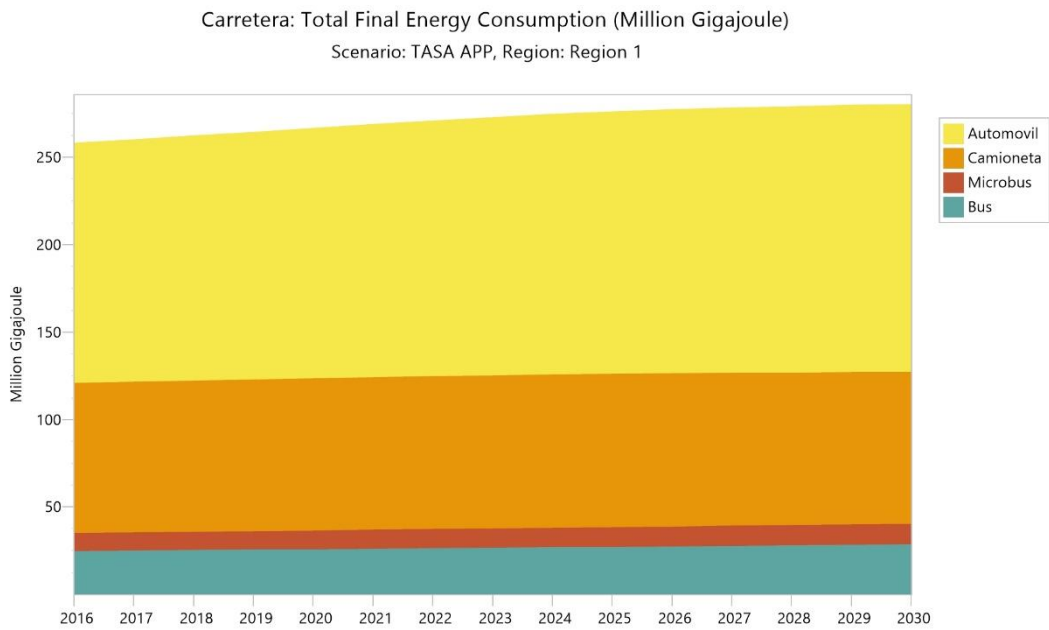


Figura 4.25. Total energía final en el transporte por carretera, (escenario TASA APP), proyectadas al 2030.

Carretera: Total Final Energy Consumption (Million Gigajoule)

Scenario: TASA 30@30, Region: Region 1

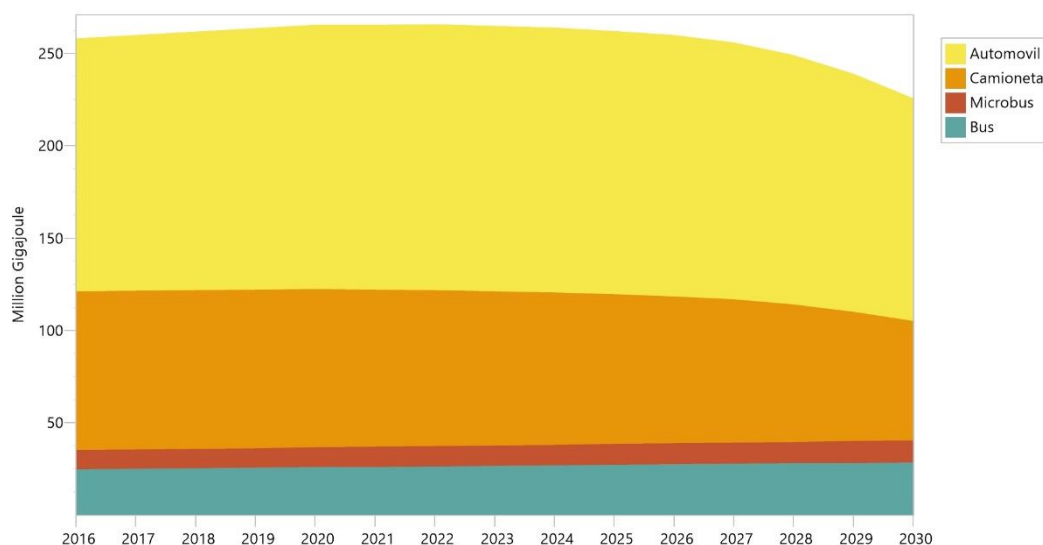


Figura 4.26. Total energía final en el transporte por carretera, (escenario TASA EV30@30), proyectadas al 2030.

Tabla 4.25. Eficiencia energética, emisiones y energía por cada escenario.

AÑO	BAU (sin VE's)		Escenario: TASA MUNDIAL		Escenario: TASA AAP		Escenario: TASA GNV		Escenario: EV30@30	
	EMISION <i>Gg de CO2</i>	ENERGIA <i>10⁶ GJ</i>	EMISION <i>Gg de CO2</i>	ENERGIA <i>10⁶ GJ</i>	EMISION <i>Gg de CO2</i>	ENERGIA <i>10⁶ GJ</i>	EMISION <i>Gg de CO2</i>	ENERGIA <i>10⁶ GJ</i>	EMISION <i>Gg de CO2</i>	ENERGIA <i>10⁶ GJ</i>
2021	94003.48	144.81	94000.88	144.8	93977.92	144.8	93545.73	144.2	93047.26	143.6
2022	94961.33	146.33	94934.91	146.3	94912.47	146.3	93288.89	144.2	93089.51	144.0
2023	95983.75	147.96	95937.52	147.9	95713.12	147.6	92021.16	142.9	92625.3	143.7
2024	97011.89	149.6	96932.65	149.5	96432.22	148.9	91647.62	142.8	92151.26	143.4
2025	97993.99	151.17	97861.91	151.0	97040.94	150.0	91523.74	143.0	91152.01	142.5
2026	98993.53	152.76	98788.79	152.5	97518.49	150.9	91560.79	143.3	90138.06	141.5
2027	100090.64	154.49	99780.24	154.1	97867.73	151.7	91700.77	143.9	88098.39	139.3
2028	101110.77	156.12	100622.06	155.5	98103.03	152.3	92267.47	144.9	84496.81	135.1
2029	102203.63	157.84	101536.59	157.0	98324.37	152.9	92379.55	145.4	79288.75	128.8
2030	103238.23	159.47	102307.03	158.3	98330.84	153.3	92902.33	146.4	72422.05	120.5

Con estos datos se graficó, la energía por cada escenario para autos.

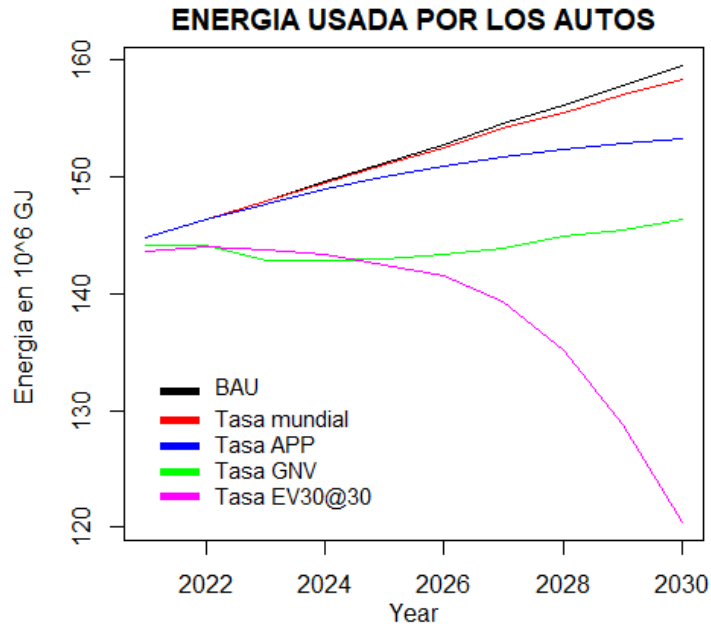


Figura 4.27. Energía demanda por los autos para cada escenario, proyectada al 2030.

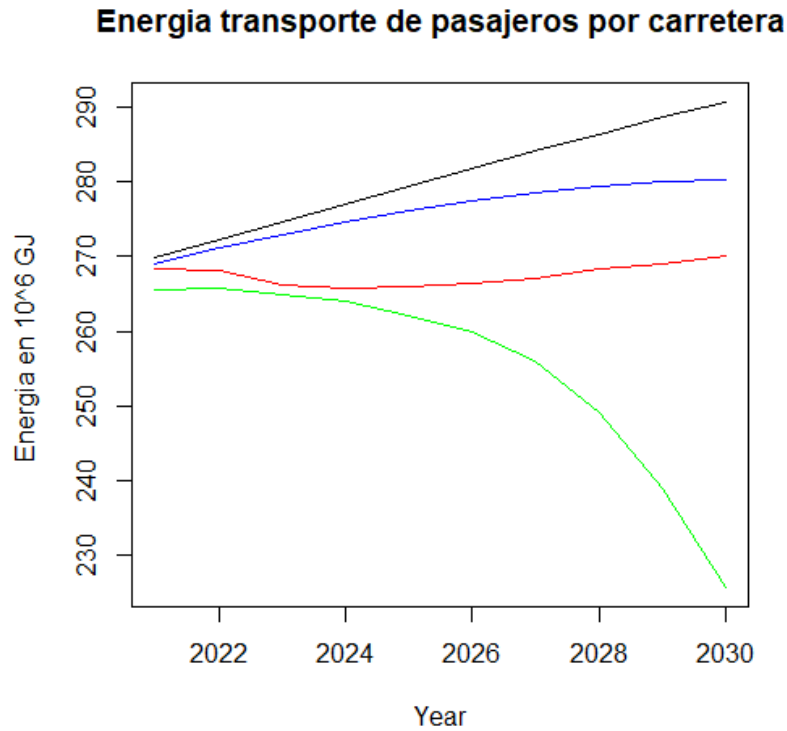


Figura 4.28. Energía demanda por el transporte de pasajeros por carretera para cada escenario, proyectada al 2030.

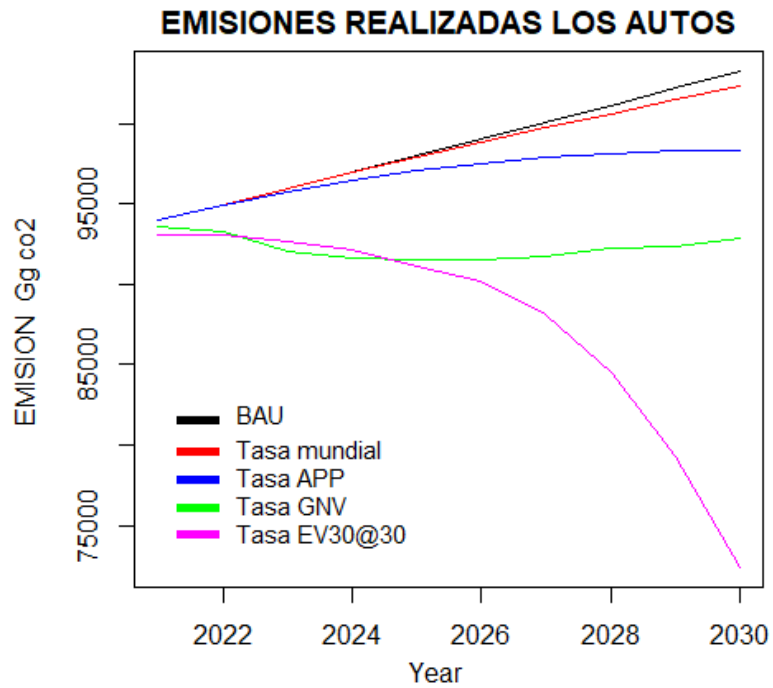


Figura 4.29. Emisiones realizadas por los autos, para cada escenario, proyectadas al 2030.

Resultado comparativo de en la reducción de las emisiones de CO₂, para los vehículos ligeros (autos), teniendo como consideración la introducción de vehículos eléctricos VEB, y la generación de electricidad se da con fuentes renovables

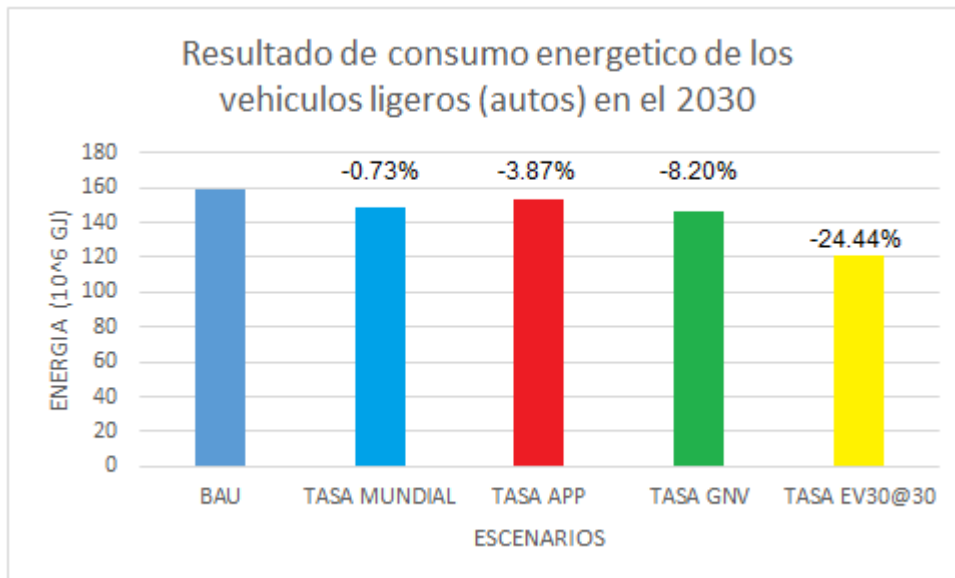


Figura 4.30. Resultado de la energía final en el transporte por autos, para cada escenario, proyectadas al 2030.

Resultado comparativo de en la reducción de las emisiones de CO₂, para los vehículos ligeros (autos), teniendo como consideración la introducción de vehículos eléctricos VEB, y la generación de electricidad se da con fuentes renovables

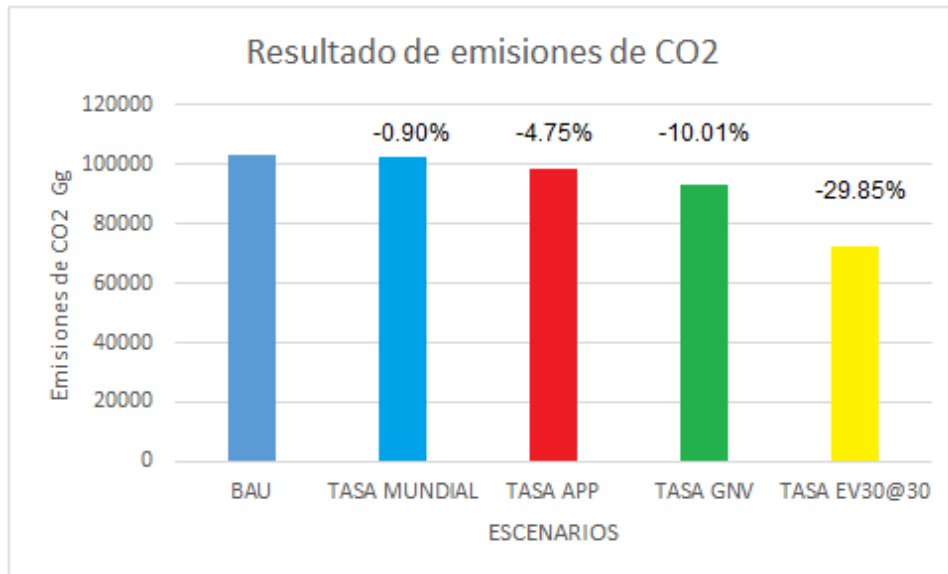


Figura 4.31. Resultado comparativo de las emisiones de CO2 para cada escenario, proyectadas al 2030.

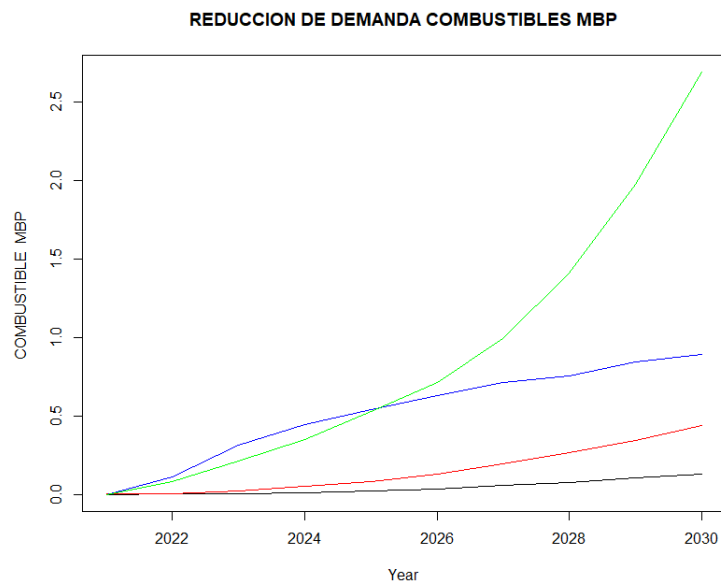


Figura 4.32. Ahorro de combustible por MBP, para cada escenario, proyectadas al 2030.

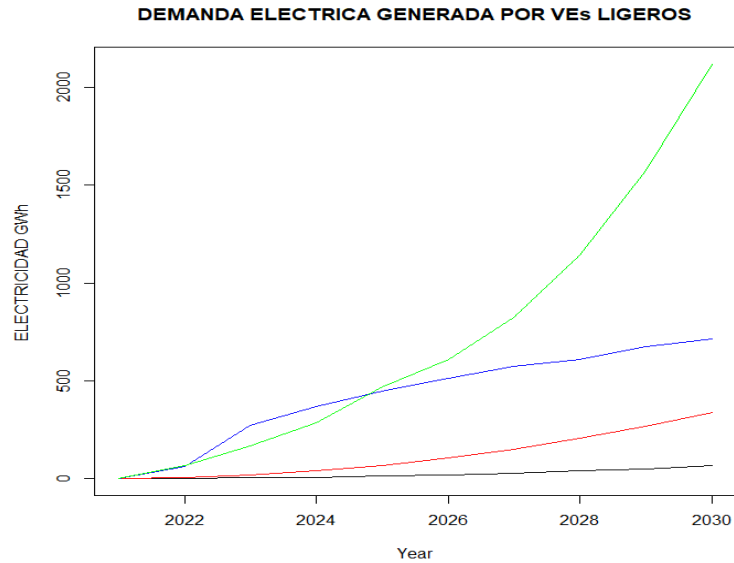


Figura 4.33. Demanda eléctrica (GWh) generada por la introducción de vehículos eléctricos de uso ligero. Para cada escenario, proyectadas al 2030.

4.7. Contraste con la hipótesis

Como se puede apreciar en los resultados de la tabla 4.9, la principal barrera para el caso peruano, es el alto precio de los vehículos eléctricos, es decir la barrera económica, tal como se sugirió en la hipótesis, por consecuencia políticas económicas serán determinantes para vencer esta barrera, y efectivamente la política con mayor impacto será los créditos vehiculares como lo sugieren los grupos de interés con una alta convergencia, como se muestra en la tabla 4.20, ya que tiene mayor peso.

En la figura 3.34 se aprecia el orden las barreras de menor a mayor impacto, así mismo la relación con las políticas que se deben aplicar para vencer estas barreras, estas políticas también están ordenadas, las de mayor impacto son las políticas económicas, como somos un país emergente con una carencia en la información, la publicidad y difusión de los vehículos eléctricos será una política de ayuda a sensibilizar a la población y dar a conocer sus beneficios.

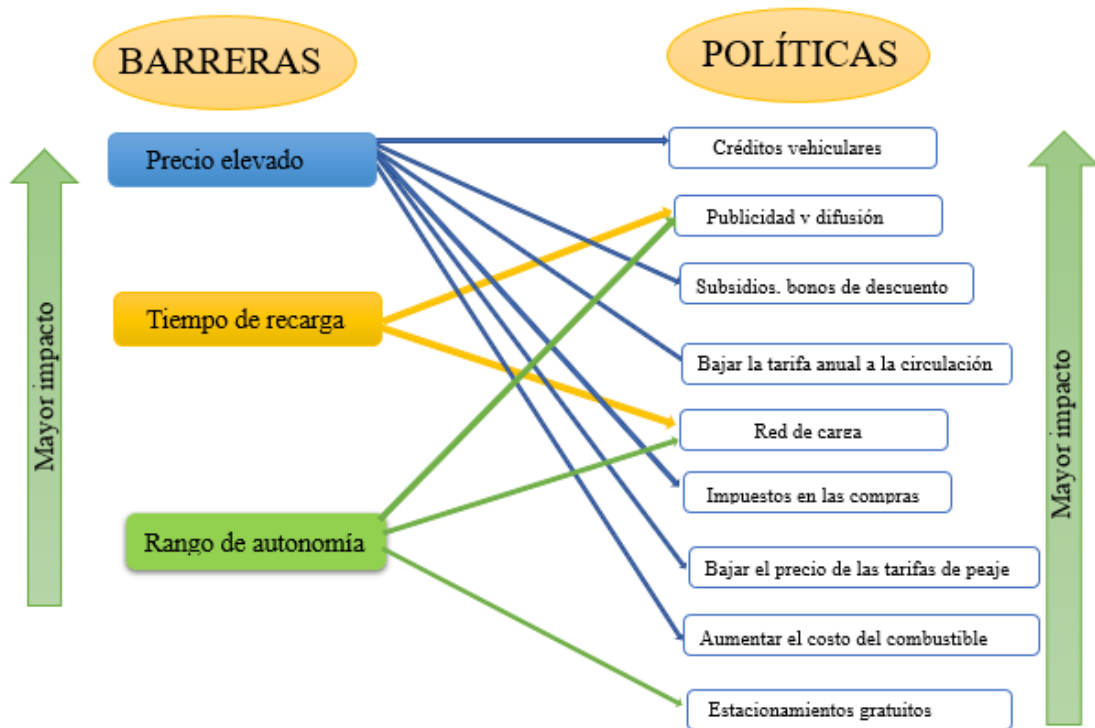


Figura 4.34. Barreras y las políticas que se deben aplicar, ordenadas por jerarquía según su peso.

Con la cuantificación y normalización de los pesos de las políticas, la normalización del PBI per cápita y de la estación de carga, hemos tenido como resultado la tabla 4.23, donde se pudo demostrar que la tasa de venta depende en mayor medida al PBI per cápita, es decir el poder adquisitivo de un país, en segundo lugar, las políticas que se han aplicado en ese país y en tercer lugar a la red de carga que puede que se pueda contar. En resumen, el factor económico es determinante para la adopción y masificación de VE's, como se planteó en la hipótesis.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1) Políticas:

Se evaluó cuantitativamente las políticas que pueden mitigar o vencer las barreras, aplicando la misma metodología (IGCEW), lo cual ha permitido cuantificar en pesos el impacto de las políticas sobre los grupos de interés, usando el criterio de convergencia se determinó con mayor probabilidad de producir conformidades entre estos grupos. El método de agrupamiento gris identificó y clasificó las políticas con un alto nivel de impacto, es decir, los responsables, tomadores de decisiones e interesados, deben centrarse en las políticas con mayores pesos: en primer lugar facilitar los créditos vehiculares, segundo lugar dar mayor difusión y publicidad a los vehículos eléctricos, campañas de sensibilización a la población, en tercer lugar dar subsidios o bonos de descuento por la compra de los vehículos eléctricos, en cuarto lugar para disminuir el TCO bajar la tarifa anual a la circulación, en quinto lugar la masificación de estaciones de carga, en sexto lugar disminuir los impuestos de compra para los VE's, en séptimo lugar bajar el precio de las tarifas de peajes, en octavo lugar aumentar el costo del combustible, esto también trae malestar ante la población y en último lugar políticas de brindar estacionamiento gratuitos tendrá menor impacto.

2) Barreras:

Se evaluó las principales barreras que frenan la masificación de vehículos eléctricos, con el propósito de clasificar y jerarquizar dichas barreras, la aplicación del método IGCEW con el propósito de evaluar el impacto de las barreras contra la adopción de vehículos eléctricos en Perú (específicamente en Lima), esta metodología ha permitido cuantificar la información brindada por los cuatro grupos de interés identificados, lo que nos permite establecer los valores de impacto social de las barreras para cada grupo de interés de manera objetiva. En el caso peruano (ciudad de Lima) se encontró que la primera barrera es el precio de compra del vehículo eléctrico, luego es el tiempo de carga y finalmente la autonomía de la batería, esto se pueden entender, ya que Lima es una ciudad donde el recorrido de los usuarios privados es menor a la autonomía del EV (100 km). Como se menciona anteriormente, el alto precio es más significativo en ciudades de bajo poder adquisitivo, impiden su masificación, mientras que el rango de

kilometraje de su autonomía va depender del uso y el kilometraje recorrido por el usuario, la facilidad de carga es primordial en usuarios comerciales, en comparación que los privados.

3) Factores

Como se mencionó, el alto precio y rango de kilometraje de su autonomía impiden su masificación. Los principales factores que influyen en la adopción de los VE's son: la cultura, la educación, economía y edad. Los países con menor poder adquisitivo y limitaciones en infraestructura, los consumidores son sensibles al precio de compra, el subsidio de compra y la cobertura de las estaciones de carga, que sus contrapartes de países con mayor nivel adquisitivo. Pero además en países con poco conocimiento sobre los vehículos eléctricos, como el caso peruano y muchos de los países emergentes se va necesitar de publicidad y una difusión agresiva de información. Se debe apelar a la personalidad del consumidor, a su preocupación ambiental, dar a conocer las características del vehículo, hacer conocer sus beneficios económicos y el TCO. En muchos países las políticas para promover el uso de vehículos eléctricos han fracasado en gran medida, por ello para promover la difusión de los vehículos eléctricos, es necesario aplicar una combinación de políticas eficaz y conocer las políticas de mayor impacto.

Entonces, para el caso peruano de acuerdo a los resultados, según los grupos interés, nos indican que la política de mayor impacto son los créditos vehiculares y políticas de publicidad y difusión. Solo el 35% de las compras en vehículos ligeros nuevos son por créditos, ya que la mayoría no califica en el sistema financiero, esto se debe a que muchos compradores no tienen antecedentes crediticios o muchos emprendedores están en el mercado informal. Por ello las entidades financieras deberían buscar beneficios adicionales para su producto vehicular con la finalidad de atraer más prestatarios. Otra opción es dar los bonos o el impuesto vehicular en créditos vehiculares, para minimizar el aporte económico del estado. Se sugiere que los centros de carga se ubiquen en los distritos que tengan mayor poder adquisitivo, así como en lugares muy concurridos como centros comerciales, universidades o parques recreacionales.

Los resultados obtenidos de este trabajo de investigación contribuyen con el gobierno central del Perú y/o autoridades locales, empresas del sector eléctrico, empresas importadoras de vehículos y otras empresas interesadas, a centrarse en

las políticas de mayor peso, es decir de mayor impacto, para tener mayor éxito en la masificación de vehículos eléctricos reflejándose en una mayor tasa de adopción.

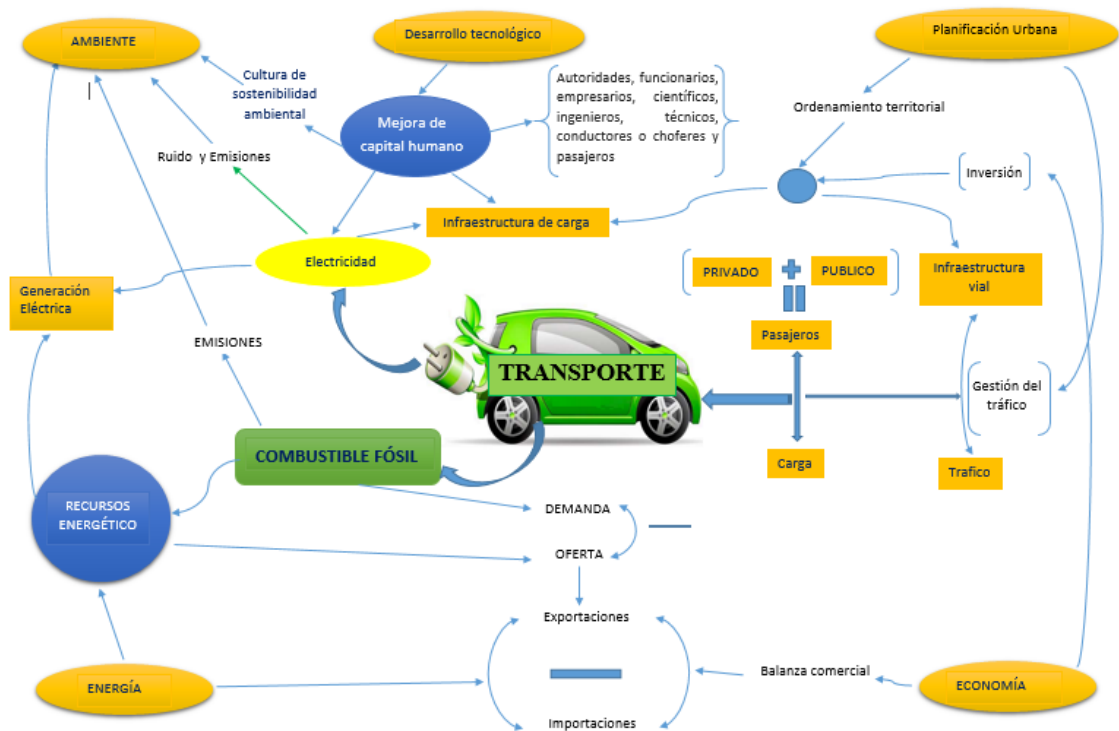


Figura 5.1. Diagrama de las interrelaciones entre los varios elementos o subsistemas del gran sistema de transporte vehicular en Perú con la instrucción de los VE's.

Como se muestra en la figura 5.1, el transporte terrestre se divide en el traslado de carga y de pasajeros, a su vez el transporte de pasajeros tiene dos subconjuntos; el público y privado. Siendo este último subconjunto que genera mayor volumen de tráfico, además tiene un mayor consumo de combustible por unidad de pasajero. Con el incremento del número de vehículos ligeros desde 2010 y la falta de planificación urbana, se agudizó los problemas en el sector transporte; el tráfico, la contaminación y el aumento de las importaciones del combustible fósil. Con el ingreso de vehículos eléctricos ligeros, en la planificación se tiene que hacer sinergia entre la planificación urbana (el ordenamiento territorial y la seguridad ciudadana y vial) y la infraestructura del transporte, para el despliegue de la infraestructura de red de carga, así como las ciclovías, políticas en la gestión del tráfico, con el fin de aliviar la congestión vial. La influencia de la masificación de vehículos eléctricos ligeros en la economía peruana va depender de la tasa de penetración, como se mostró en los resultados, disminuye la demanda del combustible fósil (gasolina), menor importación. También puede generar inversiones en el sector transporte y el sector eléctrico, además su masificación va generar un nuevo mercado,

tanto como la generación eléctrica con fuentes renovables, así como la venta de sus autopartes y las baterías. Además, la generación de empleo especializado, entre técnicos e ingenieros, en resumen, va contribuir al PBI. Esta transferencia energética y tecnológica, es una oportunidad para impulsar el desarrollo tecnológico y científico, desde realizar investigaciones y publicaciones científicas relacionadas al tema, tanto en investigaciones básicas como aplicadas, así como en generar cierta industria, como se propone en Bolivia para la industria de las baterías de litio y la fabricación de vehículos eléctricos. También va generar un desarrollo de capital humano, profesionales y técnicos especializados, al mismo tiempo tener una población con una mejor cultura medioambiental, generar cambios de hábitos y ética, una responsabilidad de consumo y trabajo.

4) Impactos ambientales.

- Con los escenarios evaluados podemos afirmar que la política energética que tendrá mayor impacto ambiental será el ingreso de vehículos eléctricos, mientras con políticas de elevación de precios a los combustibles fósiles como la gasolina y/o diésel, es mucho menor en comparación la introducción de vehículos eléctricos, como se muestra en la figura 4.5, además la elevación precios a los combustibles no es de agrado al público generando un malestar social y en la economía de muchas familias.
- En cuanto al beneficio ambiental, en la reducción de las emisiones de CO₂, para los vehículos ligeros (autos), para el 2030 en todos los escenarios se ha demostrado una reducción de las emisiones en 0.90% para tasa mundial, 4.75% para un escenario AAP, de un 10.01% para un escenario GNV y una reducción de 29.85% para el escenario muy optimista EV30@30.
- Los impuestos sobre los combustibles también logran el efecto, pero para valores altos de impuestos. Sin embargo, esta medida ocasiona pérdida de bienestar social.

5) Impactos energéticos

El sector con mayor repercusión en las políticas energéticas para la reducción de la demanda de combustibles fósiles es el sector transporte, como se identificó en la matriz energética peruana que representa el 43%. Con la introducción de los vehículos

eléctricos existe una mayor eficiencia energética en nuestro parque automotor, existe una reducción en el consumo energético, como se muestra en la figura 4.27, para el 2030 con una penetración igual a la tasa mundial esta se reduce en 0.73% respecto al escenario BAU. Para un escenario sugerido por AAP esta reducción será del 3.87%, para una tasa igual a GNV, la reducción será 8.20%, mientras que para un escenario muy optimista EV30@30 será 24.44%., es decir cuanto mayor sea la penetración mayor será el beneficio energético.

También se encontró una demanda eléctrica generada por la introducción de vehículos eléctricos, para el escenario de tasa mundial 64.95 GWh, para el escenario AAP una demanda eléctrica de 339.20 GWh, para el escenario de tasa GNV una demanda eléctrica de 712.33 GWh, finalmente para el escenario EV30@30 una demanda eléctrica de 2120.03 GWh. Como se mostró el Perú tiene la capacidad de generar electricidad con fuentes renovables. Esta sería una ocasión para tener una mayor diversificación energética en la generación de electricidad especialmente con energías renovables, principalmente con la hidroeléctricas como lo hacen en Noruega, seguidas por la energía solar y eólica.

También se ha comprobado una disminución en la demanda de los combustibles fósiles en cada escenario, esto genera una disminución en la dependencia energética relacionada a los combustibles fósiles como el diésel y la gasolina. Para el escenario de tasa mundial habrá una disminución 0.130 MBP, para el escenario AAP una disminución 0.438 MBP, para un escenario de tasa GNV 0.890 MBP, mientras que para un escenario EV30@30 una disminución de 2.691 MBP Esto hará que disminuya las importaciones, ya que cada año va creciendo si no hay una transferencia energética.

5.2 RECOMENDACIONES

Este trabajo de investigación ha tenido como finalidad servir de líder explorador en la introducción y masificación de vehículos eléctricos en el Perú, un país en vías de desarrollo, con grandes recursos energéticos y mineros, y con una gran dependencia del petróleo y derivados. Por eso se propone como una alternativa para buscar una independencia energética, con una matriz energética más amigable al medio ambiente y que no dependa en gran medida de las importaciones que va aumentando año tras año, la electrificación del parque automotor, ya que será una gran opción para mitigar los efectos adversos creados por las emisiones del sector transporte.

Se recomienda que empresas privadas del sector eléctrico, así como las principales importadoras de vehículos han introducido vehículos eléctricos presentando varios modelos, tanto para uso privado, como también para uso comercial (taxi), pero para su masificación debe tener una gran ayuda del estado peruano, con políticas públicas que ayuden a crear un ecosistema para los vehículos eléctricos que inspiren confianza y comodidad para la adopción de los usuarios peruanos. Por este motivo se recomienda a los tomadores de decisiones tomar como referencia esta investigación, ya que se ha indicado y evaluado las principales barreras y recomendó algunas políticas que pueden contrarrestar estas barreras.

Estas recomendaciones sobre las políticas están dirigidas al estado peruano, el poder legislativo y ejecutivo, a los ministerios de interés como Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Economía y Finanzas y organismos gubernamentales nacionales, también instituciones privadas, empresas, así como ONG's, interesadas con la masificación de los vehículos eléctricos. El estado peruano debe desarrollar y mantener una visión, con metas, para eliminar progresivamente los vehículos convencionales, ayudando a la introducción de los vehículos eléctricos. La política nacional, mediante la legislación y el financiamiento, tiene una gran influencia para el éxito de aceptación y masificación de los vehículos eléctricos. Los marcos legales determinan nuestro sistema de transporte, además el financiamiento nacional para implementar ayuda en los créditos vehiculares, las normas tributarias y los subsidios, además debe garantizar un marco adecuado (homologación, impuestos) para los

vehículos eléctricos, además de desarrollar y/o dar las facilidades para la infraestructura de carga.

Se enumeran a continuación observaciones claves sobre la interrelación sistémica que existe entre el objeto de la tesis, los vehículos eléctricos, y la orientación deseada de la investigación científica y el desarrollo tecnológico del Perú, por un lado, y por otro, en la necesidad del establecimiento de políticas públicas más racionales para promover las energías renovables en general, y la utilización de las mismas en el sector transporte, que es el de mayor impacto económico y ambiental en el país.

- ❖ La introducción y masificación de vehículos eléctricos puede generar un desarrollo tecnológico en el país, ya que se pueden fabricar las baterías y el vehículo, teniendo a referencia Bolivia que desea desarrollar industria con la fabricación de baterías y vehículos eléctricos, esto debido a los recursos mineros (litio), siendo a ser referencia en la Latinoamérica (Sauer et al., 2015). Como lo propone Ceroni Galoso, et. al, 2018, (Sociedad Química del Perú), es una oportunidad para desarrollar la ciencia, tecnología y la industrial en el Perú.
- ❖ Muchos investigadores indican que el grado de impacto ambiental va depender del tipo de generación eléctrica, aunque las emisiones pueden ser de cero para fuentes renovables, es decir va existir un impacto positivo, pero para las baterías, se recomienda regular y cumplir el ciclo de vida de las baterías, desde la minería hasta la reutilización, el reciclaje y el desecho. Los vehículos eléctricos van a traer un impacto positivo, ya que reduce las emisiones, pero las baterías si pueden generar algún impacto negativo.
- ❖ Establecer metas del sector del transporte como parte de compromisos nacionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- ❖ Se recomienda promover el uso de energías renovables para la carga de vehículos eléctricos como parte de una estrategia energética baja en emisiones.
- ❖ La introducción de vehículos ligeros de uso privado, también generará un impacto en el sector energía, ya que disminuye la demanda del combustible fósil, como se muestra en los resultados, así como un incremento en la demanda eléctrica, como

se muestra en la figura 4.31 y 4.32, esto abre las posibilidades de tener una matriz energética con mayor participación de fuentes renovables, también pueden aparecer picos en otros horarios de demanda. El ingreso de los vehículos eléctricos ligeros de uso privado generará un impacto positivo al ambiente, ya que disminuye la contaminación, disminución en las emisiones de los gases de efecto invernadero y no genera ruido, además la política de sensibilización puede generar una mejor cultura medioambiental en la población peruana, finalmente aumentar la eficiencia energética en el sector transporte.

- ❖ Se recomienda considerar subsidios para la compra temporales para incentivar la aceptación temprana de los medios de transporte eléctricos seleccionados en el mercado de primera y segunda mano, priorizando los segmentos de la movilidad eléctrica más sostenible y más activa, según se define en las metas y la visión nacionales.
- ❖ Proporcionar un marco adecuado para la implementación de la movilidad eléctrica y el cambio de modo —regulaciones sobre acceso de los vehículos, límites de velocidad, planificación de infraestructura, servicio— por parte de las autoridades nacionales, regionales y urbanas como parte de políticas nacionales de movilidad urbana y programas de inversión.
- ❖ Garantizar un marco legal para el mercado de la electricidad abierto y eficiente, coordinar y promover el intercambio entre los actores de la energía y el sector de la movilidad eléctrica para beneficio mutuo.
- ❖ Proporcionar un marco adecuado (políticas, normas, financiamiento) para la venta y el uso de la movilidad eléctrica privada y pública.
- ❖ Se recomienda realizar un estudio de impacto ambiental que pueden ocasionar las baterías de los vehículos eléctricos, desde ubicar y masificar centros de acopio para estas baterías con el fin de reciclarlos y mitigar alguna contaminación.
- ❖ Evaluar en forma proactiva y preventiva (durante el diseño de políticas públicas y antes de la implementación) la confiabilidad y seguridad de los VE's y su infraestructura de carga. Proponer contramedidas efectivas para hacerlos más confiables y seguros.

5.2.1. Trabajos futuros

- ❖ Se recomienda investigaciones sobre los efectos de la demanda eléctrica, ya que con la introducción y masificación de los vehículos eléctricos puede modificar los picos de demanda. Ya que se presume que las recargas de muchos vehículos se pueden hacer por la noche cuando los ciudadanos regresan a sus hogares y/o en las mañanas antes de salir a realizar sus labores.
- ❖ Se recomienda investigar el TCO de los vehículos eléctricos en Lima, ya que un conocimiento sobre el tiempo o kilometraje necesario para igualar a los vehículos convencionales será de gran interés para las financieras e identidades interesadas.
- ❖ Se recomienda realizar un estudio sobre el performance de las políticas en países que tienen presencia de vehículos eléctricos, con este método usado para evaluar el grado de aceptación de su mercado.
- ❖ Realizar estudios para vehículos comerciales, especialmente para los taxis con la tecnología de vehículos eléctricos.
- ❖ Se recomienda estudiar sobre los beneficios económicos que traerán los vehículos eléctricos en la balanza comercial, ya que las importaciones de los combustibles fósiles se incrementan.
- ❖ En investigaciones futuras, el método IGCEW para EIS podría aplicarse en otros países en vías de desarrollo para analizar qué políticas podrían ayudar a la introducción de vehículos eléctricos. Así como en países desarrollados donde se desea analizar qué política tienen mayor impacto a los consumidores. Es decir, un estudio de evaluación de impacto social de políticas públicas antes y durante la introducción de vehículos eléctricos.
- ❖ También se debe conocer el TCO de los vehículos eléctricos, tanto a nivel nacional, como en los países de Latinoamérica, conocer en cuantos km o en años puede ser comparado con el TCO de un vehículo convencional.
- ❖ Examinar las políticas periódicamente ante los cambios en los precios y los desarrollos tecnológicos.

- ❖ Recomendación específica para futura investigación sistémica: Utilizar la base de conocimiento generada por el presente trabajo, para desarrollar, evaluar e implementar las políticas más efectivas que tengan por objeto retirar definitivamente vehículos ineficientes, inseguros y contaminantes (infractores) del parque automotriz del servicio público (taxis y colectivos) y particulares a nivel nacional, para sustituirlos por vehículos eléctricos, sea de la misma capacidad de pasajeros o de carga.

- ❖ Investigar las opciones posibles, y determinar las más viables, para los casos donde nuevos VE's contribuyan a un exceso de población vehicular que rebase la capacidad de flujo de las vías urbanas o regionales (congestión), que los vehículos convencionales (ICE) infractores sean reemplazados por una cantidad menor de vehículos de transporte masivo (minibuses y buses de mayor capacidad) eléctricos y a hidrógeno (celdas de combustible). Como antecedente de la viabilidad social y económica de esta propuesta, existe el caso de la empresa EMTRAFESA, con central en Trujillo, donde varios choferes colectiveros interprovinciales (Comité 25) decidieron hace 40 años en asociarse para formar una gran empresa interprovincial de transporte utilizando modernos buses en lugar de autos.

6. REFERENCIAS

- Aasness, M. A., & Odeck, J. (2015). The increase of electric vehicle usage in Norway— incentives and adverse effects. *European Transport Research Review*, 7(4).
<https://doi.org/10.1007/s12544-015-0182-4>
- Adepetu, A., Keshav, S., & Arya, V. (2016). An agent-based electric vehicle ecosystem model: San Francisco case study. *Transport Policy*, 46, 109–122.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.11.012>
- Ahmadi, L., Fowler, M., Young, S. B., Fraser, R. A., Gaffney, B., & Walker, S. B. (2014). Energy efficiency of Li-ion battery packs re-used in stationary power applications. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 8, 9–17.
<https://doi.org/10.1016/j.seta.2014.06.006>
- Ajanovic, A., & Haas, R. (2016). Dissemination of electric vehicles in urban areas: Major factors for success. *Energy*, 115, 1451–1458.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.05.040>
- Al-Alawi, B. M., & Bradley, T. H. (2013). Total cost of ownership, payback, and consumer preference modeling of plug-in hybrid electric vehicles. *Applied Energy*, 103(2013), 488–506. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.10.009>
- Amirnekooei, K., Ardehali, M. M., & Sadri, A. (2012). Integrated resource planning for Iran: Development of reference energy system, forecast, and long-term energy-environment plan. *Energy*, 46(1), 374–385.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.08.013>
- Arambula Lara, R., Pernigotto, G., Cappelletti, F., Romagnoni, P., & Gasparella, A. (2015). Energy audit of schools by means of cluster analysis. *Energy and Buildings*, 95, 160–171. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.03.036>
- Assureira Espinoza, E. de la G. (2014). *Potencial energético de la biomasa residual en el Perú*.
- Ates, S. A. (2015). Energy efficiency and CO2 mitigation potential of the Turkish iron and steel industry using the LEAP (long-range energy alternatives planning) system. *Energy*, 90, 417–428. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.07.059>
- Axsen, J., Bailey, J., & Castro, M. A. (2015). Preference and lifestyle heterogeneity among potential plug-in electric vehicle buyers. *Energy Economics*, 50, 190–201.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.05.003>
- Axsen, J., Goldberg, S., & Bailey, J. (2016). How might potential future plug-in electric vehicle buyers differ from current “Pioneer” owners? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 47, 357–370.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.05.015>
- Axsen, J., & Kurani, K. S. (2013). Hybrid, plug-in hybrid, or electric-What do car buyers want? *Energy Policy*, 61, 532–543.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.122>
- Baran, R. (2012). *A introdução de veículos elétricos no Brasil: avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade*.

- Barbarossa, C., Beckmann, S. C., De Pelsmacker, P., Moons, I., & Gwozdz, W. (2015). A self-identity based model of electric car adoption intention: Across-cultural comparative study. *Journal of Environmental Psychology, 42*, 149–160. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.04.001>
- Barisa, A., Rosa, M., & Kisele, A. (2016). Introducing Electric Mobility in Latvian Municipalities: Results of a Survey. *Energy Procedia, 95*, 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.015>
- Barth, M., Jugert, P., & Fritsche, I. (2016). Still underdetected - Social norms and collective efficacy predict the acceptance of electric vehicles in Germany. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 37*(2016), 64–77. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.11.011>
- Bataille, C., Waisman, H., Briand, Y., Svensson, J., Vogt-Schilb, A., Jaramillo, M., ... Imperio, M. (2020). Net-zero deep decarbonization pathways in Latin America: Challenges and opportunities. *Energy Strategy Reviews, 30*. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100510>
- Berkeley, N., Jarvis, D., & Jones, A. (2018). Analysing the take up of battery electric vehicles: An investigation of barriers amongst drivers in the UK. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 63*, 466–481. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.06.016>
- Bjerkan, K. Y., Nørbech, T. E., & Nordtømme, M. E. (2016). Incentives for promoting Battery Electric Vehicle (BEV) adoption in Norway. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 43*, 169–180. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.002>
- Bonifaz F., J. L. (2001). *Distribución eléctrica en el Perú: regulación y eficiencia*. Recuperado de <https://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/sector-de-distribucion-electrica-del-peru-regulacion-y-eficiencia.pdf>
- Borah, R., Hughson, F. R., Johnston, J., & Nann, T. (2020). On battery materials and methods. *Materials Today Advances, 6*, 100046. <https://doi.org/10.1016/j.mtadv.2019.100046>
- Borba, B. S. M. C. (2012). *Modelagem integrada da introdução de veículos leves conectáveis à rede elétrica no sistema energético brasileiro* (Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE; Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Boussabaine, A. H. (1996). The use of artificial neural networks in construction management: A review. *Construction Management and Economics, 14*(5), 427–436. <https://doi.org/10.1080/014461996373296>
- Bresser, D., Hosoi, K., Howell, D., Li, H., Zeisel, H., Amine, K., & Passerini, S. (2018). Perspectives of automotive battery R&D in China, Germany, Japan, and the USA. *Journal of Power Sources, 382*, 176–178. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.02.039>
- Briseño H, Ramirez-Nafarrate A, A. O. (2020). A Multivariate Analysis of Hybrid and Electric Vehicles Sales in Mexico. *Socio-Economic Planning Sciences, (Iii)*, 124658. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100957>

- Brownstone, D., Bunch, D. S., & Train, K. (2000). Joint mixed logit models of stated and revealed preferences for alternative-fuel vehicles. *Controlling Automobile Air Pollution*, 34, 299–322. <https://doi.org/10.4324/9781351161084-16>
- Carley, S., Krause, R. M., Lane, B. W., & Graham, J. D. (2013). Intent to purchase a plug-in electric vehicle: A survey of early impressions in large US cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 18(1), 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2012.09.007>
- Carlsson, C. (1996). Fuzzy multiple criteria decision making: Recent developments. *Fuzzy Sets and Systems*, 78(2), 139–153. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(95\)00165-4](https://doi.org/10.1016/0165-0114(95)00165-4)
- Castro, D. E. (2012). *Reciclagem e Sustentabilidade na Indústria Automobilística*.
- Castro Verdezoto, P. L., Vidoza, J. A., & Gallo, W. L. R. (2019). Analysis and projection of energy consumption in Ecuador: Energy efficiency policies in the transportation sector. *Energy Policy*, 134(August). <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110948>
- Çay, Y., Korkmaz, I., Çiçek, A., & Kara, F. (2013). Prediction of engine performance and exhaust emissions for gasoline and methanol using artificial neural network. *Energy*, 50(1), 177–186. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.10.052>
- Centurion Nybroe, carlos E. (2015). *Estudo prospectivo da inserção de veículos elétricos no Paraguai e na Bolívia à luz de uma avaliação econômico-financeira*. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.
- Ceroni Galloso, M. (2018). El litio: Que no sea otra oportunidad perdida. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84(2), 173–174.
- Chai, N., & Zhou, W. (2022). The DPSIRM - Grey cloud clustering method for evaluating the water environment carrying capacity of Yangtze River economic Belt. *Ecological Indicators*, 136, 108722. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108722>
- Chavez-Rodriguez, M. F., Carvajal, P. E., Martinez Jaramillo, J. E., Egüez, A., Mahecha, R. E. G., Schaeffer, R., ... Arango Aramburo, S. (2018). Fuel saving strategies in the Andes: Long-term impacts for Peru, Colombia and Ecuador. *Energy Strategy Reviews*, 20, 35–48. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2017.12.011>
- Choi, H., Shin, J., & Woo, J. R. (2018). Effect of electricity generation mix on battery electric vehicle adoption and its environmental impact. *Energy Policy*, 121(June), 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.06.013>
- Clogston., J. C. J. T. F. (2013). *Creating the Clean Energy Economy: Analysis of the Electric Vehicle Industry*. International Economic Development Council. Recuperado de www.iedconline.org
- Coffman, M., Bernstein, P., & Wee, S. (2015). Factors affecting EV adoption: A literature review and EV forecast for Hawaii. *Electric Vehicle Transportation Center*, (April 2015), 1–36.
- Collaço, F. M. de A., Simoes, S. G., Dias, L. P., Duic, N., Seixas, J., & Bermann, C.

- (2019). The dawn of urban energy planning – Synergies between energy and urban planning for São Paulo (Brazil) megacity. *Journal of Cleaner Production*, 215, 458–479. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.013>
- Contestabile, M., Alajaji, M., & Almubarak, B. (2017). Will current electric vehicle policy lead to cost-effective electrification of passenger car transport? *Energy Policy*, 110(January), 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.07.062>
- Daina, N., Sivakumar, A., & Polak, J. W. (2017). Modelling electric vehicles use: a survey on the methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68(August 2015), 447–460. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.005>
- De Luca, S., Di Pace, R., & Storani, F. (2018). A Study on Users' Behaviour Towards Electric Vehicles in Immature Markets: The Argentina Case Study. *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2018*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/EEEIC.2018.8493840>
- Delgado, A. (2016). Methodological proposal for social impact assessment and environmental conflict analysis Author: (UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA; Vol. 10). <https://doi.org/10.1145/3264706.3264712>
- Delgado, A. (2017). Citizen criminality assessment in lima city using the grey clustering method. *Proceedings of the 2017 IEEE 24th International Congress on Electronics, Electrical Engineering and Computing, INTERCON 2017*, 2–5. <https://doi.org/10.1109/INTERCON.2017.8079662>
- Delgado, A., Montellanos, P., & Llave, J. (2019). Air quality level assessment in Lima city using the grey clustering method. *IEEE ICA-ACCA 2018 - IEEE International Conference on Automation/23rd Congress of the Chilean Association of Automatic Control: Towards an Industry 4.0 - Proceedings*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICA-ACCA.2018.8609699>
- Delgado, A., & Romero, I. (2015). Selection of a method for SIA using AHP. *Revista ECIPerú*, 12(1), 84–91. Recuperado de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01242027>
- Delgado, A., & Romero, I. (2016). Environmental Modelling & Software Environmental conflict analysis using an integrated grey clustering and entropy-weight method : A case study of a mining project in Peru. *Environmental Modelling and Software*, 77, 108–121. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.12.011>
- DeShazo, J. R., Sheldon, T. L., & Carson, R. T. (2017). Designing policy incentives for cleaner technologies: Lessons from California's plug-in electric vehicle rebate program. *Journal of Environmental Economics and Management*, 84, 18–43. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2017.01.002>
- Di Sbroiavacca, N., Nadal, G., Lallana, F., Falzon, J., & Calvin, K. (2014). Emissions reduction scenarios in the Argentinean Energy Sector. *Energy Economics*, 56, 552–563. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.03.021>
- Dimitropoulos, A., Rietveld, P., & van Ommeren, J. N. (2013). Consumer valuation of

- changes in driving range: A meta-analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 55, 27–45. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.08.001>
- Dorcec, L., Pevec, D., Vdovic, H., Babic, J., & Podobnik, V. (2019). How do people value electric vehicle charging service? A gamified survey approach. *Journal of Cleaner Production*, 210(2019), 887–897. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.032>
- DW. (2019, mayo). Las capitales y países de América Latina más contaminados. 16/05/2019, p. www.dw.com/es/. Recuperado de <https://www.dw.com/es/las-capitales-y-paises-de-america-latina-mas-contaminados/a-48768155>
- EAF0. (2018). Europe. Recuperado de <https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/lev>
- Egbue, O., & Long, S. (2012). Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions. *Energy Policy*, 48(2012), 717–729. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.06.009>
- Egnér, F., & Trosvik, L. (2018). Electric vehicle adoption in Sweden and the impact of local policy instruments. *Energy Policy*, 121(June), 584–596. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.06.040>
- EIA. (2019). Global EV Outlook 2019 to electric mobility. *OECD iea.org*, 232. Recuperado de www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2019/
- El Peruano. (2019). *Gobierno oficializó el bono del chatarreo*. Recuperado de <http://www.elperuano.pe/noticia-gobierno-oficializo-bono-del-chatarreo-87816.aspx>
- Emodi, N. V., Emodi, C. C., Murthy, G. P., & Emodi, A. S. A. (2017). Energy policy for low carbon development in Nigeria: A LEAP model application. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68(August 2016), 247–261. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.118>
- EUROECOTRADE. (2016). *PLAN P BICENTENARIO recursos naturales y ambiente*.
- Faria, R., Moura, P., Delgado, J., & De Almeida, A. T. (2012). A sustainability assessment of electric vehicles as a personal mobility system. *Energy Conversion and Management*, 61, 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.02.023>
- Figenbaum, E. (2017). Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 25, 14–34. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.11.002>
- Generalitat de Catalunya, C. I. del C. C. (2011). Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). *Canvi Climàtic*, 1, 0–66.
- Gestion.pe. (2012). Auto eléctrico hará que limeños solo gasten S/. 600 al año en combustible. Recuperado de <https://gestion.pe/tendencias/auto-electrico-hara-limenos-gasten-s-600-ano-combustible-14633-noticia/>
- Gestion.pe. (2017). Neoauto: Uno de cada tres autos vendidos en 2017 fue mediante financiamiento. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de Finanzas Personales website: <https://gestion.pe/tu-dinero/finanzas-personales/neoauto-tres-autos->

- Gestion.pe. (2019). Se abre el paso a autos eléctricos en Perú: importación de híbridos se duplicaría este año. Recuperado de <https://gestion.pe/tecnologia/se-abre-el-paso-a-autos-electricos-en-peru-importacion-de-hibridos-se-duplicaria-este-ano-noticia/?ref=gesr>
- Ghritlahre, H. K., & Prasad, R. K. (2018). Application of ANN technique to predict the performance of solar collector systems - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 84(December 2017), 75–88. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.01.001>
- Giatrakos, G. P., Tsoutsos, T. D., & Zografakis, N. (2009). Sustainable power planning for the island of Crete. *Energy Policy*, 37(4), 1222–1238. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.10.055>
- Gnann, T., Plötz, P., Kühn, A., & Wietschel, M. (2015). Modelling market diffusion of electric vehicles with real world driving data - German market and policy options. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 95–112. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.001>
- Green, E. H., Skerlos, S. J., & Winebrake, J. J. (2014). Increasing electric vehicle policy efficiency and effectiveness by reducing mainstream market bias. *Energy Policy*, 65, 562–566. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.024>
- Hackbarth, A., & Madlener, R. (2016). Willingness-to-pay for alternative fuel vehicle characteristics: A stated choice study for Germany. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 85, 89–111. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.12.005>
- Haddadian, G., Khodayar, M., & Shahidehpour, M. (2015). Accelerating the Global Adoption of Electric Vehicles: Barriers and Drivers. *Electricity Journal*, 28(10), 53–68. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2015.11.011>
- Hamilton, S. H., Elsayah, S., Guillaume, J. H. A., Jakeman, A. J., & Pierce, S. A. (2015). Environmental Modelling & Software Integrated assessment and modelling : Overview and synthesis of salient dimensions. *Environmental Modelling and Software*, 64, 215–229. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.12.005>
- Hardman, S., Berliner, R., & Tal, G. (2019). Who will be the early adopters of automated vehicles? Insights from a survey of electric vehicle owners in the United States. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 71(June), 248–264. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.12.001>
- Harryson, Sigval. Ulmefors, M. K. A. (2015). *Overview and Analysis of Electric Vehicle Incentives Applied Across Eight Selected Country Markets*. 1–9.
- He, X., & Zhan, W. (2018). How to activate moral norm to adopt electric vehicles in China? An empirical study based on extended norm activation theory. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3546–3556. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.088>
- He, X., Zhan, W., & Hu, Y. (2018). Consumer purchase intention of electric vehicles in China: The roles of perception and personality. *Journal of Cleaner Production*,

204, 1060–1069. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.260>

- Helveston, J. P., Liu, Y., Feit, E. M. D., Fuchs, E., Klampfl, E., & Michalek, J. J. (2015). Will subsidies drive electric vehicle adoption? Measuring consumer preferences in the U.S. and China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 73, 96–112. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.01.002>
- Hennessy, D. A., & Wiesenthal, D. L. (1997). The relationship between traffic congestion, driver stress and direct versus indirect coping behaviours. *Ergonomics*, 40(3), 348–361. <https://doi.org/10.1080/001401397188198>
- Hidrué, M. K., Parsons, G. R., Kempton, W., & Gardner, M. P. (2011). Willingness to pay for electric vehicles and their attributes. *Resource and Energy Economics*, 33(3), 686–705. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2011.02.002>
- Hinestroza, L., Rosero, J., & Puerto, J. (2015). EVs mass adoption in Colombia—A first approach model. *IEEE 15th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*, 1285–1290. Recuperado de http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=7165355
- Ho, J. C., & Huang, Y. H. S. (2022). Evaluation of electric vehicle power technologies: Integration of technological performance and market preference. *Cleaner and Responsible Consumption*, 5(April 2021), 100063. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2022.100063>
- Howell, D., Duong, T., Faguy, P., & Cunningham, B. (2011). *US Department of Energy Vehicle Battery R&D: Progress Update*. 1–22. Recuperado de https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/htac_nov2011_howell.pdf
- Hoyer, K. G. (2008). The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars. *Utilities Policy*, 16(2), 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2007.11.001>
- Huang, W., Zhang, Y., Yu, Y., Xu, Y., Xu, M., Zhang, R., ... Liu, Z. (2021). Historical data-driven risk assessment of railway dangerous goods transportation system: Comparisons between Entropy Weight Method and Scatter Degree Method. *Reliability Engineering and System Safety*, 205(September 2020), 107236. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.107236>
- Huang, Y., & Qian, L. (2018). Consumer preferences for electric vehicles in lower tier cities of China: Evidences from south Jiangsu region. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, 482–497. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.06.017>
- hyundai.pe. (2020). modelos/ioniq-electrico/. Recuperado de <https://hyundai.pe/modelos/ioniq-electrico/destacados/>.
- IEA/OECD. (2016). CO2 emissions from fuel combustion highlights 2016.
- IEA, I. E. A. (2021). Global EV Outlook 2021 - Accelerating ambitions despite the pandemic. *Global EV Outlook 2021*, 101. Recuperado de <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ed5f4484-f556-4110-8c5c-4ede8bcba637/GlobalEVOutlook2021.pdf>

- Instituto de Opinión Pública de la PUCP. (2018). *Encuesta Lima Cómo Vamos 2018. IX*, 102. Recuperado de <http://www.limacomovamos.org/cm/wp-content/uploads/2018/12/EncuestaLimaComoVamos2018.pdf>
- Jain, A. K., Mao, J., & Mohiuddin, K. M. (1996). Artificial neural networks: A tutorial. *Computer*, 29(3), 31–44. <https://doi.org/10.1109/2.485891>
- Javid, R. J., & Nejat, A. (2017). A comprehensive model of regional electric vehicle adoption and penetration. *Transport Policy*, 54(October 2016), 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.11.003>
- Jensen, A. F., Cherchi, E., & Mabit, S. L. (2013). On the stability of preferences and attitudes before and after experiencing an electric vehicle. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 25, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.07.006>
- Ke, L., Xiaoliu, S., Zhongfu, T., & Wenyan, G. (2012). Grey Clustering Analysis Method for Overseas Energy Project Investment Risk Decision. *Systems Engineering Procedia*, 3(2011), 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.sepro.2011.11.008>
- Kester, J., Noel, L., Zarazua de Rubens, G., & Sovacool, B. K. (2018). Promoting Vehicle to Grid (V2G) in the Nordic region: Expert advice on policy mechanisms for accelerated diffusion. *Energy Policy*, 116(February), 422–432. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.02.024>
- Khashman, A., Khashman, Z., & Mammadli, S. (2016). Arbitration of Turkish Agricultural Policy Impact on CO2 Emission Levels Using Neural Networks. *Procedia Computer Science*, 102(August), 583–587. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.446>
- Knez, M. (2017). Sustainable transport, electric vehicle promotional policies, and factors influencing the purchasing decisions of electric vehicles: A case of Slovenia. En *Electric Vehicles: Prospects and Challenges*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803021-9.00006-9>
- Korotayev, A., Bilyuga, S., Belalov, I., & Goldstone, J. (2018). Oil prices, socio-political destabilization risks, and future energy technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, 128(May), 304–310. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.06.004>
- Kumar, S. (2016). Assessment of renewables for energy security and carbon mitigation in Southeast Asia: The case of Indonesia and Thailand. *Applied Energy*, 163, 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.11.019>
- Kuroiwa, J. M. (2009). Recursos Hidráulicos En El Perú: Una Visión Estratégica. *Laboratorio Nacional de Hidraulica*, 1–24. Recuperado de http://181.177.232.117/anc_j28.1/images/stories/agua/recursoshidraulicosjuliokuroiwa.pdf
- Kushnir, D., & Sandén, B. A. (2011). Multi-level energy analysis of emerging technologies: A case study in new materials for lithium ion batteries. *Journal of Cleaner Production*, 19(13), 1405–1416. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.05.006>

- Kusumadewi, T. V., Winyuchakrit, P., Misila, P., & Limmeechokchai, B. (2017). GHG Mitigation in Power Sector: Analyzes of Renewable Energy Potential for Thailand's NDC Roadmap in 2030. *Energy Procedia*, 138, 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.054>
- Langbroek, J. H. M., Franklin, J. P., & Susilo, Y. O. (2016). The effect of policy incentives on electric vehicle adoption. *Energy Policy*, 94, 94–103. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.050>
- Lee, H. S., Won, J. P., Lim, T. K., Jeon, H. B., Cho, K. C., Park, Y. C., & Kim, Y. C. (2017). Experimental Study on Performance Characteristics of the Triple Fluids Heat Exchanger with Two Kinds of Coolants in Electric-driven Air Conditioning System for Fuel Cell Electric Vehicles. *Energy Procedia*, 113, 209–216. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.04.056>
- Letmathe, P., & Soares, M. (2017). A consumer-oriented total cost of ownership model for different vehicle types in Germany. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 57(2017), 314–335. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.09.007>
- Lévay, P. Z. (2017). The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership. *Energy Policy*, 105(February), 524–533. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.02.054>
- Li, C., Chen, K., & Xiang, X. (2015). An integrated framework for effective safety management evaluation: Application of an improved grey clustering measurement. *Expert Systems with Applications*, 42(13), 5541–5553. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.02.053>
- Li, W., Long, R., Chen, H., & Geng, J. (2017). A review of factors influencing consumer intentions to adopt battery electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78(December 2016), 318–328. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.076>
- Li, Y., Niu, Y., Wang, W., & Li, B. (2017). Grey-incidence clustering decision-making method with three-parameter interval grey number based on regret theory. *2017 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services, GSIS 2017*, (122400450013), 211–218. <https://doi.org/10.1109/GSIS.2017.8077706>
- Liao, N., & He, Y. (2018). Exploring the effects of influencing factors on energy efficiency in industrial sector using cluster analysis and panel regression model. *Energy*, 158, 782–795. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.049>
- Lieven, T., Mühlmeier, S., Henkel, S., & Waller, J. F. (2011). Who will buy electric cars? An empirical study in Germany. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(3), 236–243. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.12.001>
- Liu Sifeng., L. Y. (2010). *Introduction to Grey Systems Theory*. In: *Grey Systems. Understanding Complex Systems*, vol 68. (H. Springer, Berlin, Ed.). https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-16158-2_1
- Liu, W., Wu, C., Chang, X., Chen, Y., & Liu, S. (2017). Evaluating remanufacturing industry of China using an improved grey fixed weight clustering method—a case of

- Jiangsu Province. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2006–2020.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.083>
- Liu, W., Zhang, J., Jin, M., Liu, S., Chang, X., Xie, N., & Wang, Y. (2017). Key indices of the remanufacturing industry in China using a combined method of grey incidence analysis and grey clustering. *Journal of Cleaner Production*, 168, 1348–1357. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.078>
- Luo, D., Ye, L., & Sun, D. (2020). Risk evaluation of agricultural drought disaster using a grey cloud clustering model in Henan province, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 49(June), 101759.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101759>
- Lv, C., Wu, Z., Liu, Z., & Shi, L. (2017). The multi-level comprehensive safety evaluation for chemical production instalment based on the method that combines grey-clustering and EAHP. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 21, 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.11.015>
- Maduekwe, M., Akpan, U., & Isihak, S. (2020). Road transport energy consumption and vehicular emissions in Lagos, Nigeria: An application of the LEAP model. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 6, 100172.
<https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100172>
- Maruyama, T., Division, A., & Bureau, M. I. (2014). *Japan 's Initiatives for the diffusion of Next-Generation Vehicles Tomohisa Maruyama , Deputy Director Automobile Division , Manufacturing Industries Bureau , METI Diffusion Targets for Next-Generation Vehicles.*
- McAndrews, C., & Deakin, E. (2018). Public health sector influence in transportation decision-making: The case of health impact assessment. *Case Studies on Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2018.02.002>
- McPherson, M., & Karney, B. (2014). Long-term scenario alternatives and their implications: LEAP model application of Panama's electricity sector. *Energy Policy*, 68, 146–157. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.028>
- Melliger, M. A., van Vliet, O. P. R., & Liimatainen, H. (2018). Anxiety vs reality – Sufficiency of battery electric vehicle range in Switzerland and Finland. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 65, 101–115.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.08.011>
- Mersky, A. C., Sprei, F., Samaras, C., & Qian, Z. S. (2016). Effectiveness of incentives on electric vehicle adoption in Norway. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 46, 56–68. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.03.011>
- Meza-segura, J., & Luyo-kuong, J. (2020). *PERÚ RESIDENTIAL DEMAND FORECASTING METHODOLOGY FOR LONG- TERM ENERGY PLANNING IN PERU*. 30(December).
- MINAM. (2016). INGEI 2016: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2016 y actualización de las estimaciones de los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014. *Normativa*, Normativa. Recuperado de <http://www.ambiente.gob.ec/el-ministerio/>

- MINEM. (2016). *Balance Nacional de Energía 2016*. 141. Recuperado de <http://www.mimem.gob.pe>
- MINEM. (2018a). *Balance Nacional de Energía 2018*. 1–208. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/RM149-2020-MINEM-DM_Aprobaci3nBNE2018_04_06_2020.PDF
- MINEM, M. de E. y M. (2013). *Balance Nacional de Energía 2013*.
- MINEM, M. de E. y M. (2017). *Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético, SECTOR TRANSPORTE* (Vol. 2).
- MINEM, M. de E. y M. (2018b). MAPA HIDROELECTRICO. Recuperado de http://mapas.minem.gob.pe/MAP_HIDROELECTRICO/
- MINEN. (2016). *Atlas eólico del Perú*. 262. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/publicaciones/Atlas_Eolico_Final.pdf
- Ministerio de Energía y Minas [MINEM]. (2012). *Plan Maestro Para El Desarrollo De La Energía Geotérmica En El Perú*. 85. Recuperado de http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/12048567.pdf
- Mirjat, N. H., Uqaili, M. A., Harijan, K., Walasai, G. Das, Mondal, M. A. H., & Sahin, H. (2018). Long-term electricity demand forecast and supply side scenarios for Pakistan (2015–2050): A LEAP model application for policy analysis. *Energy*, *165*, 512–526. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.10.012>
- Mohamed, M., Higgins, C. D., Ferguson, M., & Réquia, W. J. (2018). The influence of vehicle body type in shaping behavioural intention to acquire electric vehicles: A multi-group structural equation approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *116*(May), 54–72. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.05.011>
- Mondal, M. A. H., Boie, W., & Denich, M. (2010). Future demand scenarios of Bangladesh power sector. *Energy Policy*, *38*(11), 7416–7426. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.017>
- Münzel, C., Plötz, P., Sprei, F., & Gnann, T. (2019). How large is the effect of financial incentives on electric vehicle sales? – A global review and European analysis. *Energy Economics*, *84*(xxxx), 104493. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104493>
- Nayum, A., Klöckner, C. A., & Mehmetoglu, M. (2016). Comparison of socio-psychological characteristics of conventional and battery electric car buyers. *Travel Behaviour and Society*, *3*, 8–20. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2015.03.005>
- Nesterova, N., Quak, H., Balm, S., Roche-Cerasi, I., & Tretvik, T. (2013). *Project FREVUE deliverable D1. 3: State of the art of the electric freight vehicles implementation in city logistics*. *19*(5).
- Nian, V., M.P., H., & Yuan, J. (2017). The prospects of electric vehicles in cities without policy support. *Energy Procedia*, *143*, 33–38. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.644>

- Nieves, J. A., Aristizábal, A. J., Dyner, I., Báez, O., & Ospina, D. H. (2019). Energy demand and greenhouse gas emissions analysis in Colombia: A LEAP model application. *Energy*, *169*, 380–397. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.051>
- Noel, L., Zarazua de Rubens, G., Kester, J., & Sovacool, B. K. (2020). Understanding the socio-technical nexus of Nordic electric vehicle (EV) barriers: A qualitative discussion of range, price, charging and knowledge. *Energy Policy*, *138*(October 2019), 111292. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111292>
- Nojedehi, P., Heidari, M., Ataei, A., Nedaei, M., & Kurdestani, E. (2016). Environmental assessment of energy production from landfill gas plants by using Long-range Energy Alternative Planning (LEAP) and IPCC methane estimation methods: A case study of Tehran. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *16*(2016), 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2016.04.001>
- Nyasulu, M. K. (2018). *Scenario Evaluation of Malawi Energy Policy : LEAP System Modelling Projections from 2008 to 2063*. (April), 1–62. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10694.11842>
- Nykvist, B., Sprei, F., & Nilsson, M. (2019). Assessing the progress toward lower priced long range battery electric vehicles. *Energy Policy*, *124*(September 2017), 144–155. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.09.035>
- O'Neill, E., Moore, D., Kelleher, L., & Brereton, F. (2019). Barriers to electric vehicle uptake in Ireland: Perspectives of car-dealers and policy-makers. *Case Studies on Transport Policy*, *7*(1), 118–127. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2018.12.005>
- Offer, G. J., Howey, D., Contestabile, M., Clague, R., & Brandon, N. P. (2010). Comparative analysis of battery electric, hydrogen fuel cell and hybrid vehicles in a future sustainable road transport system. *Energy Policy*, *38*(1), 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.040>
- Ordóñez Chillogalli, W. J. (2019). *Estudio de las barreras que impiden la Introducción del Vehículo Eléctrico en la flota de taxis en la ciudad e Cuenca* (Universidad Politécnica Salesiana), Ecuador). Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7986/1/UPS-CT004855.pdf>
- Orecchini, F., Santiangeli, A., & Dell-Era, A. (2014). EVs and HEVs Using Lithium-Ion Batteries. En *Lithium-Ion Batteries: Advances and Applications*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59513-3.00010-8>
- Osinermin. (2014). *El Sector Transporte Terrestre, el Uso de la Energía y sus Impactos en el Cambio Climático*.
- OSINERGMIN. (2016). La industria de la electricidad en el Perú. En *Perú fuente de energía natural*. Recuperado de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf
- OSINERGMIN. (2019). tarifa eléctricas residenciales en Latino América-4to trimestre 2018. Recuperado el 22 de agosto de 2019, de <https://observatorio.osinergmin.gob.pe/tarifas-electricas-residenciales-latinoamerica>

- Quedraogo, N. S. (2017). Africa energy future: Alternative scenarios and their implications for sustainable development strategies. *Energy Policy*, 106(February), 457–471. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.021>
- Palmer, K. (2018). Total cost of ownership and market share for hybrid and electric vehicles in the UK, US and Japan. *Applied Energy*, 209(October 2017), 108–119. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.089>
- Pan, G., Xu, Y., Yu, Z., Song, S., & Zhang, Y. (2015). Analysis of river health variation under the background of urbanization based on entropy weight and matter-element model: A case study in Huzhou City in the Yangtze River Delta, China. *Environmental Research*, 139, 31–35. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.02.013>
- Pan, L. J., Xie, Y. B., & Li, W. (2013). An Analysis of Emission Reduction of Chief Air Pollutants and Greenhouse Gases in Beijing based on the LEAP Model. *Procedia Environmental Sciences*, 18(X), 347–352. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.04.045>
- Pasaoglu, G., Honselaar, M., & Thiel, C. (2012). Potential vehicle fleet CO2 reductions and cost implications for various vehicle technology deployment scenarios in Europe. *Energy Policy*, 40(1), 404–421. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.10.025>
- Pelletier, S., Viswanath, P., & Mathew, M. (2014). *Goods Distribution with Electric Vehicles : Review and Research Perspectives Goods Distribution with Electric Vehicles : Review and Research Perspectives*. (September), 1–9. Recuperado de <https://www.cirreлт.ca/DocumentsTravail/CIRRELT-2014-44.pdf>
- Plötz, P., Schneider, U., Globisch, J., & Dütschke, E. (2014). Who will buy electric vehicles? Identifying early adopters in Germany. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 67, 96–109. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.06.006>
- Poullikkas, A. (2015). Sustainable options for electric vehicle technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1277–1287. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.016>
- Qiao, H., Wen, S., Wu, L., & Zeng, B. (2022). Research on wind power project investment risk evaluation based on fuzzy-gray clustering trigonometric function. *Energy Reports*, 8, 1191–1199. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.02.222>
- Quak, H., Nesterova, N., & Van Rooijen, T. (2016). Possibilities and Barriers for Using Electric-powered Vehicles in City Logistics Practice. *Transportation Research Procedia*, 12(June 2015), 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.055>
- Quiroga, D., Sauma, E., & Pozo, D. (2019). Power system expansion planning under global and local emission mitigation policies. *Applied Energy*, 239(March 2018), 1250–1264. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.02.001>
- Quiros-Tortos, J., Victor-Gallardo, L., & Ochoa, L. (2019). Electric Vehicles in Latin America: Slowly but Surely Toward a Clean Transport. *IEEE Electrification Magazine*, 7(2), 22–32. <https://doi.org/10.1109/MELE.2019.2908791>
- Rahman, M. M., Paatero, J. V., Lahdelma, R., & Wahid, M. A. (2016). Multicriteria-based decision aiding technique for assessing energy policy elements-

- demonstration to a case in Bangladesh. *Applied Energy*, 164, 237–244.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.11.091>
- Rainham, D. G. C., & Smoyer-Tomic, K. E. (2003). The role of air pollution in the relationship between a heat stress index and human mortality in Toronto. *Environmental Research*, 93(1), 9–19. [https://doi.org/10.1016/S0013-9351\(03\)00060-4](https://doi.org/10.1016/S0013-9351(03)00060-4)
- Raslavičius, L., Azzopardi, B., Keršys, A., Starevičius, M., Bazaras, Ž., & Makaras, R. (2015). Electric vehicles challenges and opportunities: Lithuanian review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 786–800.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.076>
- Restrepo, J., Rosero, J., & Tellez, S. (2014). Performance testing of electric vehicles on operating conditions in Bogotá DC, Colombia. *2014 IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, PES T and D-LA 2014 - Conference Proceedings, 2014-October*. <https://doi.org/10.1109/TDC-LA.2014.6955276>
- Rezvani, Z., Jansson, J., & Bodin, J. (2015). Advances in consumer electric vehicle adoption research: A review and research agenda. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 34, 122–136.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.10.010>
- Rivera-González, L., Bolonio, D., Mazadiego, L. F., & Valencia-Chapi, R. (2019). Long-term electricity supply and demand forecast (2018-2040): A LEAP model application towards a sustainable power generation system in Ecuador. *Sustainability (Switzerland)*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/su11195316>
- RPPNoticias. (2019). INNOVACIONES Nuevo auto eléctrico de Nissan permitiría ir de Lima a Ica con una sola carga. Recuperado el 30 de agosto de 2019, de <https://rpp.pe/tecnologia/innovaciones/ces-2019-nuevo-auto-electrico-de-nissan-permitira-ir-de-lima-a-ica-con-una-sola-carga-noticia-1174315>
- Sacasqui, M., Luyo, J., & Delgado, A. (2018). A Unified Index for Power Quality Assessment in Distributed Generation Systems Using Grey Clustering and Entropy Weight. *2018 IEEE ANDESCON, ANDESCON 2018 - Conference Proceedings*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ANDESCON.2018.8564631>
- Sadri, A., Ardehali, M. M., & Amirnekoeei, K. (2014). General procedure for long-term energy-environmental planning for transportation sector of developing countries with limited data based on LEAP (long-range energy alternative planning) and EnergyPLAN. *Energy*, 77, 831–843. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.09.067>
- Safari, M. (2018). Battery electric vehicles: Looking behind to move forward. *Energy Policy*, 115(December 2017), 54–65. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.12.053>
- Sang, Y. N., & Bekhet, H. A. (2015). Modelling electric vehicle usage intentions: An empirical study in Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 92, 75–83.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.045>
- Sauer, I. L., Escobar, J. F., Da Silva, M. F. P., Meza, C. G., Centurion, C., & Goldemberg, J. (2015). Bolivia and Paraguay: A beacon for sustainable electric mobility? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 910–925.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.038>

- Senshaw, D. A. (2014). *Modeling and Analysis of Long-Term Energy Scenarios for Sustainable Strategies of Ethiopia*.
- Shabbir, R., & Ahmad, S. S. (2010). Monitoring urban transport air pollution and energy demand in Rawalpindi and Islamabad using leap model. *Energy*, 35(5), 2323–2332. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.02.025>
- Shahin, M., & Elchalakani, M. (2008). Neural networks for modelling ultimate pure bending of steel circular tubes. *Journal of Constructional Steel Research*, 64(6), 624–633. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2007.12.001>
- Shannon, C.E., Weaver, W. (1948). The Mathematical Theory of Communication. *The University of Illinois Press, Urbana.*, 27(1), 212–214.
- She, Z. Y., Qing Sun, Ma, J. J., & Xie, B. C. (2017). What are the barriers to widespread adoption of battery electric vehicles? A survey of public perception in Tianjin, China. *Transport Policy*, 56(February), 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.03.001>
- Sierzchula, W., Bakker, S., Maat, K., & Van Wee, B. (2014). The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. *Energy Policy*, 68, 183–194. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.043>
- Silvia, C., & Krause, R. M. (2016). Assessing the impact of policy interventions on the adoption of plug-in electric vehicles: An agent-based model. *Energy Policy*, 96, 105–118. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.05.039>
- Simsek, Y., Sahin, H., Lorca, Á., Santika, W. G., Urmee, T., & Escobar, R. (2020). Comparison of energy scenario alternatives for Chile: Towards low-carbon energy transition by 2030. *Energy*, 206, 118021. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118021>
- Skippon, S. M., Kinnear, N., Lloyd, L., & Stannard, J. (2016). How experience of use influences mass-market drivers' willingness to consider a battery electric vehicle: A randomised controlled trial. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 92, 26–42. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.06.034>
- Song, H. J., Lee, S., Maken, S., Ahn, S. W., Park, J. W., Min, B., & Koh, W. (2007). Environmental and economic assessment of the chemical absorption process in Korea using the LEAP model. *Energy Policy*, 35(10), 5109–5116. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.05.004>
- Song, M., Zhu, Q., Peng, J., & Santibanez Gonzalez, E. D. R. (2017). Improving the evaluation of cross efficiencies: A method based on Shannon entropy weight. *Computers and Industrial Engineering*, 112, 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.07.023>
- SOU. (2013). Fossilfrihet på väg. En Statens Offentliga Utredningar 2013-84.
- Sovacool, B. K., Kester, J., Noel, L., & de Rubens, G. Z. (2018). The demographics of decarbonizing transport: The influence of gender, education, occupation, age, and household size on electric mobility preferences in the Nordic region. *Global*

- Environmental Change*, 52(June), 86–100.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.06.008>
- Srivastav, R. K., & Simonovic, S. P. (2014). An analytical procedure for multi-site, multi-season streamflow generation using maximum entropy bootstrapping. *Environmental Modelling and Software*, 59, 59–75.
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.05.005>
- Statista. (2020). Evolución anual del precio medio del petróleo crudo fijado por la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) de 1960 a 2019. Recuperado el 30 de diciembre de 2019, de <https://es.statista.com/estadisticas/635114/precio-medio-del-crudo-fijado-por-la-opep/>
- Steinhilber, S., Wells, P., & Thankappan, S. (2013). Socio-technical inertia: Understanding the barriers to electric vehicles. *Energy Policy*, 60, 531–539.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.04.076>
- Stokes, L. C., & Breetz, H. L. (2018). Politics in the U.S. energy transition: Case studies of solar, wind, biofuels and electric vehicles policy. *Energy Policy*, 113(July 2017), 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.057>
- Sun, X. H., Yamamoto, T., & Morikawa, T. (2016). Fast-charging station choice behavior among battery electric vehicle users. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 46, 26–39. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.03.008>
- Tal, G., & Nicholas, M. (2016). Exploring the Impact of the Federal Tax Credit on the Plug-In Vehicle Market. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2572(2572), 95–102.
<https://doi.org/10.3141/2572-11>
- Tang, B., Wong, S., & Lau, M. C. (2008). *Social impact assessment and public participation in China : A case study of land requisition in Guangzhou*. 28, 57–72.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2007.03.004>
- Tecnologia21.com. (2012). Perú: Primer auto 100% eléctrico i-MiEV. Recuperado el 16 de junio de 2019, de <https://tecnologia21.com/peru-auto-100-electrico-imiev>
- Temino-Boes, R., Romero-Lopez, R., Ibarra-Zavaleta, S. P., & Romero, I. (2020). Using grey clustering to evaluate nitrogen pollution in estuaries with limited data. *Science of the Total Environment*, 722, 137964.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137964>
- Tessa, T. (2014). A Comparative Analysis of European examples of Freight Electric Vehicles Schemes for Freight Electric Vehicles. *Nrl.Northumbria.Ac.Uk*.
<https://doi.org/10.1108/17410391111097438>
- Tomaszewska, A., Chu, Z., Feng, X., O’Kane, S., Liu, X., Chen, J., ... Wu, B. (2019). Lithium-ion battery fast charging: A review. *eTransportation*, 1, 100011.
<https://doi.org/10.1016/j.etrans.2019.100011>
- Toshizaemom Noce. (2009). *Estudo do funcionamento de veículos elétricos e contribuições ao seu aperfeiçoamento*. PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS, BRASIL.

- U.S. Department of energy. (2020). Timeline: History of the Electric Car.
- UNESCO. (2006). *Water a Shared Responsibility. Published jointly by the UNESCO/Berghahn Books, Paris.* Paris.
- van Velzen, A., Annema, J. A., van de Kaa, G., & van Wee, B. (2019). Proposing a more comprehensive future total cost of ownership estimation framework for electric vehicles. *Energy Policy*, *129*(September 2017), 1034–1046. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.02.071>
- Van Vliet, O., Brouwer, A. S., Kuramochi, T., Van Den Broek, M., & Faaij, A. (2011). Energy use, cost and CO2 emissions of electric cars. *Journal of Power Sources*, *196*(4), 2298–2310. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2010.09.119>
- Vassileva, I., & Campillo, J. (2017). Adoption barriers for electric vehicles: Experiences from early adopters in Sweden. *Energy*, *120*, 632–641. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.119>
- Wang, C., & Daziano, R. A. (2015). On the problem of measuring discount rates in intertemporal transportation choices. *Transportation*, *42*(6), 1019–1038. <https://doi.org/10.1007/s11116-015-9653-7>
- Weil, M., & Ziemann, S. (2014). Recycling of Traction Batteries as a Challenge and Chance for Future Lithium Availability. En *Lithium-Ion Batteries: Advances and Applications*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59513-3.00022-4>
- Wenbo Li, Long, R., & Hong, C. (2016). Consumers' evaluation of national new energy vehicle policy in China: An analysis based on a four paradigm model. *Energy Policy*, *99*, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.050>
- Whitehead, J., Franklin, J. P., & Washington, S. (2014). The impact of a congestion pricing exemption on the demand for new energy efficient vehicles in Stockholm. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *70*, 24–40. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.09.013>
- Wikström, M. (2015). *Electric vehicles in action* ([en linea]. Doctoral thesis. KTH - Royal Institute of Technology School. Stockholm, Sweden. 03/08/2020). <https://doi.org/http://www.ehcar.net/library/these/these052.pdf>
- Wikström, M., Hansson, L., & Alvfors, P. (2014). Socio-technical experiences from electric vehicle utilisation in commercial fleets. *Applied Energy*, *123*, 82–93. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.02.051>
- Windisch, E. (2014). *Driving electric ? A financial analysis of electric vehicle policies in France To cite this version : HAL Id : tel-00957749 Université Paris-Est Thèse de doctorat Spécialité Transport Driving electric ? A financial assessment of electric vehicle policies .*
- Wolbertus, R., Kroesen, M., van den Hoed, R., & Chorus, C. G. (2018). Policy effects on charging behaviour of electric vehicle owners and on purchase intentions of prospective owners: Natural and stated choice experiments. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *62*, 283–297. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.03.012>

- Wu, G., Inderbitzin, A., & Bening, C. (2015). Total cost of ownership of electric vehicles compared to conventional vehicles: A probabilistic analysis and projection across market segments. *Energy Policy*, *80*, 196–214. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.02.004>
- Xiao, Q., He, R., Ma, C., & Zhang, W. (2019). Evaluation of urban taxi-carpooling matching schemes based on entropy weight fuzzy matter-element. *Applied Soft Computing Journal*, *81*, 105493. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105493>
- Xiong, W., & Hu, L. (2021). Evaluation Method for Energy Saving Effect of Passive Ultra Low Energy Consumption Buildings based on Fuzzy Grey Clustering Method. *Microprocessors and Microsystems*, 104097. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2021.104097>
- Yong, T., & Park, C. (2017). A qualitative comparative analysis on factors affecting the deployment of electric vehicles. *Energy Procedia*, *128*, 497–503. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.066>
- Yoshino, A. (2014). Development of the Lithium-Ion Battery and Recent Technological Trends. En *Lithium-Ion Batteries: Advances and Applications*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59513-3.00001-7>
- Yue, C. (2017). Entropy-based weights on decision makers in group decision-making setting with hybrid preference representations. *Applied Soft Computing Journal*, *60*, 737–749. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.07.033>
- Zarazua de Rubens, G., Noel, L., Kester, J., & Sovacool, B. K. (2020). The market case for electric mobility: Investigating electric vehicle business models for mass adoption. *Energy*, *194*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116841>
- Zhang, X., Xie, J., Rao, R., & Liang, Y. (2014). Policy incentives for the adoption of electric vehicles across countries. *Sustainability (Switzerland)*, *6*(11), 8056–8078. <https://doi.org/10.3390/su6118056>
- Zhang, Y., Yu, Y., & Zou, B. (2011). Analyzing public awareness and acceptance of alternative fuel vehicles in China: The case of EV. *Energy Policy*, *39*(11), 7015–7024. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.07.055>