

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



Efecto de la sustitución de vehículos convencionales por autos eléctricos BEV en el consumo de energía primaria.

**Tesis para obtener el Título Profesional de
Ingeniero en Energía**

Autor :
Bach. Zavaleta Mostacero, Emersson Yeein

Asesor :
Mg. Guevara Chinchayan, Robert Fabian
DNI 32788460
Código ORCID: 0000-0002-3579-3771

Nuevo Chimbote-Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente Tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D: N°580-2022-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero en
Energía

Efecto de la sustitución de vehículos convencionales por autos eléctricos BEV
en el consumo de energía primaria

Autor

Bach. Zavaleta Mostacero, Emersson Yeein

Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan
Asesor

DNI 32788460

Código ORCID: 0000-0002-3579-3771



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA E.P. INGENIERÍA EN ENERGÍA

ACTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente jurado evaluador da la conformidad del presente informe, desarrollado en el cumplimiento del objetivo propuesto y presentado conforme al reglamento General para obtener el grado Académico de Bachiller y Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D N° 580-2022-CU-R-UNS); titulado:

“Efecto de la sustitución de vehículos convencionales por autos eléctricos BEV en el consumo de energía primaria”

Autor:

Bach. Zavaleta Mostacero, Emersson Yeein

Revisado y evaluado por el siguiente Jurado Evaluador.


.....
Dr. Castillo Ventura, José
Presidente
DNI 32781530
Código ORCID: 0000-0002-0905-3024


.....
Mg. Guevara Chinchayán, Robert Fabian
DNI 32788460
Código ORCID: 0000-0002- 3579-3771


.....
Dr. Aranguri Cayetano, Denis Javier
DNI 42009679
Código ORCID: 0000-0002-6119-2072



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los 13 día del mes de diciembre del año dos mil veintitrés, siendo las once de la mañana, se reunieron en el aula E3 de la EPIE, el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 146-2023-UNS-CFI de fecha 03.03.2023, integrado por los siguientes docentes:

- Mg. José Luis Castillo Ventura Presidente
- Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano Secretario
- Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayan Integrante

Y según la Resolución Decanal N° 580-2023-UNS-FI, se declara expedito al bachiller para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: **"EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE VEHÍCULOS CONVENCIONALES POR AUTOS ELÉCTRICOS BEV EN EL CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA"** elaborado por el Bachiller de Ingeniería en Energía: **EMERSSON YEEIN ZA VALETA MOSTACERO** con código de matrícula N° 0200711005, teniendo como asesor al docente **Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayan**, según Resolución Decanal N° 024-2022-UNS-FI de fecha 19.01.2022.

Terminada la sustentación del Bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 103° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
EMERSSON YEEIN ZA VALETA MOSTACERO	<i>Dieciseis (16)</i>	<i>REGULAR</i>

Siendo las once y cuarenta del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


Mg. José Luis Castillo Ventura
PRESIDENTE


Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano
SECRETARIO


Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayan
INTEGRANTE



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Emerson Zavaleta Mostacero
Título del ejercicio:	TESIS REVISION
Título de la entrega:	Efecto de la sustitución de vehículos convencionales por aut...
Nombre del archivo:	TESIS_ZAWALETA.pdf
Tamaño del archivo:	1.91 M
Total páginas:	126
Total de palabras:	30,079
Total de caracteres:	154,456
Fecha de entrega:	10-ene.-2024 09:53p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2268198343



Efecto de la sustitución de vehículos convencionales por autos eléctricos BEV en el consumo de energía primaria

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%	22%	1%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	kilometrosquecuentan.com Fuente de Internet	2%
4	www.energianow.com Fuente de Internet	2%
5	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	vdocuments.es Fuente de Internet	1%
8	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
9	www.redalyc.org Fuente de Internet	

DEDICATORIA

*A Dios,
Por guiar cada paso que eh dado en mi vida, por darme salud y
fortaleza para
conseguir mis objetivos y permitirme llegar a este momento tan
importante en mi vida,
porque solo tu concedes los anhelos de mi corazón.*

*A mi señora madre Betty Zulema Mostacero Gonzales y mi padre
señor Ángel Ricci Zavaleta De la Cruz que desde el cielo guía mi
camino.*

*Y que durante estos años ha sabido apoyarme, motivándome a
persistir y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional y por
cada palabra de
aliento que ayudaron a que mantuviera las ganas de esforzarme por
llegar a la meta.*

E.Y.Z.M

AGRADECIMIENTO

*Agradecimiento a la universidad nacional del
Santa y mis profesores de la Escuela de
Ingeniería en Energía
por formarnos íntegramente a
lo largo del desarrollo académico de la
carrera y de manera especial al Mg. Robert
Guevara por su importante consejería en la
elaboración de la tesis.*

E.Y.Z.M

Índice General

Índice General

Resumen

Capítulo I: Introducción	1
1.1 Realidad Problemática	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	4
1.4 Hipótesis	5
1.5 Objetivos	5
Capitulo II: Marco teórico	6
2.1 Movilidad eléctrica	6
2.2 Autos eléctricos BEV	14
2.3 Sistemas automotrices convencionales	28
2.3 Balances de energía	46
2.4 Cadena de suministro de la energía primaria	51
Capítulo III: Material y método	58
3.1 Material	58
3.2 Método	65
Capitulo IV: Resultados y discusión	70
4.1 Determinación de la eficiencia de pozo a ruedas en sistemas convencionales	70
4.2 Determinación de la eficiencia de pozo a ruedas en automóviles eléctricos	78
4.3 Benchmarking energético	83
4.4 Discusión de resultados	86
Conclusiones	88
Recomendaciones	90
Referencias bibliográficas	91
Anexos	102

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vehículo FCEV	8
Figura 2 Vehículo EVER	10
Figura 3 Vehículo HEV-Configuración en serie	11
Figura 4 Vehículo PHEV-Componentes	13
Figura 5 Vehículo BEV-Estructura	16
Figura 6 Componentes de Vehículo BEV	18
Figura 7 Configuración a y b Vehículo BEV	19
Figura 8 Configuración c y d Vehículo BEV	19
Figura 9 Configuración e y f Vehículo BEV	20
Figura 10 Evolución de baterías desde 1980- 2022	22
Figura 11 Comparativo de eficiencias de vehículos	27
Figura 13 Corrientes energéticas presentes en un vehículo convencional	29
Figura 12 Ciclo diesel real para motores con encendido por compresión	30
Figura 13 Ciclo Otto real para motores con encendido por explosión	32
Figura 14 Esquema de transmisión para un vehículo de tracción a 4 ruedas	34
Figura 15 Esquema de suministro de combustible en un vehículo convencional	36
Figura 16 Suministro de combustible en un vehículo con GLP	39
Figura 17 Suministro de combustible en un vehículo con GNV	40
Figura 18 Esquema de inyección a vehículos con gasohol	42
Figura 19 Esquema de sistema de transmisión vehículo con biodiesel	44
Figura 20 Diagrama de Sankey	47
Figura 21 Balance de energía en MCI	48
Figura 22 Cadena de suministro de energía Sistema Mayor-Perú	53
Figura 23 Gasocentro típico urbano	54
Figura 24 Fotolineras	55
Figura 25 Configuración del flujo de energía entrante y saliente en un vehículo Convencional	56
Figura 26 Configuración del flujo de energía entrante y saliente en un vehículo eléctrico BEV con suministro de energía desde un sistema interconectado	57
Figura 27 Configuración típica de un auto eléctrico BEV	57
Figura 28 Diagrama de Sankey para un m.c.i con petróleo BD5	71
Figura 29 Diagrama de Sankey para un m.c.i con gasohol de 95 octanos	73
Figura 30 Diagrama de Sankey para un m.c.i con GLP	75

Figura 31 Diagrama de Sankey para un m.c.i con GNV	77
Figura 32 Diagrama de Sankey para un BEV con suministro convencional de energía	82
Figura 33 Diagrama de Sankey para un BEV con suministro de energía con SFV	83
Figura 34 Eficiencia de pozo a rueda para sistemas analizados	84

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Consumo Energético de Vehículos Eléctricos	24
Tabla 2 Eficiencia de procesos	49
Tabla 3 Eficiencia global referencial de distintos sistemas vehiculares referenciales	50
Tabla 4 Vehículo a Gasohol de 97 Octanos	60
Tabla 5 Vehículo a GNV	60
Tabla 6 Vehículo a GLP	61
Tabla 7 Vehículo a Petróleo BD5	61
Tabla 8 Vehículo BEV	62
Tabla 9 Distribución porcentual de potencias m.c.i con petróleo BD5	71
Tabla 10 Distribución porcentual de potencias m.c.i con gasohol de 95 octanos	73
Tabla 11 Distribución porcentual de potencias m.c.i con GLP	75
Tabla 12 Distribución porcentual de potencias m.c.i con GNV	77
Tabla 13 Distribución porcentual de potencias en auto BEV con suministro convencional de energía	80
Tabla 14 Distribución porcentual de potencias en auto BEV con suministro de energía con SFV	82
Tabla 15 Comparativo entre consumo de energía primaria convencional con sistema SFV	84
Tabla 16 Comparativo entre costo de consumo de energía primaria convencional con sistema SFV	85
Tabla 17 Comparativo entre emisiones emitidas para 1000 horas de recorrido para sustitución de 1 unidad automotriz de 10 kW de potencia útil	86

RESUMEN

La transición energética implica como objetivo migrar hacia la electromovilidad, el presente informe presenta como objetivo general el estudio del efecto de la sustitución de vehículos convencionales por autos eléctricos BEV en el consumo de energía primaria aplicando balances de energía desde el punto de inicio de entrega del flujo de energía hasta el flujo de energía o potencia útil en los neumáticos de automóviles convencionales y BEV.

Se toma como base un sistema automotriz de 10 kW de potencia útil en neumáticos, obteniéndose como resultados que las eficiencias de pozo a ruedas es de 18,60%, 16,73%, 16,11% y 15,50% para sistemas vehiculares con Petróleo BD5, Gasohol de 95 Octanos, GNV y GLP, y para automóviles BEV se obtuvieron valores de 24,83% para sistemas BEV con suministro de energía eléctrica proveniente del SEIN, mientras que para sistemas BEV con suministro de SFV autónomos se obtiene una eficiencia de 16,20%. En el primer caso se requiere un consumo de 4,46 m³/h.

Para las mismas unidades de flujo de energía útil, cuando el suministro de energía es con SFV autónomos para automóviles BEV se requiere 61,70 kW (sin consumo de combustibles derivados de hidrocarburos como fuente de energía primaria) y de 40,27 kW con un flujo de combustible asociado de 4,46 m³/h de GN consumido por una central termoeléctrica que cubre la máxima demanda del sistema eléctrico.

PALABRA CLAVE: Transición energética, eficiencia de un motor, auto eléctrico.

ABSTRACT

The energy transition implies migrating towards electromobility as an objective, this report presents cogeneration as a general objective, the study of the effect of replacing conventional vehicles with BEV electric cars on primary energy consumption is presented, applying energy balances from the starting point from energy flow delivery to energy flow or useful power in conventional and BEV automobile tires.

An automotive system of 10 kW of useful power in tires is taken as a base, obtaining as results that the efficiencies from well to wheels are 18.60%, 16.73%, 16.11% and 15.50% for vehicular systems. with BD5 Oil, 95 Octane Gasohol, NGV and LPG, and for BEV automobiles, values of 24.83% were obtained for BEV systems with electrical energy supply from the SEIN, while for BEV systems with autonomous SFV supply, a efficiency of 16.20%. In the first case, a consumption of 4.46 m³/h is required.

For the same useful energy flow units, when the energy supply is with autonomous SFVs for BEV cars, 61.70 kW is required (without consumption of hydrocarbon-derived fuels as primary energy source) and 40.27 kW with a associated fuel flow of 4.46 m³/h of NG consumed by a thermoelectric plant that covers the maximum demand of the electrical system.

KEYWORD: Energy transition, motor efficiency, electric car.

Capítulo I: Introducción.

1.1 Realidad problemática.

La contaminación atmosférica representa un grave problema que se evidencia día a día, lo cual es consecuencia de las actividades realizadas por el hombre en su afán de querer avanzar por mejorar sus condiciones de vida, pero esto provoca un deterioro del medio ambiente el cual se ha hecho evidente y crítico en estos últimos 30 años. El empleo indiscriminado de los hidrocarburos (petróleo, carbón y gas natural son los principales causantes del deterioro ambiental, donde más del 60% es por parte de uso de combustibles en el sector transporte, así como en el sector industrial. Tomando en cuenta que la contaminación del medio ambiente por los vehículos automotores constituye es la principal causa de contaminación del aire es necesario reconocer la importancia y gravedad del problema y del mismo modo tomar medidas preventivas, cuyos resultados permitan la conservación de los seres vivos y de nuestro ecosistema para las generaciones futuras. El tránsito vehicular produce miles de toneladas de gases y partículas que contaminan la atmósfera.

Actualmente se está alcanzando el límite termodinámico para los rendimientos de los motores de combustión interna y los sistemas de transporte terrestre con motores convencionales. En los sistemas automotrices la eficiencia tiene un valor entre 25 a 35% para motores con aspiración natural y 40-50 % para motores turboalimentados. Con lo cual el rendimiento específico Galones/kWh ha alcanzado un valor mínimo óptimo. La eficiencia máxima alcanzable por un motor diésel, el motor alternativo más potente del mundo, un diésel naval de 109 000 HP. Posee un rendimiento tope de 51,5% pero a una velocidad límite de 100 rpm. Esto nos llega a pensar que los motores de menor volumen al tener menor masa pueden alcanzar mayores velocidades o desempeños de trabajo, tal como ocurren los autos de carrera que operan con gasohol, a los cuales se les ha practicado ciertas modificaciones para mejorar su rendimiento, pero con un mayor costo de fabricación.

Por otro lado, la eficiencia de un vehículo eléctrico, esta influenciada por el origen de la energía primaria empleada de tal forma que se encuentran suministro de energía proveniente de la red o a través de sistemas aislados con recursos energéticos renovables. Así tenemos que, para un suministro desde el SEIN, esta depende del costo de operación de una central termoeléctrica puede tener una eficiencia entre el 37% y 55%. El vehículo convencional de gasolina, con motor de combustión interna, posee

un rendimiento de 25%. Es decir de la energía calorífica aportada por el combustible sólo se obtiene en forma de energía mecánica para el accionamiento de las ruedas el 15%, desaprovechándose el 85% restante (por fricción entre elementos metálicos que conforman el motor o en la tracción o en factores termodinámicos limitadores del rendimiento en los motores con encendido por explosión) con lo cual existen factores muy particulares para poder determinar cuál de las dos tipos de tecnologías presentan un mayor consumo de energía primaria, habiendo a la fecha muchos detractores que opinan referente a la eficiencia global del vehículo eléctrico cuando la energía eléctrica de la red y cuando en punta de la demanda del sistema eléctrico se encuentran centrales termoeléctricas a carbón como sucede en Estados Unidos y China.

Se plantea el siguiente problema:

¿Cuál es el efecto de la sustitución de vehículos convencionales por autos eléctricos BEV en el consumo de energía primaria?

1.2 Antecedentes:

Se presenta las siguientes investigaciones como antecedentes de la tesis:

Acosta, A. y Carbajal, M. (2020) en su tesis “La electromovilidad y su efecto en el mercado de energía del Perú” en su tesis para optar el título de Ingeniero en Energía de la Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú concluyen que con respecto a los vehículos BEV (26) para servicio particular se presentan ahorros de energía primaria entre 8,286 galones de GLP a 31 304.3 m³ de GNV, para los 26 autos BEV operativos a la fecha, con un ahorros económico que varía entre 29.1 % a 66.3 %, con una opción tarifaria BT2. Por otro lado, para servicio público se obtiene ahorros de energía primaria entre 30,857 galones de Gasohol o 164,347.83 m³ de GNV, permitiendo ahorros económicos entre 42 % con respecto a un vehículo con GNV y de 72.4 % en comparación a un vehículo de carga liviana con Gasohol de 95 o 97 octanos.

Ayasta, C. (2018) en su tesis titulada “Análisis comparativo del rendimiento técnico y económico entre un vehículo híbrido (Prius C) y un vehículo convencional (Yaris GLi 1.5 A/T)” tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico Eléctrico en la Universidad Pedro Ruiz Gallo en Chiclayo, Perú concluye lo siguiente: El Toyota Prius C (Vehículo Híbrido) posee un rendimiento del 33.7% y en cambio el Toyota Yaris (Vehículo convencional) tiene un rendimiento de 26.9%, 6.8% más que el anterior, pero aun así no alcanza al 75 % del rendimiento promedio del vehículo eléctrico. El Toyota Prius

C (Vehículo Híbrido) posee un rendimiento específico de combustible de 1.12 gal/100km muy superior al valor de 1.60 gal/100km del Toyota Yaris (Vehículo convencional) por lo cual su autonomía por distancia, recorre más kilómetros con el mismo volumen de combustible. El Toyota Prius C (Vehículo Híbrido) tiene una gran ventaja en el torque y además una potencia máxima mayor al Toyota Yaris (Vehículo convencional), y además sus curvas de operación pueden apreciarse y ver el mejor desempeño con respecto a un vehículo convencional.

Campuzano, S. (2019) en su tesis “Comparación de parámetros de desempeño de un motor de ignición por compresión con sustitución de diésel-gas natural en condiciones ambientales de la ciudad de Bogotá” para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Libre de Colombia concluye lo siguiente: La mayor potencia desarrollada luego de realizar las pruebas con sustitución Diésel – GNV fue la de la mezcla 95 D – 5 GNV desarrollando 0,88 kW operando al 100%. Este valor de la potencia es 10,2% menor que el de la prueba con Diésel que alcanzo un valor de 0,98 kW al 100% de la carga ya que la energía entregada es directamente proporcional al consumo de combustible, debido a ello el motor pierde Potencia ya que contiene un menor % de Diésel. El rendimiento como GNV puro es de 25% mientras que con diesel puro es de 30%, con lo cual el rendimiento es cercano al 29%.

Cuno, D. (2020) en su tesis titulada “Factibilidad técnica y económica para la conversión de vehículos en la región Arequipa, consideraciones para la normalización de la movilidad eléctrica” para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Nacional de San Agustín Perú concluye lo siguiente: Un vehículo con gasohol para un recorrido de 100 km tiene un consumo de 2.8 galones con un costo de 10.64 U\$, mientras que un vehículo eléctrico para el mismo recorrido consume 15 kWh con un costo 2.46 U\$. En Arequipa existen cerca de 20 mil vehículos que operan con gasohol de 90, 95 y 97 octanos con antigüedad entre los años 1980 al 2000, los cuales se pueden reconvertir. Asimismo, el volumen en millones de toneladas/día de CO₂ se reduce en 40% dejándose de emitir 368 millones de CO₂ que generan el deterioro del medio ambiente.

Miño, F. (2016) en su tesis titulada Análisis de motores utilizados en vehículos eléctricos para obtener el título de Ingeniero Mecánico en Universidad Internacional SEK de Ecuador concluye que un motor eléctrico para aplicaciones en vehículos tiene una alta eficiencia superior a 90% , alcanzando los moteres tipo super prime en 95%,

alta densidad energética (alta capacidad de almacenamiento energético en relación a su tamaño y peso reducido), En un motor endotérmico en la combustión se produce exceso de flujo de calor que no es aprovechado, y además se requiere de muchas piezas y elementos móviles para los sistemas de transmisión de movimiento, produciéndose pérdidas por calor y fricción entre elementos metálicos. Los motores eléctricos operan a bajas revoluciones lo cual es impracticable para un m.c.i, este último en modo ralenti opera a cerca de 700 rpm.

Torres, J. (2015) en su tesis titulada “Estudio en la viabilidad de la implementación vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca” tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador tuvo los siguientes resultados: El rendimiento del vehículo eléctrico frente al convencional también apunta a que el vehículo eléctrico presenta un mejor comportamiento en la carretera como en la ciudad. Las pérdidas eléctricas son menores en los motores eléctricos básicamente en los motores en el orden de 5% y en las baterías 2 %, comparado al m.c.i cuyas pérdidas energéticas son cercanas al 70% debido principalmente a las pérdidas por calor sensible en el múltiple de escape y en el sistema de refrigeración del motor.

Zúñiga, V. (2014) en su tesis titulada “Propuesta de las características técnicas de un vehículo eléctrico para uso privado en Lima metropolitana”, para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Pontificia universidad Católica del Perú concluye lo siguiente: El rendimiento de un motor eléctrico varía entre 93 a 95%, con potencias continuas entre 30 a 60 kW y densidades de potencia entre 1,2 a 2 kW/kg. Los motores eléctricos convencionales poseen un controlador electrónico y un inversor los cuales le permiten variar la velocidad y torque del motor eléctrico. En la actualidad los vehículos eléctricos presentan 2 tipos u opciones para el sistema de transmisión mecánico con un rendimiento del 95%. Mientras que la eficiencia del motor ciclo otto es de 27% y ciclo diesel 30% sin sobrealimentación mientras que la densidad es tres veces menor el valor de un auto eléctrico. Del mismo modo el sistema global o rendimiento de un vehículo convencional hasta las ruedas alcanza valores de 15%.

1.3 Justificación.

La justificación es la siguiente;

Bajo la iniciativa de poder resolver la dependencia actual de los hidrocarburos los cuales dependen de las reservas o yacimientos en el mundo concentrados en algunos

países y asociados a un incremento constante del precio de los combustibles, por ejemplo, los conflictos políticos entre países generan desabastecimiento de gas en Europa por la crisis entre Ucrania y Rusia. En el Perú el alza del GLP es función de ciertos periodos de tiempo lo cual se encarece en su suministro.

La justificación tecnológica, el desplazamiento progresivo de los autos eléctricos convencionales y el paso a la transición energética que promueva el empleo de autos eléctricos BEV (Battery Electric Vehicle).

Justificación ambiental, demostrar que el suministro de electricidad a través de la red de suministro actual (SEIN) no conlleva a un gasto excesivo de gas natural asociada a la central térmica que cubre la demanda de energía en el Perú.

La justificación científica, es promover el uso tecnologías eficientes, en reemplazo a tecnologías convencionales con mayor efecto contaminante.

1.4 Hipótesis.

La sustitución de vehículos convencionales por autos eléctricos BEV tiene un efecto en reducir el consumo de energía primaria en 5%.

1.5 Objetivos.

Objetivo general

Estudiar el efecto de la sustitución de vehículos convencionales por autos eléctricos BEV en el consumo de energía primaria.

Objetivos específicos:

- Realizar un balance de energía en vehículos convencionales para determinar la energía primaria asociada a su consumo.
- Realizar un balance de energía en autos eléctricos BEV para determinar la energía primaria asociada a su consumo.
- Realizar un benchmarking entre tecnologías automotrices.
- Cuantificar el consumo de energía primaria sustituida por el empleo de autos eléctricos.
- Estimar el efecto de la sustitución de vehículos en las emisiones equivalentes de gases de efecto invernadero.

Capítulo II: Marco Teórico.

2.1 Movilidad Eléctrica.

2.1.1 Electromovilidad.

La Movilidad sostenible se refiere a un análisis para encontrar alternativas que permitan minimizar o evitar los efectos negativos causados por problemas medioambientales ocasionados por el uso del vehículo como medio de movilización; todo esto debido a que la mayoría de vehículos tienen como fuente principal de energía los combustibles fósiles; así como también reducir la explotación de los mismos. Por lo tanto, la electromovilidad es el medio que permite el transporte de personas o de carga y usa como medio propulsor un motor eléctrico en lugar de un motor de combustión interna. Este motor eléctrico es alimentado por una batería que le proporciona energía para su movimiento. En gran medida las personas consideran al vehículo eléctrico completamente un hecho reciente, aunque por el hecho de investigaciones y desarrollo tecnológico esto es de tiempos pasados. (Acosta y Carbajal,2021)

Conceptualmente, la electromovilidad hace referencia al uso de vehículos eléctricos, siendo entendido como aquellos que hacen uso de combustibles y/o energía alternativa impulsado por uno o más motores eléctricos. Pese a lo anterior, la electromovilidad es un concepto más amplio que incluyen una serie de tipologías: aquellos con batería eléctrica (battery-electric vehicle) o 100% eléctricos, los PHEV o híbridos enchufables (plug-in hybrid) y con celdas de combustible (fuel cell vehicles) que incluyen vehículos de dos y tres ruedas, automóviles, camionetas comerciales ligeras, autobuses, camiones y otros. En definitiva, en electromovilidad hay dos tipos de tecnología: está el auto con batería de ion-litio, y está el auto de fuel cell, donde uno genera la electricidad con el combustible que es hidrógeno, y eso permite mover el motor eléctrico. Mientras que el primero requiere una recarga eléctrica que toma varias horas, el fuel cell de hidrógeno se recarga en dos minutos y tiene una autonomía mayor al auto eléctrico. (García, 2019)

La historia de la electromovilidad tiene sus inicios durante la década de 1830, cuando Robert Anderson, el hombre de negocios escocés, diseñó un vehículo utilizando el concepto de electromovilidad. Fue en 1852 cuando se inició la producción de este tipo de vehículo a muy pequeña escala, claramente limitada por la mínima autonomía de las

baterías eléctricas de la época, debido a que hasta ese entonces no se desarrollaban aún las baterías recargables. (Julian y Otoya, 2022)

Refiriendo más específicamente a la electromovilidad como parte del transporte sostenible, las empresas privadas generadoras de energía, importantes actores en este panorama han presentado ciertos planes e incluso han puesto en funcionamiento buses como planes piloto para analizar los resultados de la eficiencia de estas unidades en el recorrido de ciertos tramos. Es el caso de Enel, con su proyecto Enel X que, por medio de su Proyecto Piloto E-bus, ha puesto en funcionamiento un bus eléctrico con una batería de rendimiento de cuatro horas cubriendo la ruta Javier Prado - Faucett con capacidad para 80 pasajeros, con la finalidad de observar, desde una perspectiva de rendimiento, el funcionamiento de este bus; y analizar, a partir de los primeros datos generados, la variación de las emisiones de gases de efecto invernadero que resultan por su operación. Por otra parte, también en algunos proyectos mineros se están utilizando vehículos de transporte tipo van movilizadas por energía eléctrica a fin de reducir aún más el impacto ambiental que genera esta industria con sus actividades regulares. Resulta relevante también señalar porcentajes de compromisos nacionales orientados al nivel de reducción de emisión de gases de efecto invernadero por parte de los países de la región. (Julian y Otoya, 2022)

El cambio en el modelo energético tradicional de energías fósiles, hacia un modelo de movilidad de medios de transporte que funcionen con energías renovables, como los autos eléctricos, supone un compromiso de los países para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, provocando una mayor demanda de insumos y materias primas provenientes de la minería no energética y metálica, para la fabricación del nuevo modelo de transporte. (Abarca, 2020)

Dentro del marco para conseguir estos objetivos, es propicio hacer una definición acerca de lo que es el transporte sostenible. El transporte sostenible busca, como principal objetivo, el transporte de personas y mercancía con un reducido costo ambiental y social a comparación del convencional, dejando de lado al petróleo como principal combustible y desplazando, en cierta medida, el uso de vehículos personales; sin embargo, para que se puedan poner en práctica el transporte sostenible, se reconoce que hacen falta cambios estructurales de diferentes niveles, los cuales van desde modificaciones en una cultura en

el manejo y forma de conducir, la dotación de infraestructura necesaria para la sostenibilidad de las carreteras y el desarrollo de tecnología vehicular que empleen energía renovable, en este caso solar fotovoltaica. (Julián y Otoyá, 2022)

2.1.2 Vehículos Eléctricos.

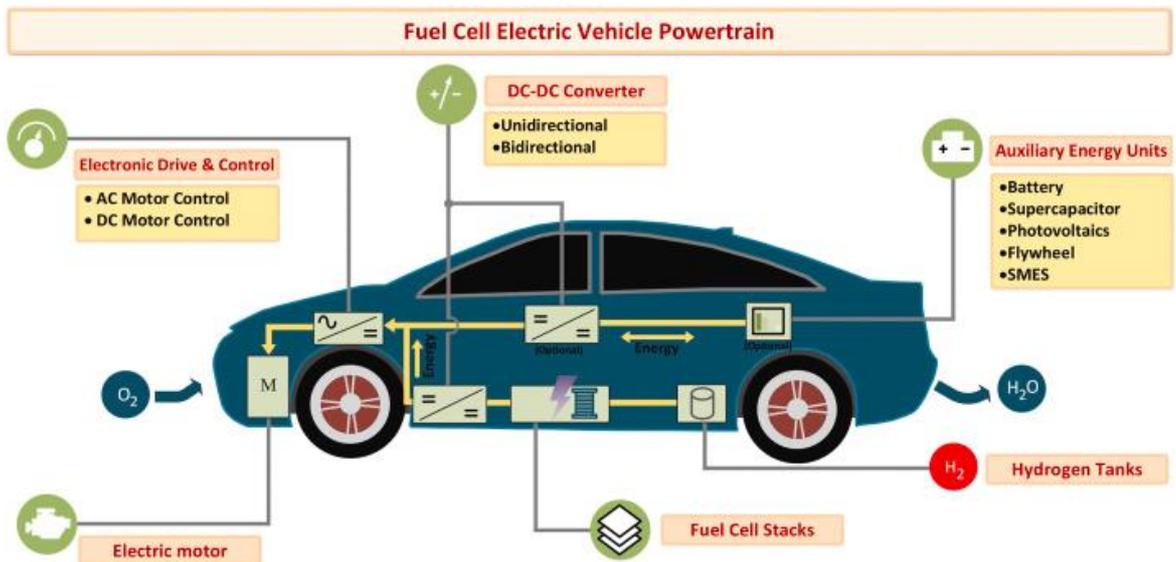
Se presenta la siguiente clasificación:

a. Vehículos eléctricos con pila de hidrógeno (FCEV)

Un vehículo de pila de combustible (FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle) es un auto eléctrico que emplea para su desplazamiento la electricidad suministrada por una pila combustible, lo cual por lo general se acopla a una pequeña batería eléctrica o un supercondensador. En este tipo de autos la energía se almacena es almacenada en forma de hidrógeno (H_2) comprimido a alta presión en un depósito ubicado dentro del vehículo. La pila de combustible permite la transformación del hidrógeno con el oxígeno presente en el aire ambiental en electricidad. (Centro Nacional del Hidrogeno, 2021)

Figura 1

Vehículo FCEV



Nota. Imagen obtenida de Mall-77 (2022)

Los FCEV se denominan también como automóviles cero emisiones y no presenta agua y vapor de agua y no se emite gases de efecto invernadero y partículas (PM10 y PM2,5). La autonomía de los FCEV es cercana a los 600 km y el tiempo de carga en un punto de

suministro de hidrogeno es de aproximadamente 5 minutos. El costo unitario del hidrógeno proveniente de RERs es entre 5-6€/kg. (Centro Nacional del Hidrogeno, 2021)

b. Vehículo eléctrico de autonomía extendida (EVER)

Un coche eléctrico de autonomía extendida es un automóvil en el que, además de las baterías que alimentan los motores eléctricos, presenta un motor de combustión que opera como grupo electrógeno para generar energía eléctrica y poder continuar su operación en los casos de tener sus baterías agotadas. (Hita, 2021)

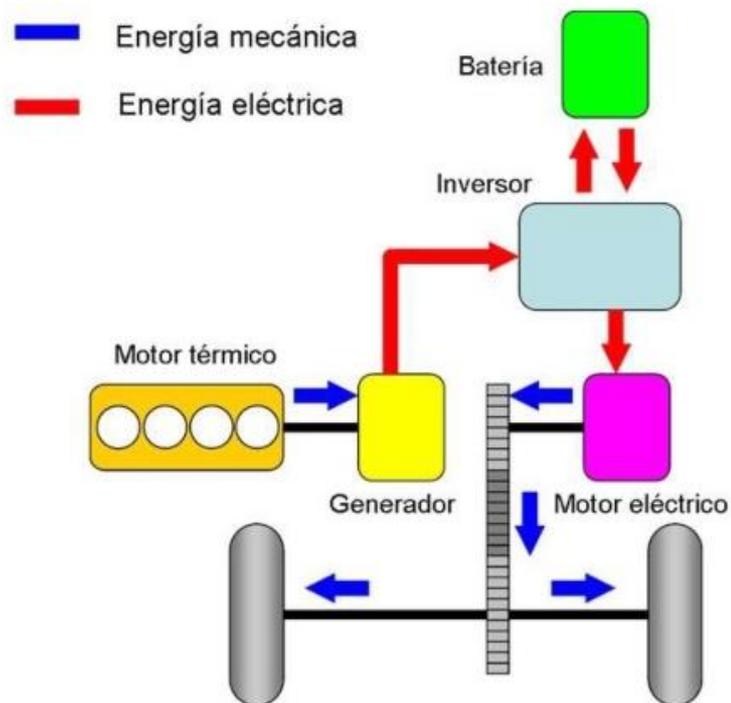
Estos vehículos tienen instalado un motor de combustión convencional, el cual no tiene la finalidad de ser el sistema propulsor del sistema de transmisión, sino cumple la función de generar energía eléctrica para cargar baterías, así como accionar un motor eléctrico de forma directa, más bien este último es el sistema propulsor del vehículo FCEV. Su arquitectura como sistema híbrido acoplado en serie, donde los componentes mci-baterías-motor eléctrico operan de tal forma de que la maquina térmica opera primero generando la energía primaria para la operación de todo el sistema en su conjunto. Todos los coches operan con un sistema de propulsión operan 100% eléctrica y solo en los casos en que el nivel de almacenamiento de la batería desciende de cierto nivel de almacenamiento, recién se pone en operación al mci. Al inicio de la operación la autonomía se incrementa de forma considerable lo cual le da la garantía de una operación a largas distancias, limitada tan solo por los actuales costos unitarios del vehículo que aún no hacen comercial su uso. (García, 2020)

Los motores empleados según su operación eléctrica como el térmico, son de diversas arquitecturas según la marca o fabricante y el segmento comercial donde se le ubique. Sus características de potencia o autonomía dependen del tipo de vehículo. En estudios realizados los motores de combustión interna tienen potencias cercanas a 40 HP para tecnologías motrices de categoría C. Dentro de los modelos futuristas a nivel comercial como el Chevrolet Volt, así también tenemos el Opel Ampera. Estos modelos tienen autonomías eléctricas que rondan los 60 kilómetros en sus modelos recientes, con configuraciones del mci de cuatro cilindros en línea y 85 HP que le permite incrementar su autonomía hasta 500 kilómetros. (García, 2020)

El principal beneficio del sistema de propulsión es que tiene un buen desempeño entre un sistema eléctrico y un sistema térmico. Su principal característica es que opera en modo 100% eléctrico, lo que permite las prestaciones de trabajo de estos vehículos y les otorga un distintivo azul de cero emisiones de reconocimiento internacional. Por su mci, le permite obtener autonomías superiores a los vehículos eléctricos puros BEV, con la capacidad añadida de poder repostar y recuperar una cantidad considerable de kilómetros para recorrer en un corto periodo de tiempo. Las emisiones de dióxido de carbono persisten en este tipo de vehículos, con valores entre 20 y un 30% inferiores a los sistemas vehiculares con mci convencionales. El consumo de energía primaria se reduce, en el caso del modelo del Nissan, con su tecnología e-Power con un rendimiento específico de 2 litros de combustible cada 100 kilómetros. (García, 2020)

Figura 2

Vehículo EVER



Nota. Imagen obtenida de García (2020)

c. Vehículo híbrido (HEV)

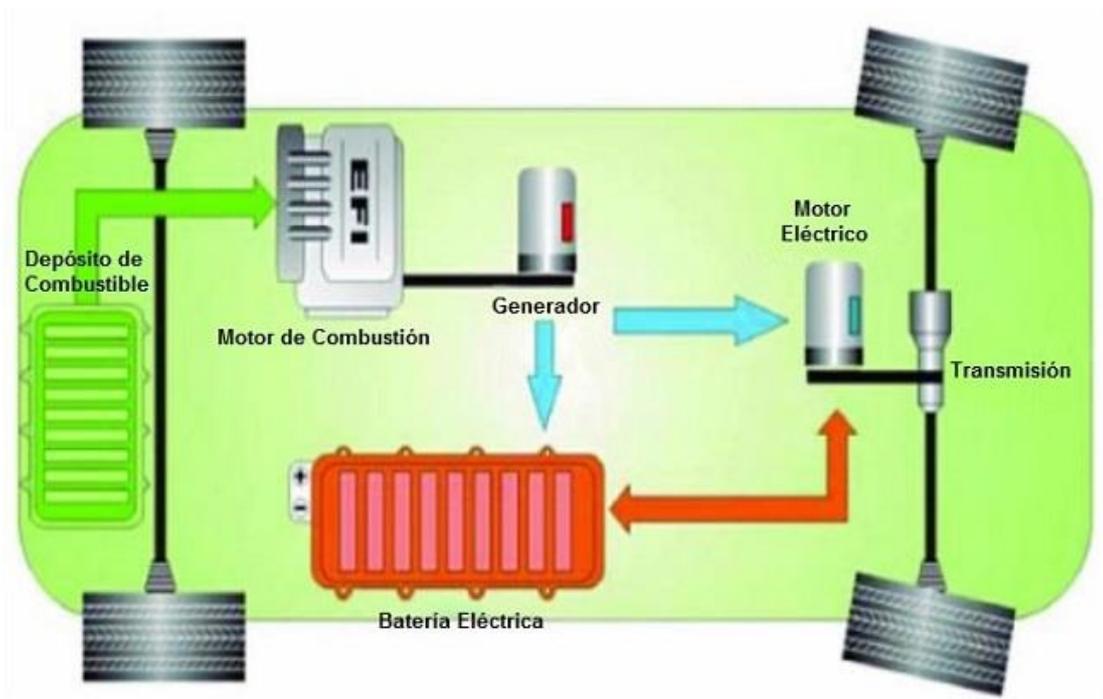
De forma similar a los vehículos híbridos livianos, su fuente de energía es a través de los combustibles y no permite la carga de la batería a través de conexiones a la red eléctrica

externa. La batería opera en ciclos de carga y descarga y no almacena energía considerablemente. La recarga se realiza según el exceso de energía generado por un mci con gasolina y a través del sistema de frenado regenerativo. El motor eléctrico de tracción se conecta como generador en periodos de frenado y los terminales de alimentación toman la figura de suministradoras de energía la cual fluye hacia una carga eléctrica; es esta carga la que genera el efecto de frenado. La tecnología del freno regenerativo provee la energía cinética para recargar las baterías todas las veces que el conductor realiza un frenado. La disminución del consumo de gasohol es entre el 25% y el 40%. Este tipo de vehículo tiene un arranque eléctrico integrado, lo que aumenta su torque de arranque y de aceleración. (Usaola,2015)

El Ford Fusión Hybrid utiliza baterías de iones de litio de 1.4kWh y recorre en modo eléctrico hasta 130 km/h, con rendimientos específicos de 19,9 km/litro y una autonomía de 3,2 km. Los vehículos híbridos con el motor eléctrico consiguen aumentar el rendimiento total del vehículo. Las desventajas están en su costo de inversión del vehículo y además no elimina la dependencia de los combustibles convencionales. (Usaola,2015)

Figura 3

Vehículo HEV-Configuración en serie



Nota. Imagen obtenida de Rodríguez (2022)

d. Vehículo híbrido enchufable (PHEV)

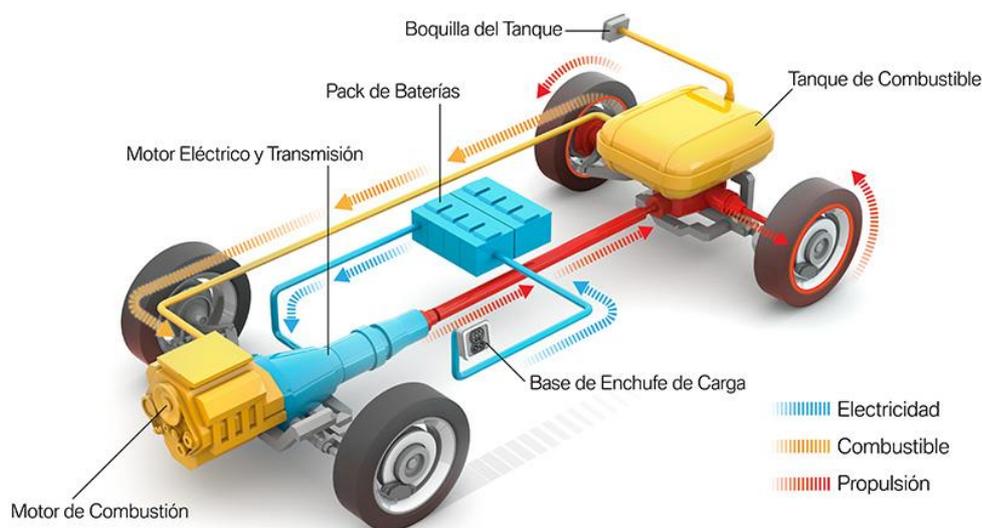
Plug-in Hybrid Electric Vehicle o vehículo híbrido enchufable. Estos vehículos PHEV son del tipo híbridos que en su arquitectura tienen un mci y un motor eléctrico para mejorar el desempeño del sistema automotriz y aprovechar eficientemente el combustible. Gracias a la combinación de dos tipos de motores, los PHEV pueden operar en modo eléctrico, reduciéndose de esta manera a cero las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) durante su operación. (Plaza, 2020)

Estos vehículos son idénticos a los vehículos híbridos eléctricos, de tal forma que pueden cargar las baterías por medio de los motores de combustión, pero a modo distinto a los HEV, en los PHEV las baterías poseen una densidad de energía alta, permitiéndoles una mayor capacidad de recorrido que los HEV. El sistema de baterías en los PHEV puede ser recargadas por el mci motor de combustión interna o al conectarse el vehículo a un punto de suministro de la red eléctrica. La energía empleada de la red eléctrica, deja de lado la energía generada por los combustibles fósiles en los sistemas de combustión; esto se presenta como una ventaja frente a los HEV ya que estos últimos requieren un MCI para poder cargar las baterías. El PHEV es un vehículo que puede utilizarse en distancias cortas de hasta 60 km de autonomía, sin ser necesario el uso del MCI, lo cual lo convierte en un Vehículo de cero emisiones. (Zuñiga, 2014)

Su principal desventaja es que la autonomía en modo eléctrico es entre 50 y 115 km, pero que es ideal para un vehículo de transporte liviano de uso particular, pero no es apropiado para el transporte público. Su principal ventaja con respecto a los vehículos eléctricos es que, cuando se agota la energía de las baterías, entra en operación el motor de combustión permitiendo el funcionamiento de los vehículos para su normal servicio. El sistema prioriza el funcionamiento del motor eléctrico que permite la autonomía del vehículo. Cuando la energía almacenada de las baterías se agota hasta el punto máximo de descarga entra en operación el motor secundario de combustión permitiendo el funcionamiento del vehículo. Un coche PHEV es del tipo híbrido operando en forma autónoma o combinada. Cuenta con un depósito de combustible, generalmente gasohol, y las baterías se pueden recargar en los puntos de recarga o electrolineras suministradas por la red externa o sistemas autónomos RERs. (Plaza, 2020)

Figura 4

Vehículo PHEV-Componentes



Nota. Imagen tomada por García (2020)

e. Vehículos microhíbridos (MHEV)

Una clasificación aparte la forma la categoría de los coches mild hybrid, microhíbridos o híbridos de 48V siendo también vehículos eléctricos de suministro de baja capacidad. Los coches mild hybrid son vehículos endotérmicos a los cuales se han adaptado un pequeño sistema de asistencia eléctrica/electrónico, a través de la adopción de un motor de arranque/generador que puede recuperar la energía que se almacena en una pequeña batería de 48 voltios. Esta energía retorna para poder apoyar en el suministro de energía al motor térmico a operar durante las fases de aceleración o se destina a suministrar el consumo eléctrico de algunos sistemas para restar esfuerzos al motor térmico, incluso pudiendo detenerlo en avance por inercia manteniéndose encendido el vehículo. Eso sí, un mild hybrid nunca puede accionarse en modo 100% eléctrico. Los mild hybrid reciben la etiqueta ECO ambiental de la Dirección General de tráfico de España y su empleo cada vez más extendido nos deja una paradoja con vehículos de altos desempeños con etiqueta eco, como el vehículo Audi RS 6 Avant la cual cuenta con un motor de modelo 4.0 con 8 cilindros en arquitectura en V, con 2 turbo de 600 HP de potencia lo cual le da un alto torque de arranque. (Hita, 2021)

Los vehículos híbridos son los que combinan el combustible convencional y las cargas eléctricas. Existen dos tipos de vehículos híbridos: uno como tal tiene motor dual que trabaja en paralelo utilizando gasolina para propulsar el motor eléctrico y diésel para el motor de combustión interna, mientras que existen también vehículos híbridos que tienen la característica adicional de poseer una batería recargable, en los que la gasolina y el diésel se encargan del motor eléctrico, y la electricidad se encarga del motor de combustión interna. De otro lado, se tienen los vehículos eléctricos no híbridos: vehículo eléctrico de batería, el cual, a través de la carga eléctrica, opera con un motor eléctrico; el vehículo eléctrico con pila de combustible que opera a motor eléctrico por medio del hidrógeno; y, finalmente, el vehículo eléctrico solar que utiliza paneles solares para movilizar su motor eléctrico. (Julian y Otoya, 2022)

2.1.3 Desempeño

El gran reto del uso de vehículos eléctricos consiste en disponer suficientes cargadores accesibles a los usuarios y desarrollar baterías de larga duración y de bajo costo. Hasta ahora las baterías más eficientes han resultado ser las de ion litio. El impresionante progreso realizado en los últimos años para mejorar el rendimiento de este tipo de batería y la reducción de costos permitió el uso de baterías de ión de litio en el sector automotriz, lo que está abriendo oportunidades para los países proveedores de minerales que se usan en la fabricación de vehículos eléctricos. (Abarca,2020)

2.2 Autos eléctricos BEV.

2.2.1 Fundamentos.

Son vehículos propulsados al 100 % por electricidad. Los BEVs no tienen un motor de combustión interna y no usan ningún tipo de combustible líquido. Los BEVs usualmente usan grandes paquetes de baterías para dar al vehículo una autonomía aceptable: un BEV típico tendrá un alcance de 160 a 250 km, aunque algunos pueden viajar hasta 400 km con una sola carga. Un ejemplo de este tipo de vehículos es el Nissan Leaf, que es 100 % eléctrico y dispone actualmente de una batería de 40 kWh, que le permite tener una autonomía cercana a los 378 km (Torres, 2018)

Para la movilidad de este tipo de auto solo se necesita la energía acumulada en las baterías que provienen de una fuente externa. El tiempo de autonomía dependerá de la capacidad

y 54 peso que tiene cada batería. A comparación de los vehículos convencionales, los vehículos eléctricos puros no requieren mucho mantenimiento ya que no necesitan cambio de aceite. Sin embargo, dependiendo de la vida útil de cada batería, este se irá reemplazando cada cierto tiempo que podría variar entre 3 a 4 años. Estos autos tienen algunas limitantes en su uso, principalmente las estaciones de carga, al menos en América Latina. Sin embargo, en el futuro próximo el empleo de estos autos traerá innumerables ventajas para la sociedad en cuanto a costos y medio ambiente, por ejemplo, son silenciosos, no necesitan mantenimiento, no genera gases de efecto invernadero, principalmente. (Huamán y Muñoz, 2022)

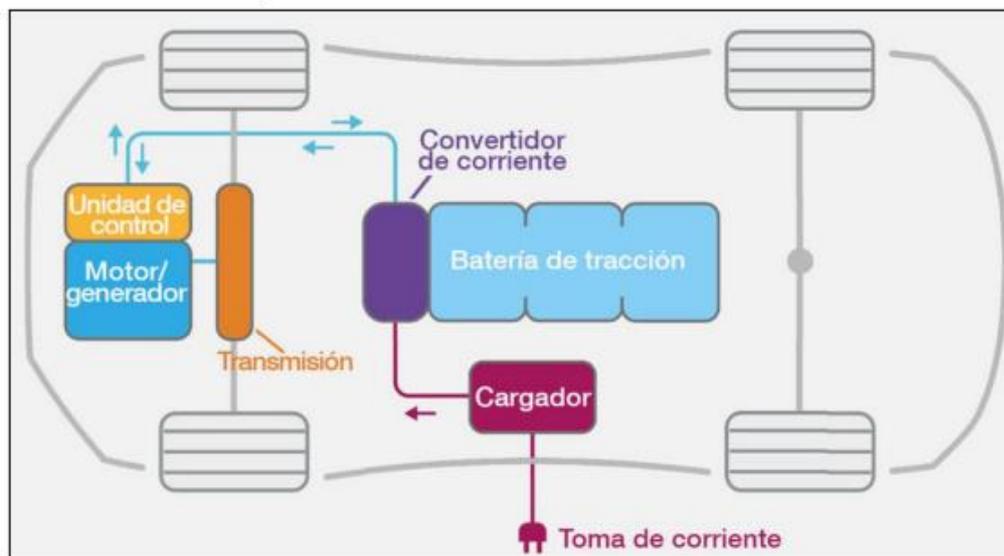
Actualmente, los vehículos eléctricos permiten una arquitectura más amplia y una mayor flexibilidad en la propulsión eléctrica, permitiendo diversos tipos de motores de inducción para ello. El tren de transmisión eléctrico moderno consta de 3 subsistemas principales: propulsión eléctrica, fuente de energía y auxiliares. El subsistema de propulsión eléctrica consta del motor eléctrico, el cual recibe energía del circuito convertidor de potencia eléctrica, este circuito recibe las señales del controlador del vehículo, el cual sería el cerebro de todo el auto. En paralelo, el motor entrega potencia mecánica al sistema de transmisión, el cual se encarga de repartirlo a las ruedas motrices. (Tarazona, 2021)

El subsistema de fuente de energía está comprendido principalmente por la fuente de energía (el cual puede ser batería, celdas de hidrogeno, etc.), esta fuente está controlada por el sistema de gestión de energía; por último, la unidad de reabastecimiento de energía se encarga de transformar la energía eléctrica de la red a una que sirva para cargar la batería, esta unidad también está controlada por el sistema de gestión de energía. Finalmente, el subsistema auxiliar está compuesto por la unidad de dirección asistida, el cual es un apoyo al conductor para reducir el esfuerzo al girar el volante; además del control del aire acondicionado. Estos dos últimos se energizan por la fuente de alimentación auxiliar. (Tarazona, 2021)

El freno y acelerador son señales de control de entrada al sistema, el controlador del vehículo se encarga de leer esas señales y mandar señales de salida al convertidor de potencia eléctrica, el cual funciona regulando el flujo de energía del motor eléctrico y de la fuente de energía. La energía eléctrica también puede ir en flujo inverso, cargando la

batería a través del frenado regenerativo, en este caso, la recuperación energética es controlada por la unidad de gestión de batería y el controlador. Además, la fuente de alimentación auxiliar brinda la potencia requerida a diferentes niveles de tensión para los sistemas auxiliares del motor. (Tarazona, 2021)

Figura 5
Vehículo BEV-Estructura



Nota. Imagen obtenida de Álvarez, Loloy, Sotomayor & Vivanco. (2022)

Dentro de las ventajas de los vehículos eléctricos tenemos:

Reducción de las emisiones de CO₂: las emisiones producidas por la combustión de combustibles tradicionales en el motor de combustión interna producen una mayor emisión de material particulado y CO₂. Al emplear energía eléctrica durante su operación en modo eléctrico no produce CO₂ adicional, permitiéndose de esta manera un menor daño al ambiente y dando como resultado un aire respirable de mayor calidad y menos dañino para la salud. (Grudilec, 2020)

Mayor eficiencia de las redes eléctricas: en este caso la operación o los periodos de carga eléctrica generalmente de los vehículos de uso particular se realizan en horas fuera de punta del sistema eléctrica, generalmente en horas de la madrugada, en algunos países se han creado bloques horarios exclusivo para la carga eléctrica. Por el contrario, la no focalización de las recargas en “horas fuera de punta”, puede agravar el problema de la

curva de demanda, potenciando aún más la diferencia de consumos entre “horas fuera de punta” y “horas pico”, forzando más la demanda del sistema eléctrico y sumando a los periodos de recarga con fuentes de generación muy contaminantes y poco eficientes en el sentido de su bajo factor de carga. (Grudilec, 2020)

Menor dependencia de las fuentes de energías derivadas de combustibles sólidos: los efectos de este beneficio, oscilan entre un mayor respeto medioambiental, la conservación por mas tiempo de una fuente de energía llamada a agotarse en algún momento del futuro y los beneficios económicos en términos de balanza de pagos o de estabilidad de precios, al no depender de una fuente de energía de la que no todos los países son productores. (Grudilec, 2020)

Más confort: el vehículo eléctrico, a diferencia del motor de combustión, prácticamente no produce ruido por sí solo, siendo el único ruido percibido el derivado de los rozamientos del propio motor y del propio vehículo con el asfalto. (Grudilec, 2020)

2.2.2 Componentes.

La batería, es un dispositivo de almacenamiento de energía que consta de células electroquímicas que convierten la energía química almacenada en energía eléctrica. Existen varias características que se deben tener en cuenta para la seleccionar de la batería más adecuada para un EV pero la más significativa es la capacidad de la batería, la cual se mide en Amperes-hora (Ah). Existen varios tipos de baterías: baterías de plomo, baterías de níquel y baterías de litio siendo éstas últimas las más convenientes por su peso liviano, además no tienen efecto de memoria y no tienen metales tóxicos como el plomo y el mercurio. Otra de las características importantes son el tiempo de recarga y el costo. (Ríos, 2017)

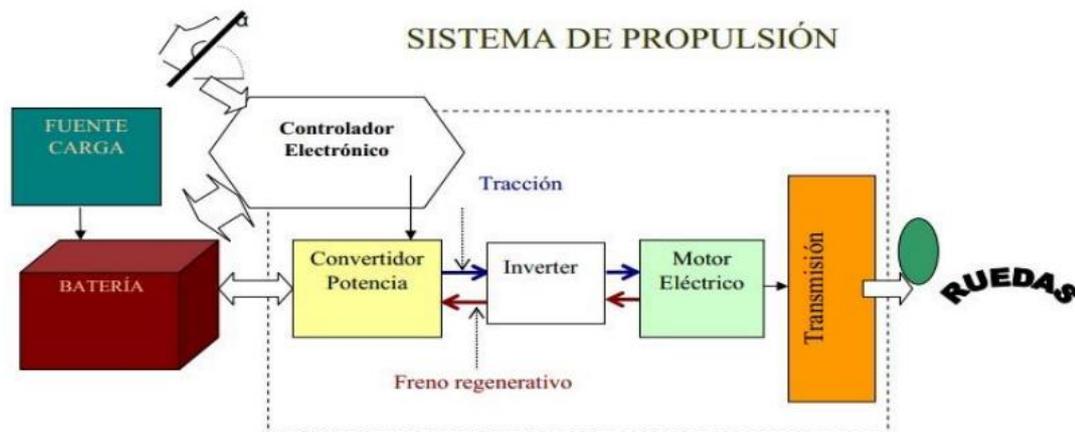
Convertidor de potencia La función del convertidor se realiza en etapas, en donde el variador de voltaje proporciona voltaje al sistema de control dependiendo de este, genera señales correspondientes a la etapa lógica. El banco de baterías colocadas en serie proporciona un voltaje que es necesario para el motor de eléctrico. Hoy en día el avance tecnológico ha permitido que se utilice baterías de aplicación solar, en donde el convertidor cumple con la misma función. (Galvay, Jima, Maldonado y Masaquiza, 2020)

Inversor, la instalación de un inversor en un vehículo eléctrico con motor de corriente alterna es de vital importancia, cuya función principal es la conversión de la corriente continua en corriente alterna para el funcionamiento del motor eléctrico, gestiona la recuperación de la energía cinética del frenado y del incremento y reducción de la marcha del vehículo. (Galvay, Jima, Maldonado y Masaquiza, 2020)

Motor eléctrico Los vehículos tienen motores síncronos de imanes permanentes que permiten ser integrados de forma directa a la rueda del vehículo, optimizándose el espacio dentro del auto y simplificándose el sistema de acoplamiento mecánico entre motor y rueda el cual es de flujo axial, poseen un estator y rotor dispuestos de forma longitudinal sobre el eje, los inconvenientes presentados son los esfuerzos radiales. Este motor eléctrico se ha generalizado y fue desarrollado por la Fórmula Student, Technische Universität Darmstadt. (Galvay, Jima, Maldonado y Masaquiza, 2020)

Figura 6

Componentes de Vehículo BEV



Nota. Imagen obtenida de Galvay, Jima, Maldonado y Masaquiza. (2020)

2.2.3 Configuraciones BEV.

Se tienen las siguientes:

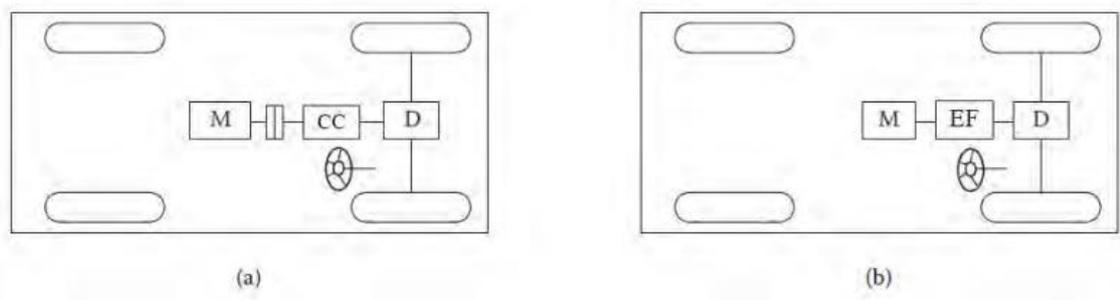
Configuración a : Esta configuración reemplaza al motor de combustión interna por el eléctrico mediante el tren de transmisión convencional. Consiste en un motor eléctrico, un embrague, una caja de cambios y un diferencial. El embrague y caja de cambios puede

ser reemplazado por una transmisión automática. El embrague se emplea para conectar o desconectar la potencia del motor eléctrico de las ruedas motrices. La caja de cambios proporciona un conjunto de relaciones de transmisión que modifica el perfil de velocidad-potencia (par).

Configuración b: Posee un motor eléctrico de alta eficiencia para un amplio rango de velocidad, eliminándose el embrague y reemplazando la caja de cambios por un engranaje fijo. Esta configuración no solo reduce el tamaño y peso de la transmisión mecánica, también simplifica el control del tren de transmisión. (Tarazona, 2021)

Figura 7

Configuración a y b Vehículo BEV

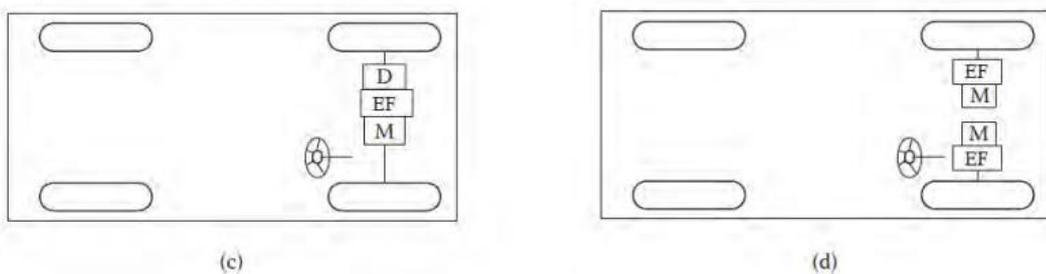


Nota. Imagen obtenida por Tarazona (2021)

Configuración c: Similar al tren de transmisión en (b). El motor eléctrico, el engranaje fijo y el diferencial se integran en un solo conjunto, apuntando a ambas ruedas motrices. Configuración d. Se sustituye el diferencial mecánico usando dos motores en cada rueda, los cuales se acoplan a un engranaje fijo en una sola relación de velocidad. (Tarazona, 2021)

Figura 8

Configuración c y d Vehículo BEV



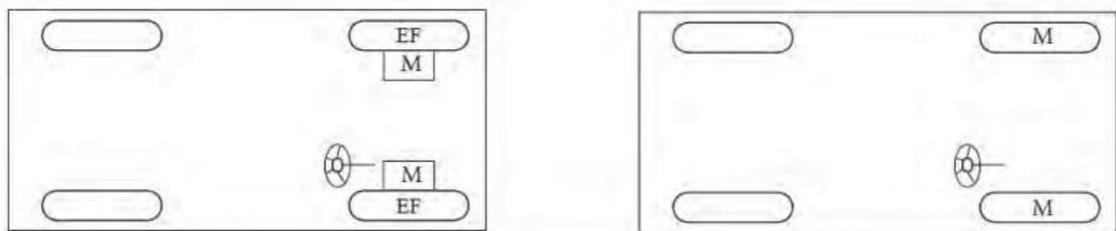
Nota. Imagen obtenida por Tarazona (2021)

Configuración e: El tren de transmisión se simplifica mucho más, en este caso el motor se coloca dentro de la llanta, conociéndose este sistema como in-wheel drive (tracción en la rueda). Se emplea un conjunto de engranajes planetarios que reducen la velocidad del motor y aumentan el torque. Su ventaja es que permite una gran relación de reducción de altas velocidades con una alineación entre los ejes de entrada y salida. (Tarazona, 2021)

Configuración f: El control de velocidad del motor es equivalente al control de velocidad de la rueda y la velocidad del vehículo. Esta disposición requiere que el motor eléctrico tenga un torque mayor, para arrancar y acelerar el automovil. (Tarazona, 2021)

Figura 9

Configuración e y f Vehículo BEV



Nota. Imagen obtenida de Tarazona (2021)

2.2.4 Almacenamiento de energía.

El almacenamiento de energía más comúnmente utilizado es la batería, siendo el componente clave para el desarrollo de los EV. Sin embargo, existen otros dispositivos de almacenamiento que pueden ser utilizados como fuentes auxiliares de energía como los ultra-condensadores (UC) o pilas de combustible.

En cuanto a la forma de recargar las baterías no hay una estandarización, pero, normalmente se trata de un enchufe de tres entradas, que dispone de terminales normales de corriente, fase y neutro, además de puesto a tierra, tal como el enchufe tipo doméstico. Otro tipo de enchufe es de 5 entradas (tierra, tres fases y neutro). Lo que lo diferencia de uno normal, es que en su forma posee dos conectores extra en su diseño, uno de estado de conexión o desconexión y otro de comunicación con el vehículo. El diseño de su carcasa hace que su aislamiento sea muy seguro, lo cual casi que imposibilita el contacto directo

con el paso de la corriente y hace más segura la transmisión de energía, sin que ponga en peligro la seguridad de quienes lo manipulan. (Ríos, 2017)

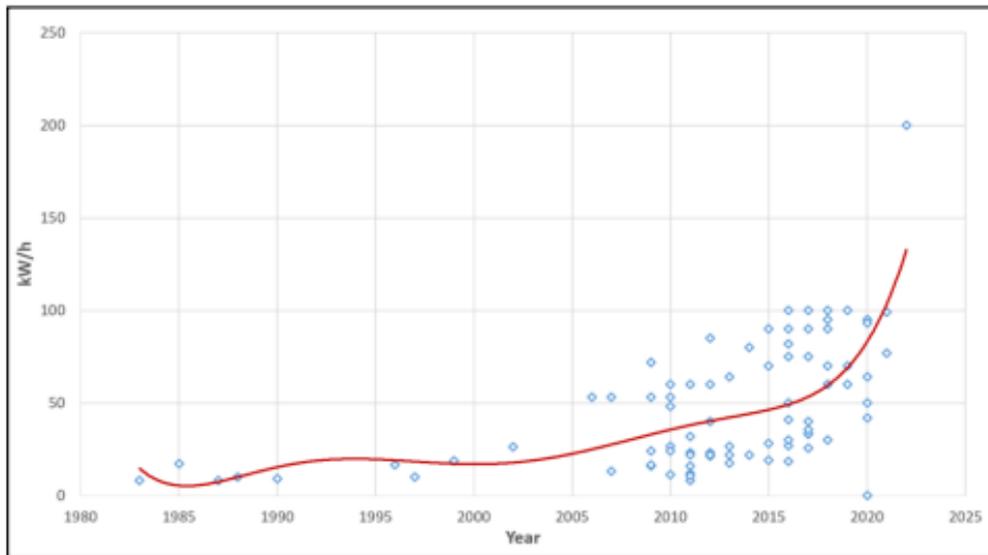
Lo más complicado de estas baterías es competir con la elevada densidad de energía que tiene el petróleo, por ello, es que el tamaño de la batería es tan grande, siendo una batería de Tesla Motors, mientras que el tanque de almacenamiento de combustible no necesariamente tiene que ser tan grande como el espacio que ocupa la batería. Comparativamente, hoy en día, la densidad energética de las baterías de litio es aproximadamente de 0,16 kwh/kg frente a los 13 kwh/kg en la gasolina. Con estos datos parece que todavía existe un largo camino entre el EV y el vehículo convencional. No obstante, esta impresión es errónea, ya que, considerando la mayor eficiencia del EV y la tecnología actual, es posible incrementar el uso de estos vehículos. (Ríos, 2017)

El componente más caro de cualquier vehículo eléctrico es la batería, como lo detalla en el reporte que emite el Informe Bloomberg NEF (2020), el precio baterías de iones de litio, que alcanzaban un precio mayor de US\$ 1,100 por kWh en 2010, se redujeron un 89% en términos reales a US\$ 137/kWh en 2020 y la perspectiva para 2023 es que los precios promedio estarán cerca de US\$ 100/kWh. (Álvarez, Loloy, Sotomayor y Vivanco, 2022)

De los 03 tipos de baterías (plomo ácido, Niquel-Hidruro metálico y Ion Litio); las baterías de Ion Litio son más ligeras y compactas; y tienen mayor densidad energética. El tiempo de carga con el cargador seleccionado de 2x11kW dependerán de la capacidad de almacenamiento de las baterías de cada tipo de auto, en nuestro caso de análisis este tiempo de carga será de aproximadamente 2 horas. La mayor densidad de energía de las baterías proporciona mayor autonomía al vehículo eléctrico, la propuesta de infraestructura dependerá de la capacidad de batería (kwh) y el tiempo de recarga requerido. Las baterías Litio-aire tienen una autonomía de 400km; y diversos estudios indican que para una masificación adecuada los vehículos deberían tener como mínimo 400km de autonomía. (Álvarez, Loloy, Sotomayor y Vivanco, 2022)

Figura 10

Evolución de baterías desde 1980- 2022



Nota. Imagen obtenida de Álvarez, Loloy, Sotomayor y Vivanco. (2022)

Ultra-condensadores (UC): Poseen una estructura idéntica a un condensador normal, con la diferencia de que estos poseen una alta capacidad para sustentar una densidad de energía mayor, al no tener variación química en sus electrodos. Se presentan las siguientes características: no requieren mantenimiento, poseen una mayor vida útil y no es afectada su operación ante las variaciones de temperatura. Su sistema de almacenamiento de energía se caracteriza por tener una batería o una pila de combustible de alta demanda de potencia en un sistema de HEV. (Ríos, 2017)

Pila de combustible, en estos dispositivos, la energía química se transforma en energía mecánica debido a la reacción del hidrógeno con el oxígeno lo cual produce energía eléctrica. El hidrógeno se caracteriza por tener poca energía por unidad de volumen lo que se presenta como desventaja para el transporte terrestre, para un almacenamiento de una cantidad equivalente de energía en un depósito de gasolina se requiere alrededor de 800 veces el volumen de hidrógeno a temperatura y presión ambiente. La celda combustible, es un sistema de emisión cero, ya que no emite gases de escape, y sólo genera agua y calor como parte de las reacciones, siendo este sistema de almacenamiento de energía, una novedosa para una movilidad sin contaminación. (Ríos, 2017)

Carga lenta, es el modo de recarga de mayor empleo entre los vehículos eléctricos ya que es la más simple y de mayor acceso debido a la tecnología de enchufe del tipo comercial llamado Schuko. Este modo de recarga se realiza por corriente alterna monofásica a 220 V, 16 A y con 3,6 kW de máxima demanda, y se pueden instalar en viviendas. Se presenta como una alternativa para periodos de carga en horarios de madrugada, o en periodos de tiempo fuera de los horarios de punta, con la finalidad de tener un costo unitario de la energía activa económico. El periodo de carga es entre 5-8 horas, en función del tipo de batería que tenga el vehículo. Tecnológicamente se cuenta con cargador con corriente alterna trifásica a 400 V y 16 A, pudiendo alcanzar una potencia de hasta 11 kW, con lo cual el periodo de carga oscila entre 2-3 horas. (Diez, 2019)

Carga Semirapida: Se caracteriza por tener un suministro de corriente monofásica de 220 V, 32 A y potencia entre 8-14 kW, con un periodo de carga de 1,5-3 horas, lo cual se presenta como una ventaja frente a la carga lenta. Requiere un control de temperatura y acoplarse un sistema de enfriamiento para evitar los posibles sobrecalentamientos del sistema, con lo cual algunas baterías presentan riesgos de combustionar por aumentar su temperatura. Se cuentan con variantes de carga con corriente alterna de 3 fases de 400 V, 63 Amperios y 22 a 43 kW de potencia, pudiéndose recargar la batería en ½ hora. (Diez, 2019)

Rápida, se pueden encontrar en estaciones de servicios que ofertan recarga en carreteras por lo general. Tecnológicamente son sistemas de mayor capacidad y potencia, siendo sus principales características un suministro de corriente continua de 600 V, 400 Amperios y hasta potencias de 240 kW. Permite una recarga entre 10 a 30 minutos hasta un 80 % de capacidad de almacenamiento de una batería. Existe una variante en corriente alterna de 500 V, 250 Amperios y 220 kW de potencia, alcanzando periodos de recarga de 10 minutos para un 80 % su capacidad. Su desventaja es su elevada capacidad de instalación, lo que en muchos casos altera la red de distribución eléctrica. (Diez, 2019)

Según el tipo de recarga de batería, el tiempo se presenta como una desventaja relevante para vehículos eléctricos BEV. Para un sistema de recarga domiciliar la batería de un vehículo de transporte particular oscila en 4 a 8 horas con una tensión de 240 voltios. Por otro lado, en algunas ciudades que ya tienen un gran mercado de vehículos eléctrico,

existen redes de cargadores rápidos, que recargan las baterías en un tiempo mucho menor y, dependiendo de la capacidad de la batería, puede recargarse hasta 80% en unos 20 minutos, pero este tipo de infraestructura no está aún desarrollada en Lima o en ciudades de Sudamérica debido a su elevado costo. (Plug-in hybrid & electric vehicle research center) (Morón, 2021)

2.2.5 Consumo energético.

Los vehículos eléctricos son muy costosos en relación aun vehículo convencional de alta tecnología, para lo cual un programa de subsidios estatales resulta impracticable para muchos países. Según el modelo pueden costar desde 5 000 a 13 000 euros más que un vehículo con combustible. Lo que se presenta como una relativa ventaja es la recuperación de la inversión con los propios ahorros económicos por dejar de utilizar combustibles tradicionales. En promedio 100 km recorridos por un BEV está asociado a un consumo de 13 kWh, por otro lado, un vehículo convencional requiere de un equivalente de 45 kWh de gasolina para recorrer 100 km. (Huamán y Muñoz, 2022)

Tabla 1
Consumo Energético de Vehículos Eléctricos

Modelo	Capacidad de batería (kWh)	Autonomía (km)	Consumo (KWh/100 km)
Audi-e-tron 55 quattro	95	385,4	24,65
BMW I3	42,2	322,14	13,10
BYD6	80	400	20
Hyundai Ioniq Electric	28	280	10
Jaguar IPACE EV-400	90	480	18,75
Nissan LEAF Acenta	55,6	270	20,6
Tesla Model S P100D	100	613	16,31
Tesla Model X P90D	90	467	19,27

Nota. Extraído parcialmente de Tesis de Álvarez, Loloy, Sotomayor & Vivanco. (2022)

El desempeño energético de un BEV se evalúa en Wh/km o kW.h/100 km. Este indicador varía según la marca y el modelo, el mínimo consumo según el modelo HYUNDAI IONIQ Electric, es de 10 kW.h/100km y el mayor consumo lo tiene un vehículo modelo

Audi e-tron 55 quattro, con 24.65 kW.h/100km. El promedio de consumo de los VE listados es 16.8 kW.h/100km. (Álvarez, Loloy, Sotomayor y Vivanco, 2022)

La gestión de la energía es un factor crítico para los vehículos eléctricos, por tanto, el contar con un sistema de gestión de carga de la batería (SGB) es clave para gestionar y controlar la unidad de batería, (Sanguesa, J.A, et al., 2021). El SGB se encarga de gestionar la energía que aportan las baterías garantizando su seguridad y fiabilidad, este se compone de varios bloques, como la unidad de suministro de energía, los sensores y los canales de comunicación, integrados juntos. El SGB administra la entrega de energía reduciendo el estrés de la batería debido a cargas y descargas. El equilibrio de celdas también es fundamental para los paquetes de baterías de alta potencia de los vehículos eléctricos, porque una serie larga de celdas individuales es tan confiable como la celda más débil. Por ello el SGB mantiene el equilibrio de la celda compensando la carga de la celda más débil, de esta manera evita que las células individuales se sobrecarguen. (Álvarez, Loloy, Sotomayor y Vivanco, 2022)

2.2.4 Desempeño.

Los vehículos eléctricos alcanzan su capacidad de movimiento por la energía eléctrica que reciben por una de sus baterías los cuales son alimentadas por una fuente de carga externa. El sistema de acumulación y generación de energía es esencial para el funcionamiento del vehículo los cuales utilizan acumuladores electroquímicos que son integrados por dos sustancias conductoras bañadas en otro líquido que también es conductor lo cual al intercambiarse las cargas negativas con las positivas mantiene la corriente eléctrica. El controlador eléctrico tiene un papel fundamental, ya que, precisa la cantidad de energía que va a recibir el motor eléctrico y viceversa. De la energía acumulada solo el 18% es utilizada para desplazar el vehículo convencional y lo demás para el accionar el motor a diferencia de un auto eléctrico lo cual se requiere el 46% de la energía para la movilidad del vehículo. (Huamán y Muñoz, 2022)

Por otro lado, el inverter tiene la función de convertir la corriente continua en alterna de tal forma hacer funcionar el motor y de modo contrario la corriente alterna en continua para que sean 53 almacenadas en las baterías pasando a tener el papel de generador. El motor eléctrico a diferencia de uno convencional; tienen menor peso, menor tamaño, son

silenciosos, no emiten gases contaminantes y es más sencillo para el tema de mantenimiento. (Huamán y Muñoz, 2022)

La principal desventaja de los vehículos eléctricos a batería, tienen una autonomía limitada que depende del tamaño de la batería. La autonomía promedio de los vehículos (BEV) de pasajeros es de alrededor de 290 kilómetros, que, si bien sí cubre las necesidades promedio diarias en ciudad, es menor a la autonomía de un vehículo con motor de combustión interna. Los vehículos eléctricos híbridos tienen una mayor autonomía (pueden sobrepasar los 500 km) que los de batería pues tienen dos fuentes de energía. Sin embargo, la capacidad de la batería es mucho menor que el caso anterior y solo provee una autonomía de unos 50 kilómetros mientras que el resto del recorrido se realiza con el motor de combustión interna. Para el caso de buses eléctricos a batería, se debe tener en cuenta el peso de las baterías pues estas son el componente más pesado del vehículo y al aumentar su capacidad, se puede alcanzar una mayor autonomía, pero a costa de sacrificar peso y carga útil. (Morón, 2021)

Los analistas de la industria automotriz estiman que alcanzar el precio promedio de los US\$100 /kWh supondría igualar el coste de producción de un vehículo eléctrico y de uno de combustión de la misma categoría, pero Dave Howell (The U.S. Department of Energy's Vehicle Technologies Office), afirma que si el objetivo es vender millones de vehículos eléctricos particulares, los US\$ 100 /kWh no son suficientes, es necesario reducir el precio a US\$ 60 /kWh, con lo que el coste total de un vehículo eléctrico sería aproximadamente de 0,16 US\$/km, superando los 0,17 US\$/km de los de combustión interna. (Álvarez, Loloy, Sotomayor y Vivanco, 2022)

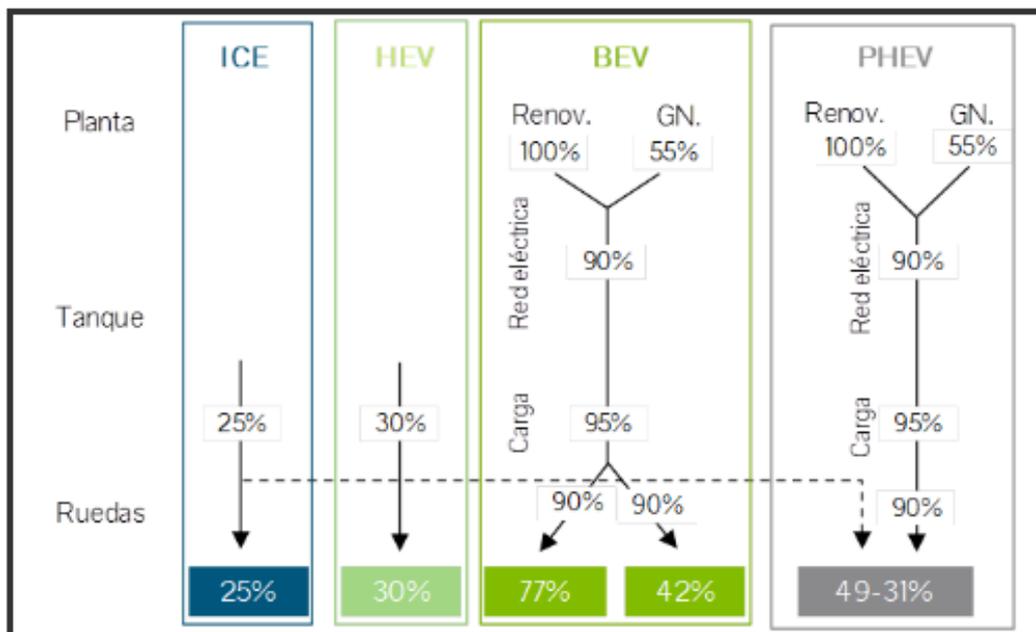
En la determinación de la eficiencia de un vehículo eléctrico, influye de manera importante el origen de las fuentes de las que se obtenga la electricidad dentro del parque generador, ya que una central térmica puede tener una eficiencia entre el 35% y 60% y otra con fuentes renovables del 100% (ya que implica la no utilización de energías primarias finitas y con coste). Según los datos que se muestran en la siguiente figura, el vehículo convencional de gasolina (ICE), con motor de combustión interna, tiene una eficiencia global del 25%. Es decir, de la energía del combustible introducido en el vehículo sólo se obtiene en forma de energía mecánica para el movimiento de las ruedas

el 25%, con lo cual el 75% de la energía suministrada al vehículo se pierde por rozamiento entre los elementos de máquinas del motor o por aspectos termodinámicos que afectan al rendimiento en los motores de encendido por explosión. (Energía y sociedad, 2022)

Por otro lado, en el vehículo híbrido, la inclusión de un motor eléctrico, además del convencional, permite la mejora del desempeño energético hasta alcanzar rendimientos de 30%. En el caso del BEV, algunos estudios indican rendimientos mayores a 77% en el caso de que el suministro de energía eléctrica para la recarga de baterías es de origen RERs y un 40% si la energía proveniente de la red se realiza con gas natural. Lógicamente, por otro lado, el PHEV, que combina un motor convencional y otro eléctrico, posee un rendimiento entre 31-49%, según su tipo de uso. Según lo descrito con anterioridad se aprovecha el doble una unidad equivalente de energía en un PHEV en comparación a un vehículo convencional. (Energía y sociedad, 2022)

Figura 11

Comparativo de eficiencias de vehículos



Nota. Imagen obtenida de Energía y Sociedad. (2022)

El empleo del auto eléctrico ha conseguido y conseguirá la reducción significativa de emisiones de CO₂ durante su funcionamiento. Se ha estimado que las emisiones asociadas a los BEV se encuentran en torno al 30% de las emisiones emitidas por el vehículo de

combustión. Actualmente, un ICEV (internal combustion engine vehicle), vehículo de combustión de tamaño medio emite entre 163 y 142 gramos de CO₂ de media, lo que equivale a consumir una media de 7 L a los 100 km y un vehículo eléctrico consume de media 17 kWh/100 km. Según estimaciones realizadas, con el uso de 1.000 vehículos eléctricos en una ciudad se dejaría de emitir más de 30.000 kg anuales de gases contaminantes. (Diez, 2019)

2.3 Sistemas automotrices convencionales.

2.3.1 Generalidades.

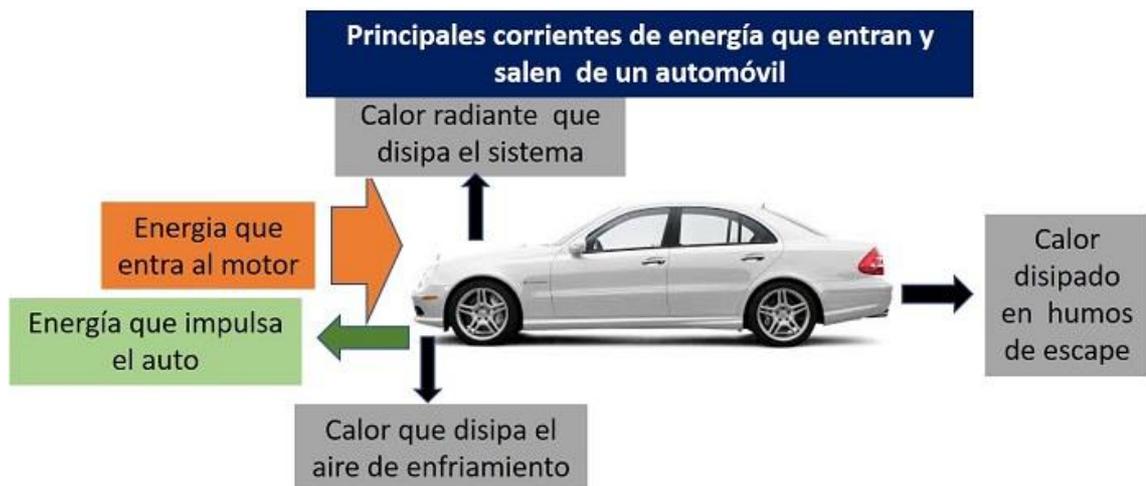
Un motor de combustión interna es básicamente una máquina que mezcla oxígeno con combustible gasificado. Una vez mezclados íntimamente y confinados en un espacio denominado cámara de combustión, los gases son encendidos para quemarse (combustión). Debido a su diseño, el motor, utiliza el calor generado por la combustión, como energía para producir el movimiento giratorio. Hay diversos tipos de motores. La primera diferencia que puede hacerse esta en el tipo de combustión, así, por un lado tenemos los motores de combustión externa en el que la combustión se lo realiza en un sistema aparte del motor propiamente dicho, es decir, que la producción de energía calorífica tiene lugar en un sistema y la transformación del calor en energía mecánica en otro diferente (Por ejemplo la clásica locomotora de vapor); y los motores de combustión interna en los que la combustión para la producción de energía calorífica se lleva a cabo en el mismo sistema que transforma dicha energía en energía mecánica, a este tipo pertenecen los motores de automóviles, cortadoras de césped, aviones, etc. Los motores de combustión interna pueden ser de encendido por explosión y motores de encendido por compresión o autoencendido. (Córdova, 2013)

El corazón del vehiculó es el motor y el combustible su fuente de energía, los vehículos se diversifican en varias clases, diferenciándose en el sistema de propulsión. Un auto híbrido utiliza dos o más fuentes de potencia diferentes para generar movimiento, con un motor eléctrico y otro de combustión, que trabajan por separado o en el mismo tiempo, o también los vehículos denominados en serie que funciona para generar electricidad y alimentar el motor eléctrico, el objetivo de un híbrido es ahorrar más reservas de gasolina, es por ello que lleva un motor eléctrico, uno de combustible y baterías. (Ortiz, 2020)

Un vehículo a combustión utiliza una sola fuente de potencia para generar movimiento en un vehículo, este opera mediante la modalidad de gas natural, combustible o gas licuado con un motor de combustión que genera una mono-energía para una sola fuente de potencia. Por otro lado, los engranajes cumplen la función de girar para así determinar cuánto combustible deben quemar, cuando el vehículo inicia su recorrido da la opción de que gire engranaje de la parte de afuera permita que tenga mucha más velocidad y no se consume ninguna gota de combustible. También figura el engranaje central que está conectado a un generador que carga las baterías y envía potencias extras. En este sentido los motores de combustión aplican el proceso por el cual la gasolina realiza una conversión a movimiento, las explosiones que se dan cientos de veces por minuto dentro de los pistones, crean el movimiento que se divide en 4 tiempos, causando una velocidad en aumento que recorre al uso de la gasolina o combustible en mayor cantidad. (Ortiz, 2020)

Figura 13

Corrientes energéticas presentes en un vehículo convencional



Nota. Imagen obtenida por Ruano. (2021)

El motor de encendido por compresión opera según el ciclo diesel. En el motor de compresión, lo que ingresa a través de los inyectores es combustible y por el múltiple de admisión ingresa el aire. El combustible se inyecta antes de que el pistón alcance el punto muerto superior y se conoce como el adelanto de la inyección. El combustible entra en estado líquido, y se mezcla con el aire y alcanza las condiciones de presión y temperatura requeridas para el encendido. (Planas, 2021)

La alta temperatura de combustión provoca una mezcla rica provocando la asociación del oxígeno y el nitrógeno del aire con resultado de emisiones altas de NOx. El pistón comprime el aire y, en condiciones de máxima presión se inyecta el combustible a través de los inyectores de diversa tecnología, generándose la inflamación de la mezcla. El incremento de la temperatura y la presión, provoca el empuje del pistón produciendo trabajo mecánico. Finalizada la combustión, el pistón vuelve a comprimir los gases que son expulsados del cilindro para la(s) válvula(s) de escape. El cilindro vuelve a expandirse para dejar espacio y aspirar más aire y repetir el ciclo termodinámico. (Planas, 2021)

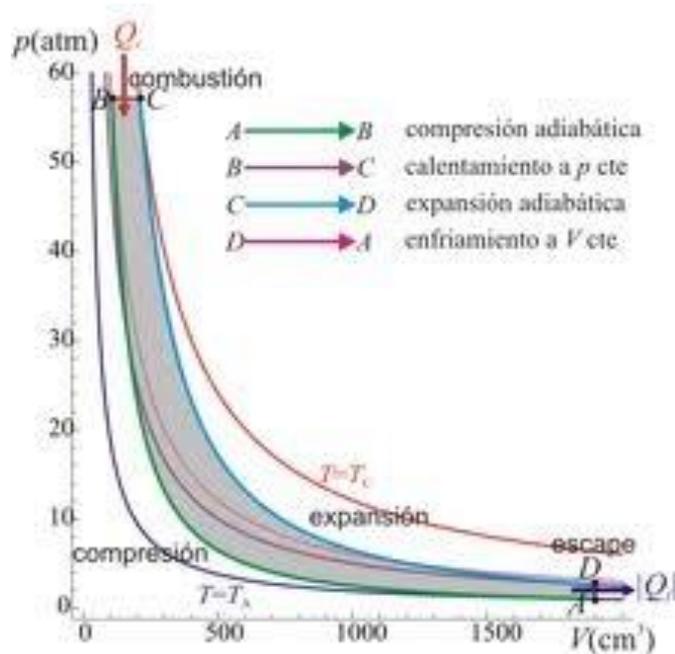
El combustible utilizado en un motor por compresión puede ser:

- Diesel.
- Aceites derivados del petróleo con un porcentaje de aceites de origen orgánico como el petróleo BD2 o BD5. (biodiésel)
- Carbón gasificado.

Por lo general son combustibles que se inflaman al someterse a altas presiones. (Planas, 2021)

Figura 12

Ciclo diesel real para motores con encendido por compresión



Nota. Imagen obtenida de Planas. (2021)

Un motor de encendido por chispa es un tipo de motor térmico que opera según el ciclo termodinámico Otto y son de 2 o 4 tiempos. Por lo general emplean gasohol, GLP, GNV o alcohol como combustible, se le conoce de encendido por explosión debido a que un elemento llamado bujía, genera un arco eléctrico o chispa necesaria para el encendido de la mezcla aire/combustible. La bujía aprovecha la energía proveniente de la batería para elevar la tensión eléctrica y generar la chispa, produciéndose el foco de encendido inicial. En esta etapa se propaga el frente de llama la cual se acelera a medida que la combustión se expande por toda la cámara, aumenta la presión de esta última. El incremento de presión coincide con la llegada del pistón al PMS, recibiendo un impacto que retorna el pistón hacia el PMI generándose la carrera de expansión dentro del cilindro. (Planas, 2021)

Dentro de las anomalías del fenómeno de combustión se presenta lo siguiente:

- El fenómeno de detonación, en la cual el frente de llama de la combustión al avanzar sobre la mezcla dentro de la cámara un incremento de la presión y temperatura en la mezcla aun no combustionada, generándose una combustión espontanea en la mezcla no quemada y así mismo se produce un frente de llama complementario que colisiona con el frente de llama de la combustión, a este impacto entre frente de llamas se conoce como detonación y depende del octanaje del combustible. El octanaje mide el grado de detonación del combustible dentro del motor.
- El autoencendido es un fenómeno que se presenta cuando se produce la autoinflamación de la mezcla debido a la presencia de puntos calientes dentro de la cámara de combustión. Y se genera el impacto entre 2 frentes de llama incrementándose la presión y la temperatura.

El autoencendido y la detonación son fenómenos distintos, pero pueden generar el cascabeleo dentro del motor. (Planas, 2021)

El retraso de autoencendido genera y limita la velocidad de giro del motor y así mismo la potencia máxima que puede desarrollar. Los motores de encendido por explosión requieren de un suministro desde la válvula de admisión de aire/combustible, aunque en muchos modelos existe la inyección del combustible, para in mejor ahorro de combustible al sistema de carburación. El motor requiere para su operación el suministro de mezcla en las condiciones diversas para cada tipo de marcha. El sistema de carburación fue

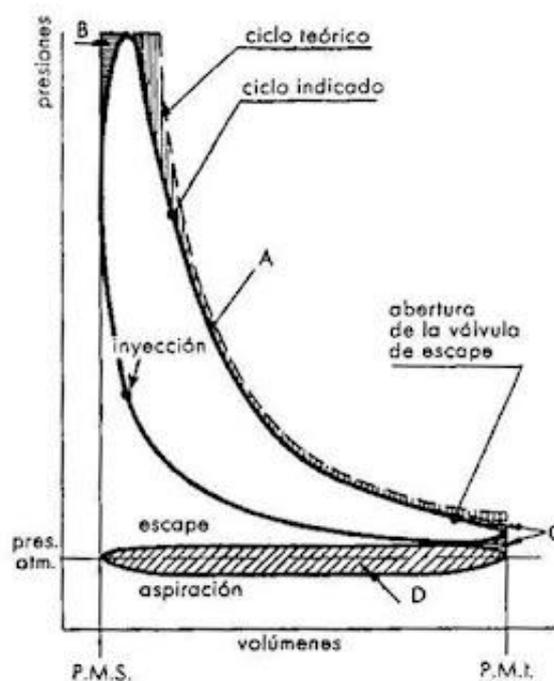
desplazado n los años 90 con la aparición de la electrónica de la inyección, lo que permite gestionar de forma más eficiente el combustible a través de inyectores, lo cual trae como una ventaja la reducción de emisiones de gases contaminantes a través del múltiple de escape. Así mismo la inyección electrónica permite acercarse la presencia de la inyección del combustible a periodos cercanos en las cuales el pistón alcanza el punto muerto superior, y con ello reducir el problema de la detonación o adelanto de la combustión. (Carranza, 2012)

Los sistemas de alimentación de dosificación de combustible permiten lo siguiente:

- Miden el peso y la temperatura del aire suministrado.
- Miden el peso y la temperatura del combustible admitido o inyectado.
- Miden la temperatura del motor.
- Miden la velocidad de régimen del motor.
- Analizan la composición en peso de los gases salientes del múltiple de escape.
- Optimizan la dosificación del combustible. (Carranza, 2012)

Figura 13

Ciclo Otto real para motores con encendido por explosión



Nota. Imagen tomada de Planas (2021)

2.3.2 Sistema de transmisión.

El sistema de transmisión de un vehículo consiste en una serie de componentes encargados de conducir desde el cigüeñal la potencia suficiente para que las ruedas motrices giren. Después de la desmultiplicación del giro del motor de la caja de cambios, la transmisión del par a las ruedas sin deslizamiento, con independencia de las condiciones de la calzada, es el segundo de los objetivos de los componentes de la cadena cinemática. De todos ellos, los diferenciales son los dispositivos destinados a gestionar la motricidad, tanto en movimiento rectilíneo como en curva. En los últimos modelos de vehículo, los sistemas de bloqueo de diferencial utilizados durante años para evitar el deslizamiento están siendo sustituidos por la función de frenado selectivo del sistema ABS/ESP, un sistema menos costoso, pero de menor fiabilidad y eficacia. (Indave, 2016)

Para conocer el funcionamiento de los distintos tipos de transmisión que puede llevar equipado nuestro vehículo, es imprescindible conocer los diferentes elementos que componen este sistema:

Embrague: Su misión es acoplar o desacoplar el giro del motor de la caja de cambios de forma que no cause tirones, sino que el movimiento suceda de forma progresiva. Este elemento ubicado entre el volante motor (o de inercia) y la caja de velocidades, puede ser de distintas clases: hidráulico, electromagnético, de fricción, de disco y hasta de muelles.

Caja de velocidades: Es la responsable de la relación entre el cigüeñal y las ruedas, aumentando o disminuyendo las revoluciones a las que gira cada uno de ellos para sacar el mayor provecho posible al motor. Pueden ser automáticas o manuales.

Árbol de transmisión: Se trata de una pieza cilíndrica que va unida por un extremo a la caja de cambios y por el otro al piñón del grupo cónico-diferencial para transmitir el movimiento, en determinados tipos de vehículos, se prescinde de este elemento dentro del sistema de transmisión. (Gutiérrez, 2022)

Grupo cónico-diferencial: Cuando el movimiento longitudinal (inducido por el embrague y la caja de cambios) llega al árbol de transmisión, éste lo une a grupo cónico-diferencial donde se convierte en movimiento transversal y es dirigido a los palieres. Pero su verdadera labor es mantener constante la suma de velocidades que llevan las ruedas motrices antes de tomar una curva, permitiendo que las ruedas exteriores den más vueltas que las interiores y evitando que patinen. Pese a la importancia que tiene el diferencial en

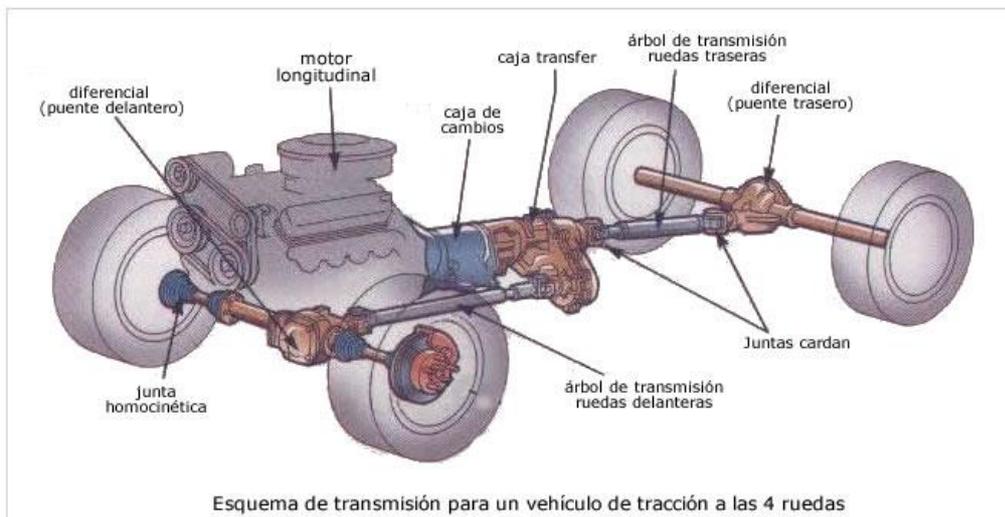
la operatividad óptima del automóvil, en vehículos pequeños no es visible, ya que se aloja dentro del tren de engranaje y cambio de velocidades.

Palieres: Los palieres o semiárboles de transmisión reciben el movimiento, en ángulo recto ejerciendo directamente su dinámica sobre las ruedas motrices, incluso en modelos de vehículos que no tienen árboles de transmisión.

Cuando el árbol de transmisión mecánico gira más lento se genera la reducción o desmultiplicación, en el caso contrario se denomina multiplicación o súper-marcha. (Gutiérrez, 2022)

Figura 14

Esquema de transmisión para un vehículo de tracción a 4 ruedas



Nota. Imagen obtenida de Gutiérrez. (2022)

En términos de potencia y aceleración, las transmisiones automáticas se han puesto al día considerablemente en los últimos años. Debido a su altísima eficiencia, a menudo es incluso más fácil para el conductor medio llevar toda la potencia del motor a la carretera con una transmisión automática que con una transmisión manual. Las transmisiones de doble embrague o cambio directo en particular tienen claros puntos fuertes aquí, mientras que las transmisiones manuales automatizadas están irremediablemente en desventaja debido a sus pausas en el cambio. Por otra parte, para los conductores experimentados, no debería haber apenas diferencia notable entre las transmisiones automáticas y manuales. (De parto, 2020)

Tan solo una fracción de la energía primaria suministrada al motor alcanza a llegar a las ruedas, quedando más del 80% perdido en pérdidas de origen térmico por temperatura, y por rozamiento entre elementos de máquinas, la cual son pérdidas de índole mecánico. Básicamente desde la salida de la potencia mecánica desde el motor la mayor parte de pérdidas son del tipo mecánica. Las pérdidas de energía de un vehículo se clasifican en: Pérdidas energéticas en ruta: Todos los vehículos, presentan pérdidas de energía al desplazarse a través de una carretera o autopista o camino carrozable, lo cual son: debido a la fricción del aire, fricción mecánica (entre rodamientos, ejes de transmisión, frenado, acelerado, etc.), y la resistencia al desplazamiento de las ruedas al rodar sobre una pista. Estas pérdidas energéticas se presentan en todos los vehículos. Las pérdidas de energía por unidad de distancia recorrido, según la velocidad opuesta de la dirección del aire genera fricción, con lo cual las pérdidas aumentan cuadráticamente con respecto a la velocidad del vehículo, mientras que el resto de pérdidas son independientes de la velocidad. (Gil, 2015)

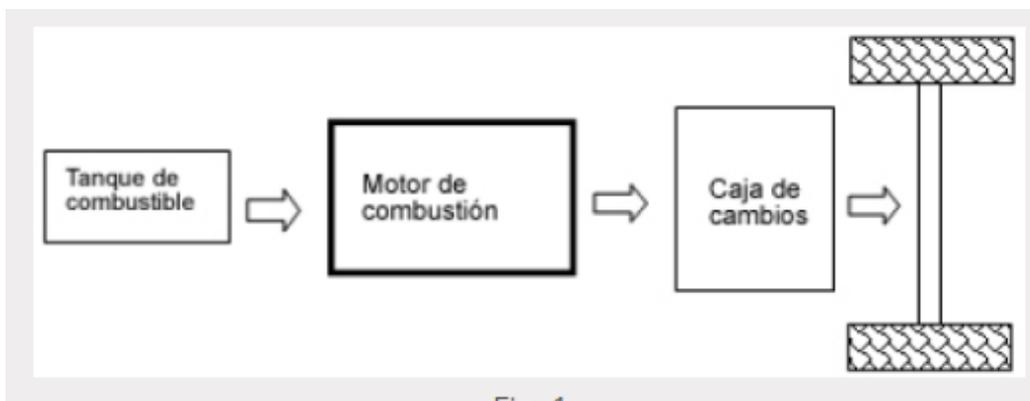
Las pérdidas por fricción con el aire se reducen con los diseños aerodinámicos adecuados. Del mismo modo teniendo neumáticos con materiales de muy baja resistencia a la rodadura y recubrimientos especiales para soportar la abrasión sin perder desempeño y sin generar desgaste superficial permiten la reducción de pérdidas de energía por fricción. Las pérdidas mecánicas se minimizan según diseños de frenos, cojinetes y otros elementos mecánicos que giran con menor fricción. Al disminuir el peso del vehículo (esto con nuevos materiales duros al impacto, pero livianos), se reduce la potencia asociada a su desplazamiento, debido a ello se han presentado novedades tecnológicas que incluyen la reducción del tamaño del motor, disminuyendo la relación masa del motor/potencia. Un menor peso del motor reduce las pérdidas de energía en el frenado, debido a la proporcionalidad entre la energía cinética y la masa del vehículo, existiendo una tendencia de hacer más ligero la masa del vehículo en todos sus componentes. (Gil, 2015)

Pérdida de energía de conversión: referida a l rendimiento con el cual un mci transforma la energía del combustible en energía mecánica útil. Para los motores eléctricos, la eficiencia es mayor a 85%. Mientras que en los mci la transformación energética está limitada por el 2° principio de la termodinámica y afectada por el aumento de la temperatura del motor y permite la disminución del volumen de los gases de escape. La

resistencia de los materiales, limita la máxima temperatura del motor y la temperatura ambiente pone una restricción a la temperatura de los gases de salida. Se alcanzan eficiencias con sobrealimentación del motor hasta valores de 50%. Mientras que los motores con aspiración natural alcanzan rendimientos entre 25-30%. Lo restante es perdido principalmente en el sistema de enfriamiento, sistema de lubricación (enfriamiento del aceite) y por la temperatura de los gases salientes a la atmosfera. (Gil, 2015)

Figura 15

Esquema de suministro de combustible en un vehículo convencional



Nota. Imagen obtenida de Colmenares, Contreras, Guzmán y Romero. (2019)

El sistema de transmisión es la cadena cinemática que transmite la potencia mecánica saliente del motor hasta las ruedas. Según el tipo y modelo del sistema de transmisión, el eje secundario de la caja de velocidades gira a menores revoluciones, a las mismas o a más revoluciones según los requerimientos o prestaciones de servicio. Así pues, el sistema de transmisión se encarga de trasladar la energía desde el motor hasta las ruedas. Este conjunto de mecanismos está sometidos a fricción y eficiencia de índole mecánico alcanzando eficiencias para un vehículo de 15 % con motor de m.c.i con encendido por explosión con eficiencia de 25%. (Arias Paz, 2019)

2.3.3 Clasificación según tipo de combustible.

a. Vehículos con motores a Gas licuado de petróleo.

Un sistema automotor con gas licuado de petróleo, proporciona un combustible alternativo, a los combustibles líquidos tradicionales como el biodiesel y el gasohol, siendo un combustible con mejor calidad energética en la emisión de gases de efecto

invernadero. El GLP contenido en depósitos es regulado y fluye hacia los inyectores, a través de un sistema automático de gestión de la inyección.

El GLP es una mezcla de hidrocarburos principalmente propano y butano de proporción variable en función al tipo de yacimiento que se le obtenga. Por otro lado, se le añade una solución olorosa como medida de precaución/seguridad, debido a que es un gas incoloro e inodoro. El GLP es obtenido de los procesos de refinación del petróleo, un 40 % de la producción anual, mientras que el 60% restante está asociado a los pozos de gas natural. En condiciones normales de presión y de temperatura se presenta en estado gaseoso, y puede licuarse a presiones entre 6 a 10 bares. El GLP es almacenado, transportado y distribuido en fase líquida, es debido a que permite un mayor volumen de gas en su transporte, en comparación al transporte en estado gaseoso. Comparándolo con el gasohol, el GLP posee un octanaje de 105 a 115, con lo cual presenta un alto índice antidetonante, el cual es favorable para la resistencia mecánica del motor. (Ministerio de educación del Perú, 2016)

Características principales:

- El GLP es un combustible que debido a su composición presenta un menor indicador de emisiones con respecto al gasohol y al biodiesel además que reduce hasta un 96% las emisiones de monóxido de carbono.
- El peso del depósito de combustible del GLP en el vehículo es más ligero que el depósito para GNV
- El GLP crea una película fina que brinda protección a las partes metálicas del motor y los inyectores
- El GLP peseta mayor densidad que el aire y el GNV, con lo cual tiende a ascender en caso de una fuga.
- Su mantenimiento se realiza por lo general cada 5 mil kilómetros de recorrido
- El promedio del costo de conversión para GLP en Lima, va desde S/ 6 000 para un carro antiguo con equipo de 3ra Generación y para vehículos a partir de 2005 se usa la 5ta Generación y su costo bordea los S/4 000 a S/5 000,00 Para camionetas de alta gama puede llegar a los S/ 5 000 soles debido a las cilindrada y tecnología del motor. (Neo auto, 2022)

El Reductor-vaporizador GLP es el componente del sistema de alimentación que permite transformar el gas en líquido a través de un proceso de cambio de presiones, así como también permite el incremento de la temperatura del combustible, y dejarlo en condiciones de combustión apropiadas, del mismo modo permite regular el valor de la presión de inyección. Una fracción del agua de enfriamiento del motor se emplea en este dispositivo para transferir el calor necesario para la gasificación del GLP. Se presentan algunas características de este componente:

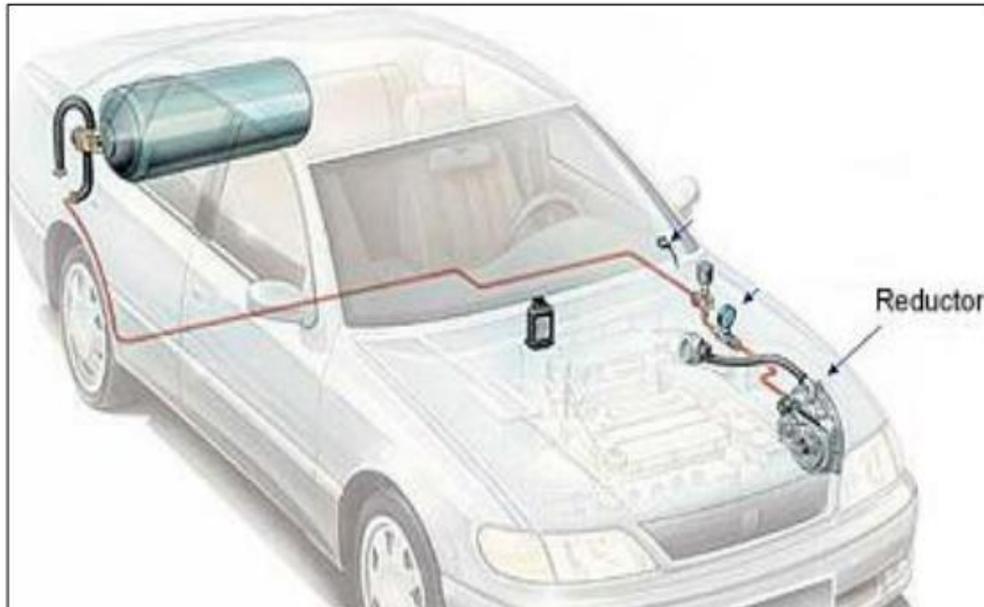
- Incremento de temperatura empleando el circuito caliente de refrigeración del motor.
- La presión máxima de suministro es 40 bares.
- La presión de regulación en la primera etapa es desde 45 bar a 0.8 bar.
- La tensión de alimentación es de 12 voltios. (Carranza, 2012)

Las emisiones de la combustión del GLP son menos dañinas que las emitidas por el gasohol y el biodiesel, sin recurrir a costosas adiciones de aditivos sintéticos, emulsionantes o tecnologías de control de emisiones a la salida del múltiple de escape. Por otro lado, es comercialmente muy difundido su uso a nivel mundial, salvo en el Perú que existe aún una dependencia de la importación del GLP para poder cubrir la demanda interna lo cual encarece su costo y comercialización o a veces genera desabastecimiento. Presenta una reducción de 95% las emisiones de NO_x con respecto a un diesel, las emisiones de CO₂ respecto al gasohol en la mayor parte de los casos. Emite menor cantidad de material particulado, menos hidrocarburos sin quemar, aldehídos, BTX. (Fernández, 2021)

Tecnológicamente los vehículos con motor de ciclo otto con gasohol pueden operar de forma simultánea con GLP, para lo cual se requiere de realizar una adaptación del sistema de combustión para hibridar al motor. Por otro lado, los motores con GLP son incompatibles para su uso con biodiesel o combustibles oleaginosas, técnicamente porque estos últimos requieren de una mayor relación de compresión para su funcionamiento. En el desempeño energético, usando GLP, existe un mayor flujo masico de combustible con respecto al gasohol que se ve atenuado por los costos de los combustibles. Así mismo una variación de pérdida de potencia a altas velocidades, el motor pasa a tener un funcionamiento más suave y más potente que a bajas revoluciones: es más silencioso y más duradero. (Fernández, 2021)

Figura 16

Suministro de combustible en un vehículo con GLP



Nota. Imagen obtenida de Carranza. (2012)

b. Vehículos con motores a GNC

El gas natural vehicular es una presentación del gas natural comprimido y su aplicación dentro de motores de combustión interna y se presenta como una alternativa con un combustible bajo costo, de menor índice de emisiones contaminantes por volumen de combustible combustionado para el sistema vehicular y para cualquier motor de combustión interna. Según estudios realizados y pruebas de desempeño efectuadas en importantes laboratorios se ha demostrado que un vehículo que utiliza gas natural presenta menores costos y periodos de mantenimiento preventivo y aumenta la vida útil de elementos mecánicos conformantes del motor tal como bujías, sistemas de escape, bielas, tren de leve, entre otros. La desventaja radica en que el motor pierde potencia al cambiar de combustible, pero es recuperable con su rápido arranque o puesta en marcha o su operación en pendientes pronunciadas. (Pérez, 2010)

El índice de octanaje del GNC es más alto que en la del gasohol premium, con un valor de 115-120, con lo cual se retarda la detonación y aporta la ventaja de presentar un menor ruido y vibración durante la operación del motor. (Ibáñez, 2020)

Las principales ventajas del empleo del GNV son:

- Emite menores volúmenes de emisiones.
- Mayor durabilidad del motor.
- Mayor durabilidad del aceite lubricante.
- Muy seguro.
- Se puede emplear en motores con gasohol. (Pérez, 2010)

Figura 17

Suministro de combustible en un vehículo con GNV



Nota. Imagen obtenida de Ramos (2018)

El rendimiento de un motor con GNC es algo mayor al de un motor con gasohol al operar con una mayor relación de compresión. Además, el índice de octanaje es muy superior, por lo cual la detonación es difícil de presentarse dando ello una mayor durabilidad a los componentes del motor también presenta menor el ruido y vibraciones. La combustión del GNV genera menos depósitos de inquemados en las paredes de los cilindros con el cual se reduce la frecuencia de limpieza. Por otro lado, presenta ventajas significativas en su sistema de lubricación, con lo cual la vida útil del aceite es mucho mayor. (Plaza, 2020)

En la actualidad existen dos tecnologías de gas natural aplicado a motores de combustión interna de vehículos, el primero es el Gas Natural Comprimido, él debe ser almacenado a una presión de 200 bar y su empleo está orientado a automóviles livianos y autobuses. La segunda presentación tecnológica es a través del Gas Natural Licuado. Este se almacena en estado líquido gracias a su licuefacción a $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura. Empleándose en transporte pesado de largas distancias, proporcionando una mayor autonomía en su desplazamiento, actualmente existen modelos empleados en maquinaria pesada del sector minero. (Plaza, 2020)

c. Vehículos con motores a gasohol

Los sistemas de inyección con gasohol. La tendencia de los fabricantes de vehículos se ha orientado en instalar sistemas de inyección de gasohol sustituyendo a los sistemas tradicionales con carburador. Esto se debió a la necesidad de mejorar el desempeño de los motores con ciclo otto durante el consume de combustible, tal como ocurría a en los vehículos de carreras con más de 8 válvulas, además presenta las siguientes ventajas que presenta:

- Reduce el consumo de combustible.
 - Mayor eficiencia y desempeño.
 - Incremento de la potencia y del torque.
 - Mejor comportamiento del motor a cualquier régimen de operación.
 - Una disminución de los elementos contaminante en el múltiple de escape.
- (Carranza, 2012)

La inyección de gasohol tanto mecánica como electrónica, tiene por finalidad suministrar la cantidad de combustible necesaria para la combustión dentro de la cámara del cilindro, con ello se consigue ingresar el combustible gasificado con el cual el rendimiento de la combustión es elevado, de tal manera que las partículas del combustible están en movimiento browniano facilitándose el desprendimiento de energía térmica. Los sistemas de inyección electrónico registran información sobre la operación del motor mediante sensores asociados a una UCE. En el UCE se procesa y determina el flujo de combustible a inyectar con ellos la válvula de admisión debe admitir el aire necesario para una adecuada combustión. Con ello se consigue un alto rendimiento específico y un torque elevado para el arranque del motor, al recibir el motor la cantidad justa de combustible en

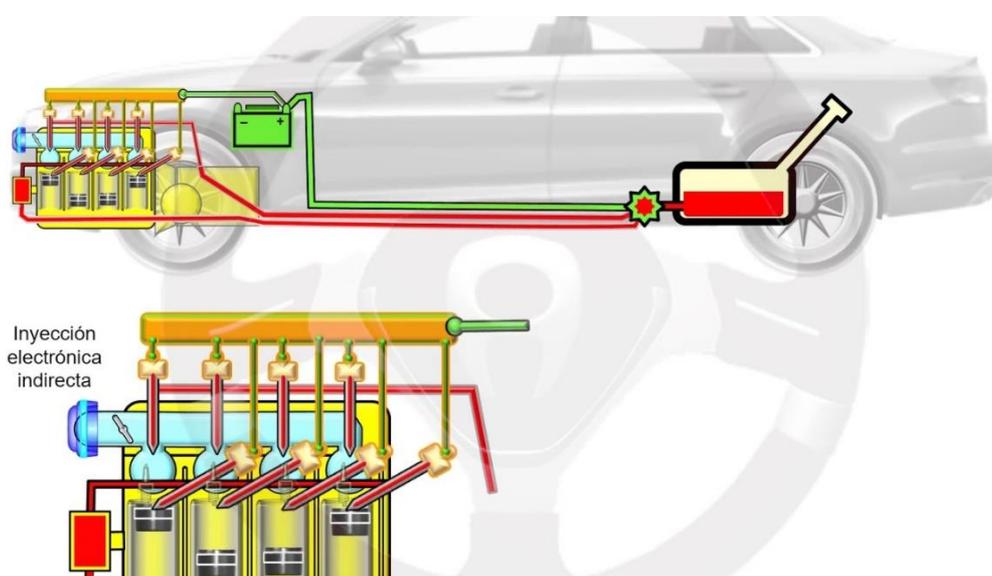
cada instante y en cada cilindro, disminuyendo las emisiones de elementos contaminantes a la atmosfera. (Carranza, 2012)

Los vehículos con convencionales también han incrementado su rendimiento con los materiales y arquitectura de los motores, el empleo de la electrónica de inyección y control, entre otros factores. Estas ventajas tecnológicas se han aplicado tanto a motores con encendido por explosión como por encendido por compresión, lo cual al mejorar el desempeño del motor, genero una reducción del costo especifico de combustible. La mayor parte de los motores de alta potencia (mayores de HP) son sobrealimentados, con la finalidad de incrementar su relación de compresión, rendimiento hasta % y tener un mejor desempeño en alturas sobre el nivel del mar, debido al aumento del rendimiento volumétrico del motor. (Carranza, 2012)

La inyección directa, presente en los motores de carga pesada se han difundido en principios de ciclo. El combustible se inyecta de forma directa a la cámara de combustión, en vez de en una precámara. Los motores de inyección directa son de mayor eficiencia que los de inyección indirecta, consumiendo menos combustible y reducen las emisiones de CO₂, pero por lo general son más ruidosos. (IDAE, 2015)

Figura 18

Esquema de inyección a vehículos con gasohol



Nota. Imagen obtenida de Tecnología del automóvil (2020)

d. Vehículos con motores con biodiesel BD5.

El motor diésel fue creado por R. Diesel, el año 1893, siendo su fabricación masiva desde 1936. En el transcurso de los años se ha desarrollado notablemente con la implementación de novedosas tecnologías tal como la Empresa Bosch. Las 5 ventajas de los motores diésel son:

- Consumen menos combustible en relación a los motores con gasohol. Esto se debe a la elevada presión en la cámara de combustión, la construcción del tren de levas, la robustez de sus elementos y otra serie de factores. Además, el combustible biodiésel tiene un menor costo unitario con respecto al gasohol.
- El combustible en los motores diésel conforme se admita, lo cual genera un elevado torque de arranque a bajas revoluciones. Contribuyendo a un mejor desempeño ante altos esfuerzos mecánicos y térmicos a los que se somete los componentes del motor.
- Tienen un alto indicador de desempeño específico superior al gasohol.
- Debido a las bujías de incandescencia y la calefacción de los inyectores, los trenes motrices diésel se ponen en marcha sin ninguna dificultad, independiente de la temperatura del medio ambiental.
- Mayor vida útil con respecto a los trenes motrices de gasolina. (Den. 2021)

Un motor diésel funciona mediante la ignición (encendido) del combustible. Éste se inyecta pulverizado y con alta presión en una cámara (o precámara, en el caso de inyección indirecta) de combustión que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de autocombustión. En el proceso de autoinflamación no se produce chispa como en los motores de gasolina. (Goodyear,2020)

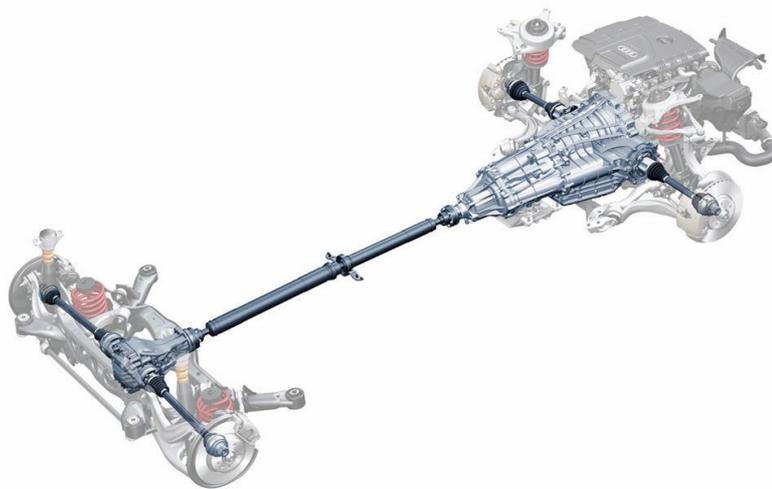
El segundo paso del ciclo es la compresión. El combustible se inyecta en la parte superior de la cámara de combustión a gran presión desde los inyectores, de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura (entre 700 y 900 °C) y alta presión. La combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón. Esta expansión, a diferencia del motor de gasolina, genera un movimiento rectilíneo. La biela transmite este movimiento del pistón al cigüeñal, al que hace girar, transformando el movimiento rectilíneo en un movimiento de rotación. La última fase del proceso de combustión de los motores diésel es el escape. En el desplazamiento hacia arriba del

pistón, la válvula de escape se abre y el gas quemado se expulsa. Si lo quieres tener aún más claro, puedes ver este vídeo en el que se explica cómo funcionan este tipo de motores. (Goodyear,2020)

Teniendo en cuenta todo el proceso de combustión y según un informe de 2017 de la organización Transport and Environment (T&E), los motores de gasóleo emiten más gases de efecto invernadero que los de gasolina. Como media, la tecnología diésel produce 3 toneladas más de CO₂ que la gasolina durante su vida útil. Fabricantes y administraciones han reaccionado ya a este hecho. Los primeros, con el desarrollo de estrategias para la creación de motores eléctricos con cada vez mayores autonomías, una de las principales dificultades que se encuentra el comprador de un coche con motor eléctrico; y los segundos, con mayor inversión en puntos de recarga y, desgraciadamente, con prohibiciones y limitaciones al tránsito de coches diésel, sobre todo de los más veteranos. China, primer mercado mundial, se plantea prohibir la circulación de coches diésel y las autoridades hablan de 2025 como “un año clave para el automóvil”; Francia y Reino Unido han puesto 2040 como fecha tope para dejar de vender coches de gasolina y diésel y en el caso de los británicos, en 2050 prohibirá no sólo comercializar con este tipo de vehículos sino incluso circular. (Goodyear,2020)

Figura 19

Esquema de sistema de transmisión vehículo con biodiesel



Nota. Imagen obtenida de Rodes (2020)

2.3.3 Desempeño.

El concepto de eficiencia del pozo a la rueda o "well-to-wheel" (W2W) toma en cuenta todas las transformaciones que un dado insumo de energía primaria sufre desde que se extrae de la naturaleza (well) hasta que llega al tanque o batería eléctrica (tank). También se puede incluir la eficiencia desde que se carga de combustible en el tanque o de electricidad a la batería hasta que se transforma en energía mecánica para recorrer una dada distancia. Así la eficiencia y el consumo de "well to wheel" se puede separar en dos partes: "well-to-tank"(W2T) y "tank-to-wheel" (T2W). La primera etapa, W2T, incluye los gastos energéticos de la extracción de petróleo, su transporte, procesamiento y la entrega de combustible al tanque (tank). El concepto de "tank-to-wheel" hace referencia a la eficiencia del vehículo propiamente dicho, desde que se carga de combustible hasta que este se transforma en energía mecánica. (Gil, 2015)

Así, cuando decimos que un automóvil tiene un rendimiento de 15 km/litros, estamos haciendo referencia al consumo del tanque a la rueda o "tank-to-wheel". Para obtener un litro de nafta, cuyo poder calorífico es de aproximadamente 8.232 kcal/l (34,5 MJ/l), es necesario tener en cuenta la eficiencia de transporte del petróleo a la refinería (~ 92%), la eficiencia de refinamiento (~85%) y la de distribución de la nafta (~ 94%). Por lo tanto, la eficiencia del pozo al tanque (W2T) de la nafta es del orden del ~73,5% (=100x0,92x0,85x0,94). De modo que el consumo W2W para el ejemplo considerado resulta $15 \text{ km/l} / (34,5 / 0,735) \text{ MJ/l} \approx 0,32 \text{ km/MJ}$. Por otro lado, por cada litro de nafta, se emite aproximadamente 2,3 kg de CO₂, de modo que las emisiones por kilómetro son $\approx 216 \text{ g(CO}_2\text{)/km}$. (Gil, 2015)

En el caso de vehículos eléctricos, la eficiencia T2W es en general del orden del 90%, sin embargo, la generación eléctrica de origen térmica en centrales de ciclo combinado, tiene una eficiencia del 58%, a esto hay que agregar la eficiencia del transporte de gas (~95%) y la eficiencia de distribución eléctrica (~88%). De este modo la eficiencia W2W de un auto eléctrico alimentado con electricidad de origen térmico con combustible de gas es del orden del 43% (=100x0,9x0,58x0,95x0,88). Además, hay que tener en cuenta que en promedio en Argentina por cada kWh se genera 0,5 kg de CO₂. En un análisis "well-to-wheel" estas características de la generación eléctrica deben ser incluidas para comparar distintas tecnologías. (Gil, 2015)

También se usa el concepto de eficiencia "well-to-wheel" en forma porcentual. Se refiere a la proporción de energía de un dado combustible primario que se convierte en energía útil al final de la cadena. Por su parte el consumo "well-to-wheel" se define como el contenido de energía primaria que se necesita para recorrer 1 km y se expresa en MJ/km. Desde luego, en la energía se deben contabilizar todos los procesos del combustible primario necesarios para que finalmente el vehículo recorra 1 km. En el caso de un vehículo convencional a nafta, con una eficiencia W2T del 20%, resulta que su eficiencia W2W es del orden del 15% ($20\% \times 73,5\%$). Si tenemos en cuenta que frecuentemente los vehículos tienen masas entre 15 a 20 veces la de sus pasajeros. Resulta que un automóvil que transporta a una sola persona, tiene una eficiencia energética, para trasladar la carga útil (pasajero), inferior al 1%. (Gil, 2015)

2.4 Balances de energía.

2.4.1 Generalidades.

Un sistema energético se define como la parte del universo objeto de estudio. Un sistema puede ser una célula, una persona, el vapor de una máquina de vapor, la mezcla de gasolina y aire en un motor térmico, la atmósfera terrestre, una red de generación, transmisión y distribución de energía, etc. Es definida por el observador según el objeto de estudio. El sistema energético puede estar separado del resto del universo (denominado alrededores del sistema) por paredes reales o imaginarias. En este último caso, el sistema objeto de estudio sería, por ejemplo, una parte de un sistema más grande. Las paredes que separan un sistema de sus alrededores pueden ser aislantes (llamadas paredes adiabáticas) o permitir el flujo de calor (diatérmicas). (Blas y Fernández, 2019)

La eficiencia energética se podría definir de forma genérica como la disminución del uso de la energía, (sea cual sea la fuente que origina la energía) sin dejar de prestar los servicios para los que se requiere dicha energía. De esta forma se asegura que al recibir los mismos servicios consumiendo menos energía, se utiliza ésta en una forma óptima y sin menoscabo de la necesidad que se precisa cubrir: comodidad, confort, seguridad, etc. Esto es así, ya que, en el uso de la energía para provocar un cambio en cualquier magnitud, (temperatura, movimiento, luz, etc.) se pierde una parte de la energía que no acaba produciendo un cambio en la magnitud deseada. (Grudilec, 2020)

Actualmente existen dos grandes tendencias en cuanto a la eficiencia energética:

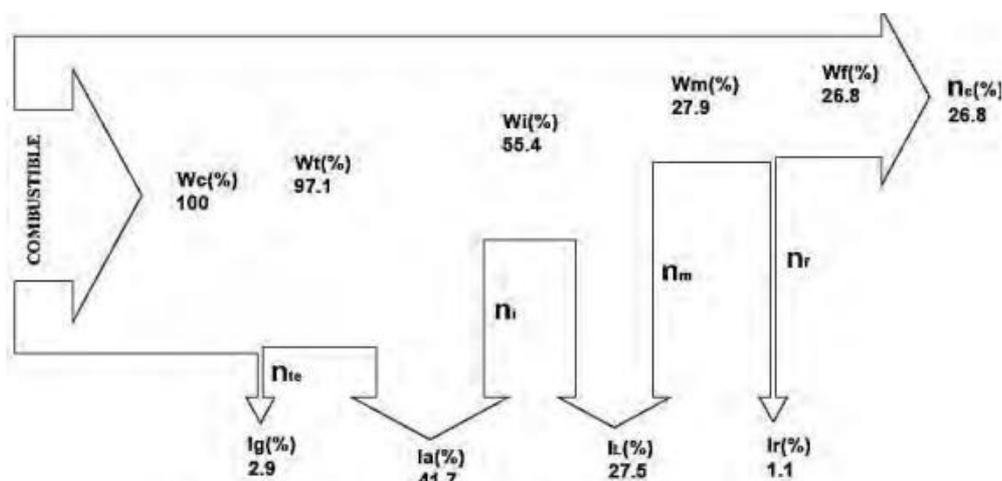
Las medidas pasivas, consistentes en el máximo aprovechamiento de la energía ya consumida.

Las medidas activas, consistentes en la optimización en el uso de la energía

Aunque no se considere una medida propiamente, una tercera medida consistiría en el uso de energías de menor consumo o más respetuosas con el medioambiente en el sentido de que bien sean menos costosas de generar, o que la huella de CO₂ en su generación sea menor. En este sentido el vehículo eléctrico es el mejor exponente, ya que se emplea energía eléctrica en vez de fuentes combustibles de origen fósil. Otro ejemplo de alternatividad sería el uso de energía solar en edificios para ACS en vez de la energía eléctrica o el uso de gas. (Grudilec, 2020)

Los diagramas de Sankey se suelen utilizar para visualizar las transferencias de energía, material o coste entre procesos, a través de flechas que muestran la pérdida o dispersión por transferencia. También se utilizan para visualizar las cuentas de energía o de flujo de materiales a nivel regional o nacional. Este tipo de diagramas pone un énfasis visual de las transferencias importantes o flujos dentro de un sistema, y son de gran ayuda en la localización de las contribuciones dominantes para un flujo total. (Schmidt, 2006)

Figura 20
Diagrama de sankey



Fuente: Montesinos (2017)

La eficiencia de una máquina térmica de Carnot sólo depende de la temperaturas máxima T_2 y mínima T_1 entre las que trabaja por lo que, conocidas esas dos temperaturas, podemos calcular la eficiencia IDEAL que un MCI alcanzaría. El comportamiento ideal implica que el proceso se realiza con total ausencia de rozamientos y pérdidas nulas por bombeo. Los procesos de combustión son instantáneos, el tiempo de apertura y cierre de válvulas es cero, los procesos de compresión y expansión son lentísimos y hay un aislamiento térmico perfecto, sin pérdidas de energía. Nunca una MCI podrá funcionar de esa manera. (Ruano, 2020)

En la figura siguiente se muestra el balance de energía de un motor real, se contabilizan las entradas y salidas de energía a la máquina. De cada 100 unidades de energía que entran al MCI, hay una gran parte de ella que se pierde por diferentes conceptos:

Figura 21

Balance de energía en MCI



Nota. Imagen obtenida de Ruano (2020)

Un 35% de la energía que entra se pierden en los gases de escape. En los componentes de este gas se encuentran presente el Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono, restos de Hidrocarburos no quemados, Nitrógeno, Oxígeno, además otros gases en pequeñas porciones y el Vapor de Agua. Traduciendo estas cifras a la realidad, de cada 100 unidades de energía que entran al MCI se pierden 35 unidades en los humos de escape.

El sistema de enfriamiento con agua del MCI, disipa al ambiente otro 20%. La moto ventilador disipa gran parte de ese calor y otro se pierde a través de las superficies y conexiones del motor. Y nos queda que otro 20% de la energía se pierde en forma de calor

radiante que se emite al ambiente. Al final de las 100 unidades de energía que entran, se utiliza en hacer el trabajo del MCI un 25%. (Ruano, 2020)

Definiremos el concepto de eficiencia o rendimiento que vamos a utilizar a continuación. Entendemos el rendimiento de un motor como el trabajo realizado por cada unidad de energía consumida. Si el trabajo realizado por el motor en cada ciclo fuese igual a la energía química del combustible utilizado para producirlo, la eficiencia de ese motor sería de un 100% (eficiencia perfecta). El motor Diesel (Ciclo Diésel), que difiere ligeramente del de gasolina, permite relaciones de compresión mayores. El cálculo realizado sobre el modelo teórico de este ciclo, se puede ver que su rendimiento para una relación de compresión de 18:1 es de un 30,0%. La eficiencia máxima (de un motor de gasolina con relación de compresión 8:1 es de un 27,0%. (Ruano, 2020)

La tabla 2 presenta las eficiencias aproximadas de los procesos convencionales:

Tabla 2
Eficiencia de procesos

Proceso	Eficiencia (%)
Refinería y transporte (gasolina)	86
Motor y transmisión (gasolina)	17
Refinería y transporte(diesel)	90
Motor y transmisión(diesel)	20
Refinería y transporte (gas natural)	91
Compresión (gas natural)	94
Motor y transmisión (gas natural)	16
Motor y transmisión (hibrido gasolina)	29
Motor y transmisión (hibrido diesel)	35
Generación de electricidad (diesel)	48
Generación de electricidad (gas natural)	55
Transmisión residencial (eléctrico)	94
Batería y electrónica de potencia(eléctrico)	80
Motor y transmisión(eléctrico)	90

Nota. Información obtenida de Colmenares, Contreras, Guzmán y Romero (2019)

La tabla 3 presenta las eficiencias globales como resultado de la combinación de la eficiencia de los procesos involucrados diversos. Para el caso del BEV y de los VHE “Plug-in” (PHEV que se pueden también recargar conectándolos a la red eléctrica) se consideran dos escenarios de generación de electricidad, ya que según sea el esquema de generación eléctrica del país, la eficiencia global de la plata-forma puede variar. En el primer escenario toda la generación se da a través del uso de plantas de generación diésel convencionales. El segundo escenario contempla la utilización de plantas de Ciclo Combinado (CC) que utilizan gas natural. Para los modelos “Plug-in” las eficiencias se estimaron tomando en cuenta el porcentaje de autonomía eléctrica pura respecto a un recorrido diario promedio de 66km.

Tabla 3

Eficiencia global referencial de distintos sistemas vehiculares referenciales

Tipo de vehículo	Eficiencia global (%)
MCI gasolina	15
MCI etanol	7
MCI diésel	18
MCI gas natural	14
BEV (escenario plantas diésel)	29
BEV (plantas ciclo combinado)	34
PHEV(gasolina)	25
PHEV (gasolina plantas diésel)	26
PHEV (gasolina+ plantas ciclo combinado)	27
PHEV (diésel+plantas diésel)	27
PHEV (diésel +plantas ciclo combinado)	30

Nota. Información obtenida de Colmenares, Contreras, Guzmán y Romero (2019)

Considerando un coche compacto de tipo medio:

En gasolina de inyección directa tendríamos un consumo combinado de 5,0 l/100 km según el obsoleto ciclo NEDC, considerando un aumento del 25% en condiciones reales, vendrían a ser unos 6,25 l/100 km (gasolina a 1,26 euros/l).

En diésel de inyección directa tendríamos un consumo de 3,9 l/100 km, pero consideraremos 4,9 l/100 km de consumo real (gasóleo a 1,19 euros/l).

En GLP el consumo sería de 6,9 l/100 km, que serían unos 8,6 l/100 km reales (GLP a 0,66 euros/l), más 0,3 l/100 km de gasolina.

En GNC tendríamos 3,5 kg/100 km de consumo medio NEDC, pero consideraremos 4,37 kg/km en condiciones reales (GNC a 0,95 euros/kg), más 0,3 l/100 km de gasolina. (Ibáñez, 2020)

El petróleo tiene una densidad energética de 42.000 kJ/kg mientras que las baterías de ion-litio, las más utilizadas actualmente, están entre los 325 y los 650 kJ/kg. Esto quiere decir que para almacenar la misma energía que un 1 kg de petróleo necesitaríamos entre 65 y 130 kilogramos de baterías. Considerando una densidad media de la gasolina de 0,760 kg/l (0,845 kg/l el gasoil) un depósito de 60 litros pesaría unos 45 kilogramos y almacenaría 1.890.000 kJ. Con un consumo medio de 6 l/100 km recorrería 1000 kilómetros, es decir 22 km/kg. (Sánchez, 2017)

Un coche eléctrico con una batería de 200 kilogramos almacenaría tan entre 65.000 y 130.000 KJ. con 22 kWh de energía y un consumo medio de 15 kWh/100 km tendría una autonomía de 146 kilómetros, es decir sería capaz de recorrer 0,73 km/kg. Sin embargo, es capaz de sacar mucho mayor rendimiento a la poca energía que almacena. Así mientras el motor de gasolina recorre 0,0005 kilómetros con cada kilojulio el eléctrico recorre entre 0,001 y 0,002, es decir el doble. (Sánchez, 2017)

2.5 Cadena de suministro de la energía primaria.

2.5.1 Generalidades.

La Cadena de Suministros, es la integración de las funciones principales del negocio desde el usuario final a través de proveedores originales que ofrecen productos, servicios e información que agregan valor para los clientes y otros interesados”. Dentro de la cadena de suministro se pueden encontrar a dos tipos de miembros, los miembros primarios y los miembros de soporte. Los miembros primarios son aquellas compañías o empresas autónomas que realizan actividades para satisfacer a un cliente y los miembros de soporte son aquellas empresas que proveen recursos a los miembros primarios para que estos puedan cumplir con sus actividades. (Quispe, 2017)

La Cadena de Suministro es como una red de instalaciones y medio de distribución que tiene por función la obtención de materiales, mediante la transformación de dichos materiales en productos intermedios y productos terminados, además el transporte viene hacer parte de esta cadena y por último la distribución de estos productos terminados a los consumidores. (Quispe, 2017)

En el Perú la cadena de suministro de energía eléctrica on grid se inicia en el Sistema Interconectado Nacional, que es un conjunto de centrales de generación termoeléctricas e hidroeléctricas acopladas a una red central de transmisión conformada por líneas de 500, 220, 138 y 60 kV, en las cuales se inyecta y retira la energía, siendo derivada a las diversas zonas de concesión administradas por las Empresas de Distribución de Energía, geográficamente desde Tumbes a Tacna, Madre De Dios, Pucallpa, Tarapoto y Chachapoyas. (Palomino y Pumay, 2014)

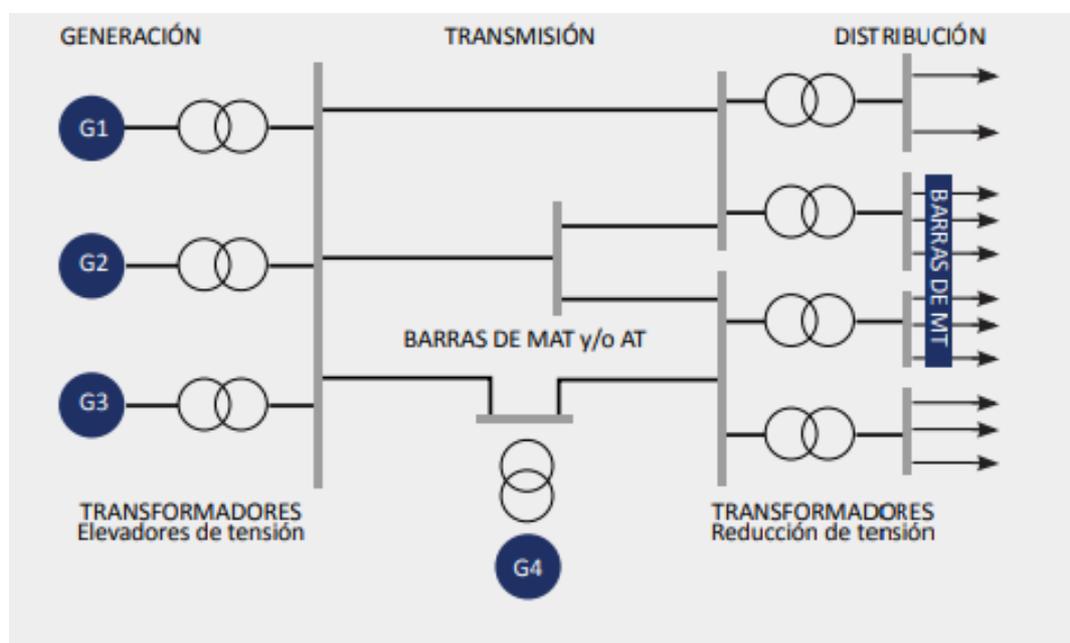
La generación constituye el primer eslabón del sistema de suministro de energía eléctrica, esta consiste en la transformación de cualquier clase de energía química, mecánica, térmica, hidráulica, luminosa, entre otras. Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas. Una central termoeléctrica es aquella que genera energía eléctrica a partir de energía liberada en forma de calor, generalmente a partir de la combustión de combustibles fósiles como gas natural o petróleo, en donde el calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para mover un alternador y producir energía eléctrica mediante ciclos simple y ciclo combinado, siendo la primera central quien cubre el pico de máxima demanda del sistema y coloca el precio de la energía generada. (Bolaño y Frontalvo, 2015)

La actividad de la transmisión está referida al transporte de la energía desde las centrales de generación de energía hacia los centros de consumo y se compones de líneas o redes de transmisión o barras de base. En el Perú el sistema de transmisión está compuesta por los Sistemas Principales de transmisión (SPT) y por los Sistemas secundarios de transmisión (SST). Las perdidas permitidas en el sistema de transmisión son de 7 %. (Palomino y Pumay, 2014)

La distribución es aquella actividad económica que tiene por finalidad la administración de una zona de concesión, en la cual la energía eléctrica es suministrada a los usuarios en niveles de media y baja tensión. En estas empresas interviene el concepto de economía de densidad, la cual hace referencia a la reducción de los costos medios conforme se incrementa la densidad de los usuarios dentro de una zona de concesión. Así mismo las zonas de concesión de acuerdo a sus condiciones de consumo se subdividen en sectores típicos. (Palomino y Pumay, 2014)

Figura 22

Cadena de suministro de energía Sistema Mayor-Perú



Nota. Imagen obtenida de Tamayo, Jacome, Vásquez y Vílchez (2017)

La distribución de los hidrocarburos se realiza en camiones cisterna que cuentan con las medidas de seguridad necesarias para prevenir cualquier accidente. En el Perú la automatización en las estaciones de servicio es bastante baja durante la dispensación de hidrocarburos en comparación con otros países como Colombia o Estados Unidos en los cuales no se cuenta con personal de atención, sino que el mismo usuario dispensa el hidrocarburo colocando una tarjeta de crédito que activa el surtidor. (Alama y Ramos, 2019)

Instalación en un bien inmueble donde los Combustibles son objeto de recepción, almacenamiento y venta al público. En el país, también se les denomina Estaciones de Servicio, Grifos, Grifos Flotantes, Grifos de Kerosene, Grifos Rurales y Grifos en la vía pública. El D.S. N° 054-93-EM “Reglamento de Seguridad para Establecimientos de Venta al Público de Combustibles Derivados de Hidrocarburos” (Modificatorias: DS 020-2001-EM; DS 027-2005- EM; DS 037-2007-EM) TMD.S. N° 030-98-EM “Reglamento de Comercialización de Combustibles Líquidos, entre otras normas las actividades de comercialización de combustibles en el país. (Ganoza, 2015)

Figura 23
Gasocentro típico urbano



Nota. Imagen obtenida de Ganoza (2015)

Se conoce como electrolinera a un lugar que provee electricidad para la recarga rápida de las baterías de los vehículos eléctricos. Esta electricidad puede ser procedente de la red eléctrica o puede ser con energía solar fotovoltaica autónoma. Estaciones de corriente alterna (AC) Este tipo de estaciones están diseñadas para ser instaladas a la intemperie, permiten recargar al vehículo hasta en un 80% en un tiempo de 3 horas; estas estaciones están idealizadas para sitios donde el vehículo está detenido mientras el conductor realiza otras actividades como supermercado, universidad, etc.; y son muy fáciles de utilizar.

3.3.2. Estaciones de corriente continua (DC) Este tipo de estaciones cuentan con equipos más avanzados lo que permite recargar las baterías del vehículo en mucho menor tiempo, todo lo contrario, a las estaciones AC, el vehículo tendrá un 80% de carga en alrededor

de 30 minutos, lo que da una facilidad para retornar prontamente al camino. (Enrique, 2016)

Las Fotolineras son estaciones de recarga de vehículos eléctricos (VE) cuya energía procede de la energía solar captada mediante paneles solares. También llamadas electrolinerar solar, ofrecen un sistema de recarga limpio y económico para enchufar y recargar los vehículos eléctricos. Estas estaciones de recarga suponen una forma eficiente de aprovechar un aparcamiento y ser más eficiente. En el espacio que ocupan un vehículo eléctrico y su punto de recarga pueden implementarse placas solares, de tal forma que usamos la energía solar limpia para cargar nuestros vehículos eléctricos. Las estaciones de recarga renovables pueden ser de varios tipos. (Lugenergy, 2021)

Figura 24

Fotolineras



Nota. Imagen obtenida de Europa prefabri (2022)

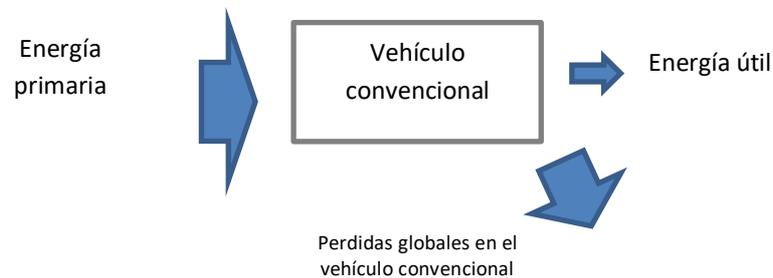
2.5.2 Modos

Los vehículos convencionales son sistemas mecánicos que emplean como elemento motriz un motor de combustión interna alternativo. Los motores de combustión interna son máquinas reciprocantes que convierten la energía química de un combustible en energía mecánica mediante un ciclo termodinámico. Los motores de combustión interna más comunes son los de encendido por explosión los cuales funcionan mediante el ciclo

Otto y los encendidos por compresión que funcionan con ciclo Diésel. Para los m.c.i, los más eficientes son los que funcionan, con ciclo Diésel, su eficiencia térmica al freno es cercana al 34% en comparación con los impulsados con ciclo Otto que es alrededor del 30%. En cuanto a las emisiones contaminantes emitidas por los combustibles tenemos: CO, CO₂, NO_x y PM, así como los costos están sujetos a la volatilidad de precios del mercado internacional. (Campuzano, 2018)

Figura 25

Configuración del flujo de energía entrante y saliente en un vehículo convencional



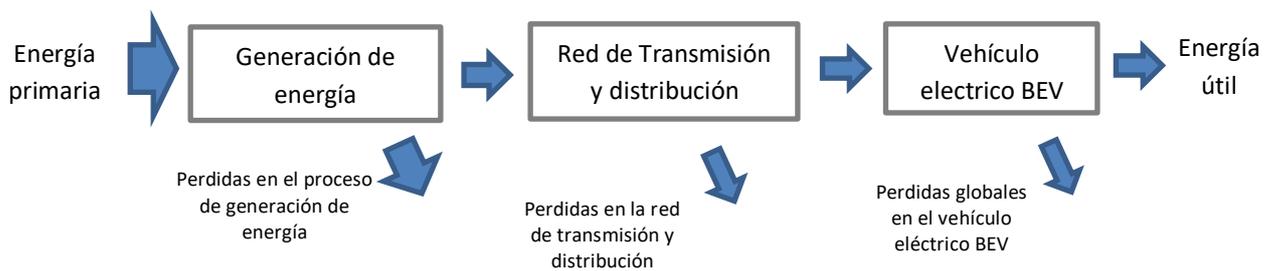
Nota. Imagen elaborada por el autor.

Un vehículo eléctrico es un vehículo de combustible alternativo impulsado por uno o más motores eléctricos. La tracción puede ser proporcionada por ruedas o hélices impulsadas por motores rotativos, o en otros casos utiliza otro tipo de motores no rotativos, como los motores lineales, los motores inerciales o aplicaciones del magnetismo como fuente de propulsión, como es el caso de los trenes de levitación magnética. Un vehículo eléctrico es aquel que utiliza la energía química guardada en una o varias baterías recargables. Se impulsa con la fuerza que produce un motor alimentado por electricidad; ya que estos motores eléctricos se pueden enchufar a la red para recargar las baterías mientras está aparcado, siempre que la infraestructura eléctrica lo permita. Un motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. El elemento conductor que tienen en su interior tiende a moverse cuando está dentro de un campo magnético y recibe corriente eléctrica. (Acosta y Carbajal, 2020)

En la norma ETP-IEC 60034-30-2019, para motores de inducción de jaula de una sola velocidad y según la norma ETP-IEC/TS 60034-30-2 -2019 para motores de velocidad variables (compatibles con las Normas NEMA) se definen las eficiencias IE1, IE2, IE3, IE 4 y IE5 compatibles las ultimas con las eficiencias prime y super prime con valores entre 93 a 95 % según la potencia y velocidad desarrollada. (INACAL, 2019)

Figura 26

*Configuración del flujo de energía entrante y saliente en un vehículo eléctrico
BEV con suministro de energía desde un sistema interconectado*

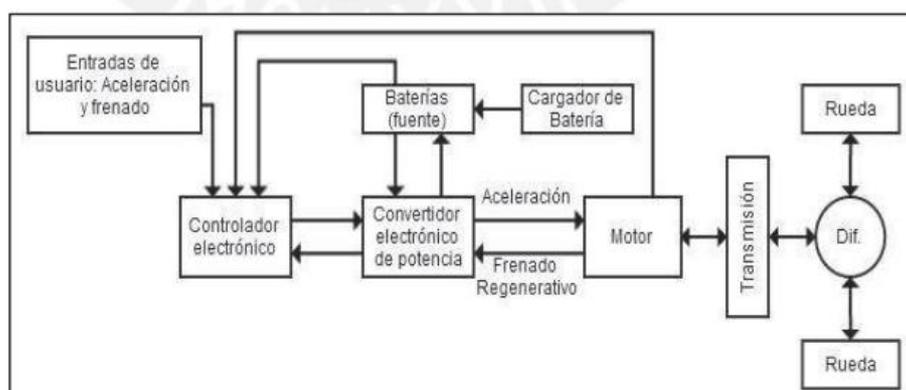


Nota. Imagen elaborada por el autor.

Los motores de los vehículos eléctricos convierten en movimiento cerca de un 90% de la energía que consumen. Por ello, a pesar de que la fuente de energía primaria sea un combustible fósil y que se produzcan pérdidas por calor en otros puntos, el vehículo eléctrico consumirá menos en comparación con uno de combustión interna (con una eficiencia cercana al 30%). (Acosta y Carbajal, 2020)

Figura 27

Configuración típica de un auto eléctrico BEV



Nota. Imagen tomada de Acosta y Carbajal, 2020.

Capítulo III: Material y Método.

3.1 Material.

3.1.1 Sustancias.

a. Gas licuado de petróleo:

El G.L.P es más pesado que el aire, en consecuencia, en casos de escapes de gas, el mismo tiende a acumularse en zonas bajas y de poca ventilación: pisos, sótanos, alcantarillas, áreas cerradas, etc. EL GLP es incoloro e inodoro. Por lo que para detectar cualquier escape se le añade un químico especial "agente odorante" que le da al GLP un olor particular desagradable. Para uso doméstico el GLP se distribuye en cilindros de metal de varios volúmenes. Los cilindros no se llenan en su totalidad con GLP líquido, para dar espacio para expansión de los vapores.

Dentro sus propiedades termodinámicas tenemos las siguientes:

Poder calorífico inferior: 39 507 (kJ/kg) (Fuente: Repsol) Densidad: 584 (kg/m³) (Fuente: Repsol)

b. Gas Natural Vehicular:

Gas Natural Vehicular: Se denomina gas natural vehicular (GNV por sus siglas en español o NGV por sus siglas en inglés), a la utilización del gas natural como combustible para vehículos. Puede utilizarse tanto en estado líquido (GNL) como gaseoso (comprimido, GNC). El GNV es el mismo gas natural que utilizan los consumidores residenciales, las industrias y las generadoras eléctricas, con la diferencia que el GNV es el gas natural comprimido y almacenado para su expendio en alta presión (+/-200 bar.) y su empleo en el transporte vehicular. Dentro sus propiedades físico químicas tenemos las siguientes:

Poder calorífico inferior: 7 775 kcal/m³.

Densidad: 0.65 kg/m³ (Fuente: Osinergmin)

c. Gasohol:

Es la mezcla que contiene un 92.2% de volúmenes de gasolina (de 84, 90, 95 o 97 octanos) y un 7.8% de volúmenes de alcohol carburante. Su uso en el país es obligatorio desde junio del 2011. El poder calorífico del gasohol de 97 octanos es de 42 MJ/kg y su densidad es de 763 kg/m³.

d. Biodiesel BD5:

El Diésel B5 es un combustible constituido por una mezcla de Diésel N.º 2 y 5% en volumen de biodiésel (B100). El Diésel N.º 2 es un combustible derivado de hidrocarburos obtenido de procesos de refinación. Biodiésel (B100) es un combustible diésel derivado de recursos renovables que puede ser obtenido a partir de aceites vegetales o de grasas animales. Prácticamente no contiene azufre. El Diésel B5 de PETROPERÚ S.A., cuya denominación comercial es Biodiésel B5 PETROPERÚ, cumple con las especificaciones técnicas de la norma técnica peruana vigente y guarda concordancia con los principales ensayos de los estándares internacionales ASTM, D975 y SAE J313. Según Sandoval (2021) el poder calorífico es de 9 860 kcal/kg y su densidad 3,29 kg/galón.

c. Energía solar fotovoltaica;

La energía solar fotovoltaica se produce por la transformación de la luz solar a energía eléctrica a través de paneles con células fotovoltaicas, un panel solar fotovoltaico, esta transformación se basa en el efecto fotovoltaico, que es la capacidad de algunos semiconductores, como el silicio, que genera energía eléctrica cuando se expone a la luz solar. El proceso para generar energía eléctrica es simple; la luz solar está conformada por partículas, entre ellas los fotones, que son los que contienen la energía. Cuando los fotones hacen contacto con la célula fotovoltaica, estos son absorbidos por el silicio o material semiconductor y libera un electrón, este electrón una vez libre produce una carga positiva. La eficiencia de los paneles solares según la Empresa ENEL (2022) X ha mejorado considerablemente en los últimos años, pasando de un promedio de casi el 15 % de conversión de luz solar a energía utilizable a casi el 20 %. Los paneles solares de alta eficiencia pueden alcanzar casi un 23 %. La potencia nominal de un panel solar de tamaño estándar también se ha incrementado de 250 W a 500 W.

3.1.2 Equipamiento.

Actualmente en Perú, la mayoría de los vehículos que prestan este servicio son los sedanes y los station wagon, sin embargo, otros tipos como los hatchbacks o los monovolúmenes de 7 plazas también han ingresado a este competitivo negocio que cada vez crece más debido a la gran demanda de personas que buscan taxis que les ofrezcan comodidad, seguridad y sobre todo un buen servicio. Se toma como referencia el Modelo

SEDAN según las páginas de comercialización de autos para taxi del Perú: Viper Automotora, Autofac, AAP Asociación Automotriz del Perú, entre otras.

Tabla 4
Vehículo a Gasohol de 97 Octanos

Especificaciones	Unidad	Detalle
Modelo		Kia Soluta
Cilindrada	cc	1 368
Dimensiones(largo/ancho/alto)	mm	4 300/1 700/1 460
Peso bruto	kg	1 280
Costo	U\$	14 000.00
Rendimiento promedio ciudad	Litro/km	12,3
Rendimiento promedio carretera	Litro/km	19,0
Potencia	HP	94 a 6000 rpm

Nota. Información obtenida de empresa KIA.

Tabla 5
Vehículo a GNV

Especificaciones	Unidad	Detalle
Modelo		Toyota Etios GNV
Cilindrada	cc	1 496
Dimensiones(largo/ancho/alto)	mm	4 369/1 695/1 510
Peso bruto	kg	1 500
Costo	U\$	15 690.00
Rendimiento promedio ciudad	Litro/km	5,8
Rendimiento promedio carretera	Litro/km	8,5
Potencia	HP	101,9 a 6000 rpm

Nota. Información obtenida de empresa TOYOTA

Tabla 6
Vehículo a GLP

Especificaciones	Unidad	Detalle
Modelo		Toyota Etios GNV
Cilindrada	cc	1 496
Dimensiones(largo/ancho/alto)	mm	4 369/1 695/1 510
Peso bruto	kg	1 430
Costo	U\$	15 100.00
Rendimiento promedio ciudad		8,0
Rendimiento promedio carretera		9,0
Potencia	HP	101,9 a 6000 rpm

Nota. Información obtenida de empresa TOYOTA

Tabla 7
Vehículo a Petróleo BD5

Especificaciones	Unidad	Detalle
Modelo		Toyota Corolla 1.6 XLIMIT
Cilindrada	cc	1 598
Dimensiones(largo/ancho/alto)	mm	4 630/1 780/1 436
Peso bruto	kg	1 690
Costo	U\$	22 300.00
Rendimiento promedio ciudad	Km/litro	15,3
Rendimiento promedio carretera	Km/litro	21
Potencia	HP	130 a 6000 rpm

Nota. Información obtenida de empresa TOYOTA

Tabla 8
Vehículo BEV

Especificaciones	Unidad	Detalle
Modelo		IONIQ Eléctrico
Autonomía	km	300
Dimensiones(largo/ancho/alto)	mm	4,470/1,820/1,460
Peso bruto	kg	1,880
Costo	U\$	39,000.00
		Motor y Batería
Potencia	kW	88
Tipo		Motor síncrono de imán permanente PMSM
Tiempo de carga standard 120 v	horas	24
Tiempo de carga standard 240 v	horas	4 y 30 minutos
Carga rápida (hasta 80 %)	horas	30 minutos
Transmisión de motor eléctrico		Engranaje de reducción de una sola velocidad
Capacidad de batería	Ah	38
Tipo de batería		Polímero de ion litio de 38.5 kWh
Unidad de control de energía eléctrica		EPCU regula sistema de gestión eléctrica y electrónica, convertidor AC/DC.
Cargador tipo OBC		Con AC 110-220 V(Estándar europeo)

Nota. Elaboración propia con información proporcionada por Hyundai del Perú.

3.1.3 Precios de energía.

Para los precios de los combustibles se toman los valores de venta de combustibles declarados por OSINERGMIN para el mes de febrero 2023.

Precio Gasohol de 97 octanos: 17,20 Soles/galón.

Precio GLP: 7,08 Soles/galón

Precio Petróleo BD5:18,48 Soles/galón.

Precio GNV:1,88 Soles/m³.

Fuente: <https://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosGLPAction.do>

Para los precios de energía eléctrica se toma en cuenta el valor del cargo por energía activa en tarifa BT5B Residencial para la ciudad de Lima agosto 2022.

Precio de Energía Activa: 0,6944 Soles/kWh

Cargo Fijo: 3.31 Soles/mes

Fuente: <https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegoTarifario?Id=150000>

Del mismo modo para el precio de la energía con SFV autónomos se tomó referencia el costo unitario de la tarifa eléctrica rural para un sistema SFV BT8-320 vigente para el periodo 2022-2026 para sistemas solares autónomos el cual es 202,59 ctm. S//kWh (Página 13 del Informe N° 462-2022-GRT Fijación de la Tarifa Rural para Sistemas Fotovoltaicos del periodo del 17/08/2022 al 16/08/2026)

3.1.4 Eficiencias de máquinas y equipos.

Para la cadena de suministro convencional se toma en cuenta la estructura de eficiencias siguientes:

Para generación, el valor referente a la Central Termoeléctrica de Santa Rosa TG7 con gas natural con un Heat Rate de 11,25 MMBTU/MWh con un rendimiento de planta de 37%. La central actualmente cubre el valor de la máxima demanda del Sistema Eléctrico. Según el informe N° 099-2022-GRT (marzo 2022) para la fijación de los precios en barra mayo 2022-abril 2023.

Para los sistemas de distribución y transmisión se toma en cuenta el valor de pérdidas del balance de distribución SISDIS para el tercer trimestre 2022 el cual es igual a 11% para la Empresa Enel Distribución. Y la eficiencia promedio de la red de transmisión es de 7%.

Fuente: <https://www2.osinergmin.gob.pe/publicacionesgrt/pdf/InfoComercial/IC2022T1.pdf>

Para los motores de combustión interna de los vehículos se toman los siguientes valores extraídos del Capítulo II del presente informe:

Motor de combustión interna con encendido por compresión con petróleo BD5:30%

Motor de combustión interna con encendido por explosión con gasohol de 90 octanos: 27%

Motor de combustión interna con encendido por explosión con GLP: 25 % (El GLP se compra en litros. En general, con un litro de GLP se recorren un 90% de los kilómetros que se hacen con un litro de gasolina. Por lo tanto, si un vehículo con 1 litro de gasolina hace 10 Km, con 1 litro de GLP recorre 9 km. Esta relación puede variar en base a la mezcla de propano–butano utilizada.)

Motor de combustión interna con encendido por explosión con GNV:26% (El GNV rinde aproximadamente 40 kilómetros por galón y el **GLP** unos 35 kilómetros por galón. Sin embargo, esto varía dependiendo del tamaño del motor y las condiciones por donde recorre el vehículo)

Motor eléctrico de eficiencia prime: 90 %

Eficiencia de la transmisión mecánica desde el motor a las ruedas: Según lo detallado en el texto Manual del Automóvil de Arias Paz. Según la siguiente distribución

2% para accionar al ventilador.

2% para la generación de electricidad en el dinamo o alternador.

3% para vencer la resistencia del filtro de aire.

5% en el aire bajo el capo, que es el aspirado por los cilindros, el cual se encuentra 20°C más caliente que la temperatura exterior, y por tanto el llenado es ineficiente, ya que el aire caliente ocupa más espacio que el aire frío y para el mismo volumen de aire aspirado, entra menos oxígeno a quemar el combustible.

8% por la transmisión automática, en el convertidor de par.

3% en el rozamiento interno del puente trasero.

7% en la tubería de escape y silenciador,

6% por rozamiento/ calentamiento de los neumáticos, que se incrementa con la velocidad.

Si la transmisión es automática, como su rendimiento aumenta con la velocidad, la pérdida en los neumáticos (6%) se compensa con una menor transmisión, contándose solo 8% entre ambas. Si no es automática, al 6% de los neumáticos, se le añade 2% en la caja de cambios, y da el mismo total de 8%.

De cualquier manera, la suma de las pérdidas es de un 30% quedando disponibles en los neumáticos (para aceleraciones, pendientes, velocidad punta, resistencia a la rodadura y del aire) el 70% de la potencia indicada por el fabricante, que en el mejor de los casos es 17 % hasta un valor del 14 %.

Para la eficiencia del sistema solar fotovoltaico se tomó el valor de 20 % (Fuente: Empresa ENEL X)

3.1.5 Para las emisiones de dióxido de carbono asociado a los sistemas automotrices, se toma en cuenta el Informe Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17, donde se tienen los siguientes factores de emisión:

Para el GLP 63.1 kg CO₂/TJ

Para el GN 56,1 kg CO₂/TJ

Para el Gasohol de 95 Octanos 69,3 kg CO₂/TJ

Para el Petróleo BD5 70,8 kg CO₂/TJ

3.2 Método.

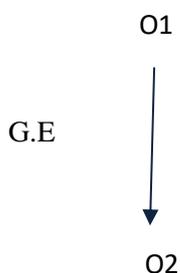
3.2.1 Metodología.

Método de la investigación.

El presente trabajo de investigación es del tipo pre -experimental, de naturaleza descriptiva.

Diseño.

El diseño de la investigación es cuantitativo, no-experimental, descriptiva causal explicativo, el cual busca encontrar las causas que caracterizan a la variable independiente que afectan, modifican o influyen en la variable dependiente, y se describe bajo que aspectos ocurre esa influencia. Se relaciona con las situaciones que tienen causas y que estas provocan un efecto.



O1 : Sustitución de vehículos convencionales por autos eléctricos BEV

O2 : Consumo de energía primaria.

G.E : Muestra de estudio (vehículo de transporte publico carga liviana)

→ : Influencia

3.2.2 Metodología de trabajo.

Se procedió a delimitar los sistemas energéticos a evaluar teniendo en cuenta el punto de entrada de la energía primaria tanto para el vehículo convencional como para el vehículo eléctrico BEV, para este último se considerará el suministro de energía eléctrica que incluye la infraestructura de generación, transmisión y transporte de energía.

Se realizó un balance de energía para los vehículos convencionales y vehículo eléctrico obteniéndose la eficiencia global para cada caso a partir de las eficiencias individuales de cada componente de los sistemas energéticos en análisis.

Se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$\eta_{tm} = \frac{Pu}{Pe} * 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

Pu es la potencia útil en los neumáticos.

Pe es la potencia efectiva entrante del motor de combustión interna o eléctrico.

η_{tm} es la eficiencia de la transmisión mecánica del automóvil

Por lo tanto, las pérdidas mecánicas en el sistema automotriz son:

$$P_{tm} = Pe - Pu \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

P_{tm} es la potencia mecánica perdida en el sistema de transmisión mecánica del automóvil sea convencional o BEV.

Eficiencia del m.c.i o motor eléctrico BEV.

$$\eta_{mci \ o \ BEV} = \frac{Pe}{Ps_{mci \ o \ BEV}} * 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

$Ps_{mci \ o \ BEV}$ es la potencia suministrada al mci por el combustible si es un mci o la potencia eléctrica que se entrega al automóvil BEV.

Por lo tanto, las pérdidas en el m.c.i con combustible o motor eléctrico BEV es:

$$P_{mci \text{ o } BEV} = P_{S_{mci \text{ o } BEV}} - P_e = 53,77 - 16,13 \dots \dots (4)$$

Por lo tanto, para un sistema convencional la eficiencia de pozo a ruedas se determina según la siguiente ecuación:

$$\eta_{pr \text{ mci}} = \frac{P_u}{P_{S_{mci}}} * 100\% \dots \dots \dots (5)$$

Para el caso del suministro de energía eléctrica para el automóvil BEV mediante la red eléctrica del SEIN, se tiene en cuenta las eficiencias del sistema de distribución eléctrica, transmisión y generación de energía, en este último caso está asociado al combustible consumido por una central termoeléctrica con turbina a gas que consume gas natural y que margina la curva de demanda en el SEIN.

La eficiencia de la red de distribución es:

$$\eta_{RD} = \frac{P_{S_{BEV}}}{P_{RD}} * 100\% \dots \dots (6)$$

Donde:

P_{RD} es la potencia eléctrica inyectada a la red de distribución.

Por lo tanto, las pérdidas en la red de distribución asociada al suministro al automóvil BEV son:

$$P_{pRD} = P_{RD} - P_{S_{BEV}} \dots \dots (7)$$

La eficiencia de la red de transmisión compara la potencia eléctrica inyectada a la red de transmisión por la central de generación con la potencia inyectada a la red de distribución:

$$\eta_{RT} = \frac{P_{RD}}{P_{RT}} * 100\% \dots \dots (8)$$

Por lo tanto, las pérdidas en la red de transmisión asociada al suministro de energía al automóvil BEV son:

$$P_{pRT} = P_{RT} - P_{RD} \dots \dots \dots (9)$$

La eficiencia de una central termoeléctrica con turbina a gas con gas natural es:

$$\eta_{CT} = \frac{P_{RT}}{P_{SCG}} * 100\% \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

P_{SCG} es la potencia térmica suministrada por el combustible en la central termoeléctrica con turbina a gas en el SEIN.

Por lo tanto, las pérdidas en la generación de energía en una central termoeléctrica con turbina a gas asociada al suministro al automóvil BEV son:

$$P_{pCG} = P_{SCG} - P_{RT} \dots \dots (11)$$

Por lo tanto, para un automóvil BEV con suministro de energía eléctrica convencional, la eficiencia de pozo a ruedas se determina según la siguiente ecuación:

$$\eta_{pr BEV} = \frac{Pu}{P_{SCG}} * 100\% \dots \dots \dots (12)$$

Para el caso de un suministro de energía eléctrica con un sistema solar fotovoltaico autónomo SFV tiene en cuenta las siguientes ecuaciones:

La eficiencia de un sistema solar fotovoltaico convencional es:

$$\eta_{SFV} = \frac{P_{SBEV}}{P_{RS}} * 100\% \dots \dots (13)$$

Donde:

P_{RS} es la potencia eléctrica asociada a la radiación solar incidente en el SFV.

Por lo tanto, las pérdidas en el sistema de conversión directa del sistema fotovoltaico asociada al suministro al automóvil BEV son:

$$P_{pSFV} = P_{RS} - P_{SBEV} \dots \dots (14)$$

Se realizó un benchmarking entre tecnologías automotrices.

Se cuantificó el consumo de energía primaria sustituida por el empleo de autos eléctricos y estimo el efecto de la sustitución de vehículos en las emisiones equivalentes de gases de efecto invernadero.

Capítulo IV: Resultados y Discusión.

4.1 Determinación de la eficiencia pozo a ruedas de sistemas convencionales.

4.1.1 Automóviles con combustible Petróleo BD5.

Cálculo de la eficiencia neta del automóvil.

Potencia útil generada en los neumáticos: 10 u.p (unidades de potencia)

Eficiencia de la transmisión mecánica = 62 %.

Perdidas en la transmisión mecánica = 38%

$$\eta_{tm} = \frac{10}{P_e} * 100\%$$

$$P_e = \frac{100\% * 10}{62\% * } = 16,13 \text{ u.p}$$

Por lo tanto, las pérdidas mecánicas en el sistema automotriz son:

$$P_{tm} = P_e - P_u = 16,13 - 10 = 6,13 \text{ u.p}$$

Eficiencia del m.c.i ciclo diesel con petróleo BD5= 30 %

$$\eta_{BD5} = \frac{16,13}{P_{S_{BD5}}} * 100\%$$

$$P_{S_{BD5}} = \frac{100\% * 16,13}{30\% * } = 53,77 \text{ u.p}$$

Por lo tanto, las pérdidas en el m.c.i con petróleo BD5 son:

$$P_{mci} = P_{S_{BD5}} - P_e = 53,77 - 16,13 = 37,64 \text{ u.p}$$

En la distribución de flujos de potencia en el sistema automotriz con petróleo BD5 tomando como 100% el valor de las 53,77 u.p suministradas, tenemos el siguiente resultado:

Tabla 9

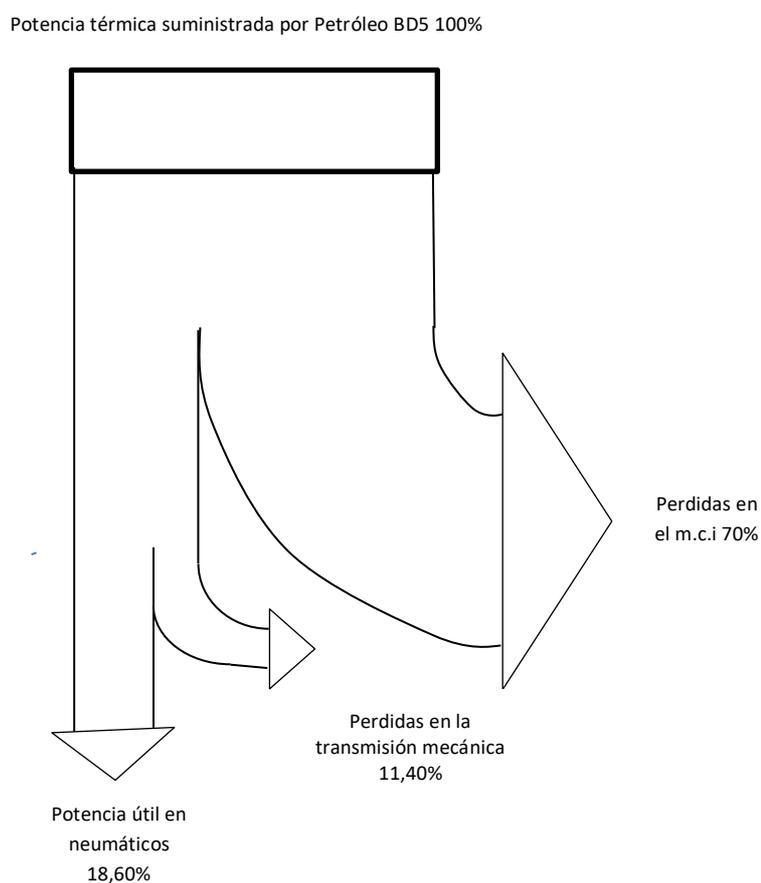
Distribución porcentual de potencias m.c.i con petróleo BD5

N°	Potencia	Valor	%
1	Potencia suministrada por petróleo BD5	53,77	100.0 %
2	Perdidas en el m.c.i	37,64	70,0%
3	Perdidas en la transmisión mecánica	6,13	11,40%
4	Potencia útil en los neumáticos	10,00	18,60%

Nota. Elaboración propia.

Figura 28

Diagrama de Sankey para un m.c.i con petróleo BD5



Nota. Elaboración propia

Teniendo en cuenta el poder calorífico del Petróleo BD5, se determina la potencia térmica suministrada a un motor de 53,77 kW.

$$P_{S_{BD5}} = \dot{m}_{BD5} * PCI_{BD5}$$

$$\dot{m}_{BD5} = \frac{53,77 \frac{kJ}{s} * 3600 \frac{s}{h}}{9860 \frac{kcal}{kg} * 4,18 \frac{kJ}{kcal} * 3,29 \frac{kg}{galon}} = 1,43 \text{ galon/h}$$

4.1.2 Automóviles con combustible Gasohol de 95 octanos.

Cálculo de la eficiencia neta del automóvil.

Potencia útil generada en los neumáticos: 10 u.p (unidades de potencia)

Eficiencia de la transmisión mecánica = 62 %.

Perdidas en la transmisión mecánica = 38%

$$\eta_{tm} = \frac{10}{P_e} * 100\%$$

$$P_e = \frac{100\% * 10}{62\% *} = 16,13 \text{ u.p}$$

Por lo tanto, las pérdidas mecánicas en el sistema automotriz son:

$$P_{tm} = P_e - P_u = 16,13 - 10,00 = 6,13 \text{ u.p}$$

Eficiencia del m.c.i ciclo otto con gasohol de 95 octanos = 27 %

$$\eta_{G90} = \frac{16,13}{P_{S_{G90}}} * 100\%$$

$$P_{S_{G95}} = \frac{100\% * 16,13}{27\% *} = 59,74 \text{ u.p}$$

Por lo tanto, las pérdidas en el m.c.i con gasohol de 95 octanos son:

$$P_{mci} = P_{S_{G95}} - P_e = 59,74 - 16,13 = 43,61 \text{ u.p}$$

En la distribución de flujos de potencia en el sistema automotriz con gasohol de 95 octanos tomando como 100% el valor de las 59,74 u.p suministradas, tenemos el siguiente resultado:

Tabla 10

Distribución porcentual de potencias m.c.i con gasohol de 95 octanos

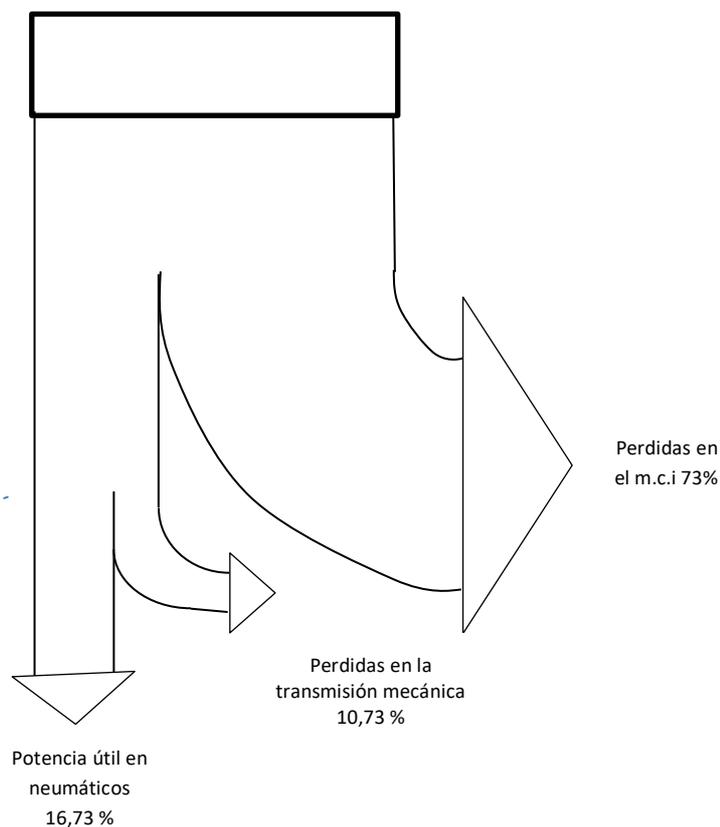
N°	Potencia	Valor	%
1	Potencia suministrada por Gasohol de 95 oct.	59,74	100.00 %
2	Perdidas en el m.c.i	43,61	73,00%
3	Perdidas en la transmisión mecánica	6,13	10,27%
4	Potencia útil en los neumáticos	10,0	16,73%

Nota. Elaboración propia.

Figura 29

Diagrama de Sankey para un m.c.i con gasohol de 95 octanos

Potencia térmica suministrada por Gasohol 95 100%



Nota. Elaboración propia

Teniendo en cuenta el poder calorífico del Gasohol de 95 octanos, se determina la potencia térmica suministrada a un motor de 64,52 kW.

$$P_{S_{G90}} = \dot{m}_{G90} * PCI_{G90}$$

$$\dot{m}_{G90} = \frac{59,74 \frac{kJ}{s} * 3\,600 \frac{s}{h}}{42\,000 \frac{kJ}{kg} * 763 \frac{kg}{m^3} * 3,79 \frac{m^3}{1000 \text{ galon}}} = 1,77 \text{ galon/h}$$

4.1.3 Automóviles con combustible GLP.

Cálculo de la eficiencia neta del automóvil.

Potencia útil generada en los neumáticos: 10 u.p (unidades de potencia)

Eficiencia de la transmisión mecánica = 62 %.

Perdidas en la transmisión mecánica = 38%

$$\eta_{tm} = \frac{10}{P_e} * 100\%$$

$$P_e = \frac{100\% * 10}{62\% *} = 16,13 \text{ u.p}$$

Por lo tanto, las pérdidas mecánicas en el sistema automotriz son:

$$P_{tm} = P_e - P_u = 16,13 - 10,00 = 6,13 \text{ u.p}$$

Eficiencia del m.c.i ciclo otto con GLP = 25 %

$$\eta_{GLP} = \frac{16,13}{P_{S_{GLP}}} * 100\%$$

$$P_{S_{GLP}} = \frac{100\% * 16,13}{25\% *} = 64,52 \text{ u.p}$$

Por lo tanto, las pérdidas en el m.c.i con GLP son:

$$P_{mci} = P_{S_{GLP}} - P_e = 64,52 - 16,13 = 48,39 \text{ u.p}$$

En la distribución de flujos de potencia en el sistema automotriz con GLP tomando como 100% el valor de las 64,52 u.p suministradas, tenemos el siguiente resultado:

Tabla 11

Distribución porcentual de potencias m.c.i con GLP

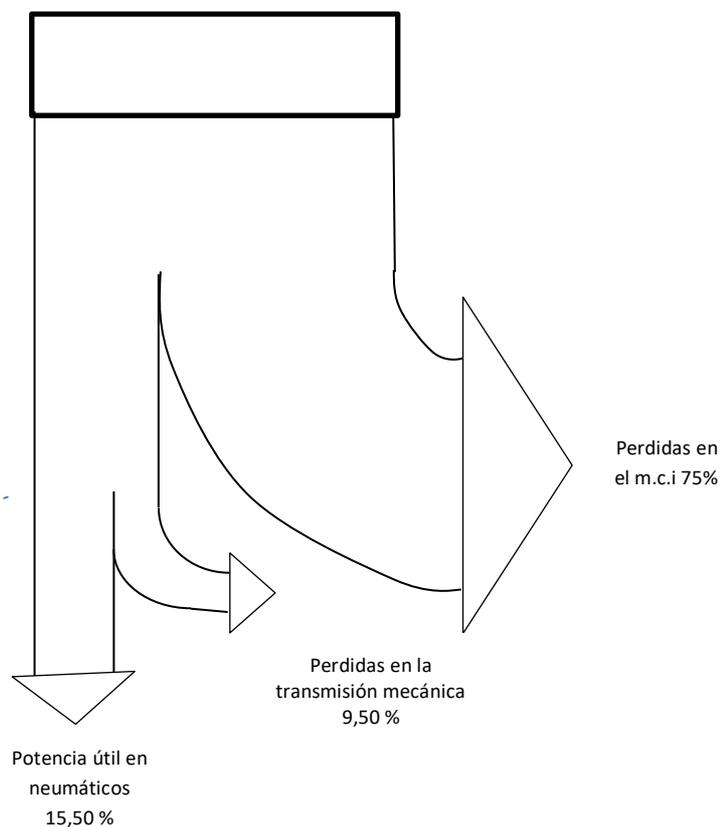
N°	Potencia	Valor	%
1	Potencia suministrada por GLP	64,52	100.00 %
2	Perdidas en el m.c.i	48,39	75,00 %
3	Perdidas en la transmisión mecánica	6,13	9.50 %
4	Potencia útil en los neumáticos	10,0	15,50 %

Nota. Elaboración propia.

Figura 30

Diagrama de Sankey para un m.c.i con GLP

Potencia térmica suministrada por Gasohol 95 100%



Nota. Elaboración propia

Teniendo en cuenta el poder calorífico del GLP, se determina la potencia térmica suministrada a un motor de 64,52 kW.

$$P_{S_{GLP}} = \dot{m}_{GLP} * PCI_{GLP}$$

$$\dot{m}_{GLP} = \frac{59,74 \frac{kJ}{s} * 3\,600 \frac{s}{h}}{39\,507 \frac{kJ}{kg} * 584 \frac{kg}{m^3} * 1 \frac{m^3}{219,97 \text{ galon}}} = 2,05 \text{ galon/h}$$

4.1.4 Automóviles con combustible GNV.

Cálculo de la eficiencia neta del automóvil.

Potencia útil generada en los neumáticos: 10 u.p (unidades de potencia)

Eficiencia de la transmisión mecánica = 62 %.

Perdidas en la transmisión mecánica = 38%

$$\eta_{tm} = \frac{10}{P_e} * 100\%$$

$$P_e = \frac{100\% * 10}{62\% * } = 16,13 \text{ u.p}$$

Por lo tanto, las pérdidas mecánicas en el sistema automotriz son:

$$P_{tm} = P_e - P_u = 16,13 - 10,00 = 6,13 \text{ u.p}$$

Eficiencia del m.c.i ciclo otto con GNV = 26 %

$$\eta_{GNV} = \frac{16,13}{P_{S_{GNV}}} * 100\%$$

$$P_{S_{GNV}} = \frac{100\% * 16,13}{26\% * } = 62,04 \text{ u.p}$$

Por lo tanto, las pérdidas en el m.c.i con GNV son:

$$P_{mci} = P_{S_{GNV}} - P_e = 62,04 - 16,13 = 45,91 \text{ u.p}$$

En la distribución de flujos de potencia en el sistema automotriz con GNV tomando como 100% el valor de las 62,04 u.p suministradas, tenemos el siguiente resultado:

Tabla 12

Distribución porcentual de potencias m.c.i con GNV

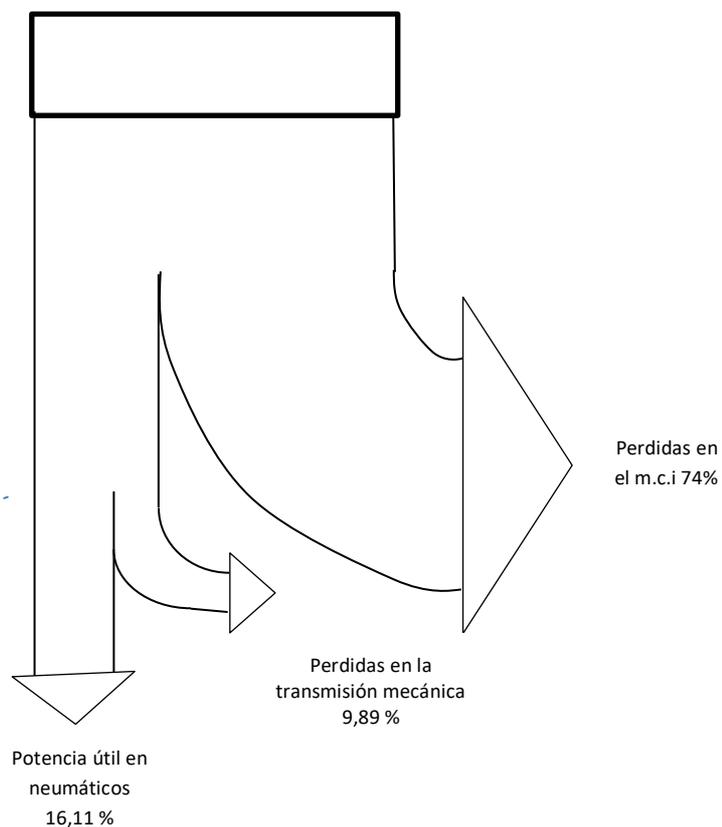
N°	Potencia	Valor	%
1	Potencia suministrada por GNV	62,04	100.00 %
2	Perdidas en el m.c.i	45,91	74,00 %
3	Perdidas en la transmisión mecánica	6,13	9,89 %
4	Potencia útil en los neumáticos	10,0	16,11 %

Nota. Elaboración propia.

Figura 31

Diagrama de Sankey para un m.c.i con GNV

Potencia térmica suministrada por Gasohol 95 100%



Nota. Elaboración propia

Teniendo en cuenta el poder calorífico del GNV, se determina la potencia térmica suministrada a un motor de 64,04 kW.

$$P_{SGNV} = \dot{m}_{GNV} * PCI_{GNV}$$

$$\dot{m}_{GNV} = \frac{64,04 \frac{kJ}{s} * 3600 \frac{s}{h}}{7775 \frac{kJ}{m^3} * 4,18 \frac{kJ}{kg}} = 7,09 m^3/h$$

4.2 Determinación de la eficiencia pozo a ruedas en automóviles eléctricos.

4.2.1 Con suministro de energía eléctrica de la red.

Cálculo de la eficiencia neta del automóvil.

Potencia útil generada en los neumáticos: 10 u.p (unidades de potencia)

Eficiencia de la transmisión mecánica = 90 %.

Perdidas en la transmisión mecánica = 10%

$$\eta_{tm} = \frac{10}{P_e} * 100\%$$

$$P_e = \frac{100\% * 10}{90\% *} = 11,11 u.p$$

Por lo tanto, las pérdidas mecánicas en el sistema automotriz son:

$$P_{tm} = P_e - P_u = 11,11 - 10,00 = 1,11 u.p$$

Eficiencia del automóvil BEV = 90 %

$$\eta_{BEV} = \frac{11,11}{P_{SBEV}} * 100\%$$

$$P_{SBEV} = \frac{100\% * 11,11}{90\% *} = 12,34 u.p$$

Por lo tanto, las pérdidas en el automóvil BEV son:

$$P_{BEV} = P_{SBEV} - P_e = 12,34 - 11,11 = 1,23 u.p$$

Las pérdidas en la red de distribución en la ciudad de Lima es 11 %.

$$\eta_{RD} = \frac{12,34}{P_{RD}} * 100\%$$

$$P_{RD} = \frac{100\% * 12,34}{89\% * } = 13,86 \text{ u.p}$$

Por lo tanto, las pérdidas en la red de distribución asociada al suministro al automóvil BEV son:

$$P_{pRD} = P_{RD} - P_e = 13,86 - 12,34 = 1,52 \text{ u.p}$$

Las pérdidas en la red de transmisión en el SEIN es 7 %.

$$\eta_{RT} = \frac{13,86}{P_{RT}} * 100\%$$

$$P_{RT} = \frac{100\% * 13,86}{93\% * } = 14,90 \text{ u.p}$$

Por lo tanto, las pérdidas en la red de transmisión asociada al suministro al automóvil BEV son:

$$P_{pRT} = P_{RT} - P_{RD} = 14,90 - 13,86 = 1,04 \text{ u.p}$$

La eficiencia de una central termoeléctrica con turbina a gas con gas natural es 37 %.

$$\eta_{CT} = \frac{14,90}{P_{SCG}} * 100\%$$

$$P_{SCG} = \frac{100\% * 14,90}{37\% * } = 40,27 \text{ u.p}$$

Por lo tanto, las pérdidas en la generación de energía en una central termoeléctrica con turbina a gas asociada al suministro al automóvil BEV son:

$$P_{pCG} = P_{SCG} - P_{RT} = 40,27 - 14,90 = 25,37 \text{ u.p}$$

En la distribución de flujos de potencia en el sistema automotriz BEV tomando como 100% el valor de las 40,27 u.p suministradas, tenemos el siguiente resultado:

Tabla 13

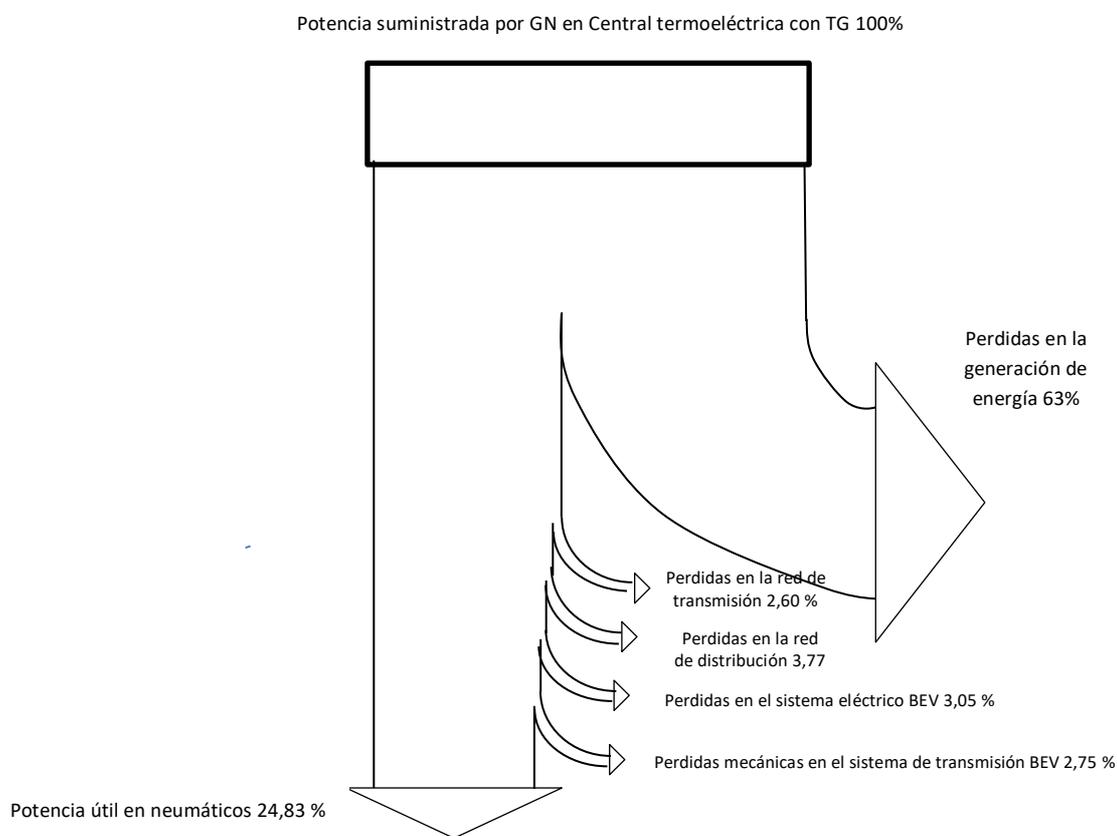
Distribución porcentual de potencias en auto BEV con suministro convencional de energía

N°	Potencia	Valor	%
1	Potencia suministrada por el Gas Natural en Central Termoeléctrica con turbina a gas.	40,27	100.00 %
2	Perdidas en la generación de energía	25,37	63,00%
3	Perdidas en la red de transmisión	1,04	2,60%
4	Perdidas en la red de distribución	1,52	3,77%
5	Perdidas en el sistema eléctrico BEV	1,23	3,05%
6	Perdidas en la transmisión mecánica BEV	1,11	2,75%
7	Potencia útil en los neumáticos	10,0	24,83 %

Nota. Elaboración propia.

Figura 32

Diagrama de Sankey para un BEV con suministro convencional de energía



Nota. Elaboración propia

Teniendo en cuenta el poder calorífico del GN, se determina la potencia térmica asociada al BEV suministrada a una central termoeléctrica con turbina a gas de 40,27 kW.

$$P_{S_{GN}} = \dot{m}_{GN} * PCI_{GN}$$

$$\dot{m}_{GN} = \frac{40,27 \frac{kJ}{s} * 3600 \frac{s}{h}}{7775 \frac{kJ}{m^3} * 4,18 \frac{kJ}{kg}} = 4,46 m^3/h$$

4.2.2 Con suministro de energía eléctrica proveniente de sistemas solares autónomos

Cálculo de la eficiencia neta del automóvil.

Potencia útil generada en los neumáticos: 10 u.p (unidades de potencia)

Eficiencia de la transmisión mecánica = 90 %.

Perdidas en la transmisión mecánica = 10%

$$\eta_{tm} = \frac{10}{P_e} * 100\%$$

$$P_e = \frac{100\% * 10}{90\% *} = 11,11 u.p$$

Por lo tanto, las pérdidas mecánicas en el sistema automotriz son:

$$P_{tm} = P_e - P_u = 11,11 - 10,00 = 1,11 u.p$$

Eficiencia del automóvil BEV = 90 %

$$\eta_{BEV} = \frac{11,11}{P_{S_{BEV}}} * 100\%$$

$$P_{S_{BEV}} = \frac{100\% * 11,11}{90\% *} = 12,34 u.p$$

Por lo tanto, las pérdidas en el automóvil BEV son:

$$P_{BEV} = P_{S_{BEV}} - P_e = 12,34 - 11,11 = 1,23 u.p$$

La eficiencia de un sistema solar fotovoltaico convencional es de 20 %.

$$\eta_{SFV} = \frac{12,34}{P_{RS}} * 100\%$$

$$P_{RS} = \frac{100\% * 12,34}{20\% * } = 61,70 \text{ u.p}$$

Por lo tanto, las pérdidas en el sistema de conversión directa del sistema fotovoltaico asociada al suministro al automóvil BEV son:

$$P_{pSFV} = P_{RS} - P_{S_{BEV}} = 61,70 - 12,34 = 49,38 \text{ u.p}$$

En la distribución de flujos de potencia en el sistema automotriz BEV tomando como 100% el valor de las 61,70 u.p suministradas, tenemos el siguiente resultado:

Tabla 14

Distribución porcentual de potencias en auto BEV con suministro de energía con SFV

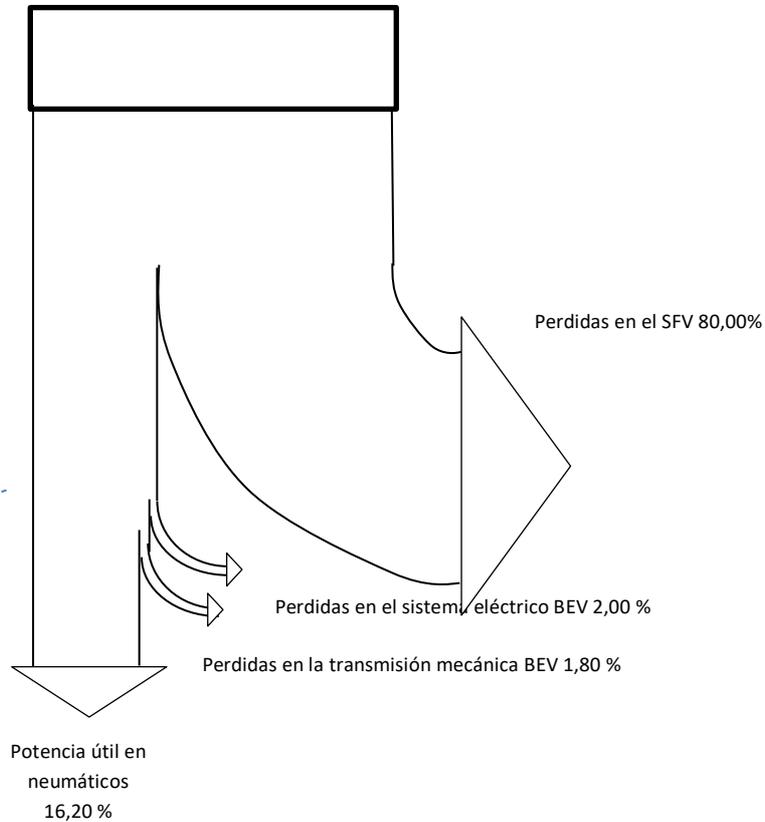
N°	Potencia	Valor	%
1	Potencia térmica suministrada asociada a la radiación solar	61,70	100.00 %
2	Perdidas en el SFV	49,38	80,00%
3	Perdidas en el sistema eléctrico BEV	1,23	2,00%
4	Perdidas en la transmisión mecánica BEV	1,11	1,80%
5	Potencia útil en los neumáticos	10,0	16,20 %

Nota. Elaboración propia.

Figura 33

Diagrama de Sankey para un BEV con suministro de energía con SFV.

Potencia térmica suministrada asociada a la radiación solar 100%



Nota. Elaboración propia

4.3 Benchmarking energéticos.

4.3.1 Benchmarking entre energía primaria.

Habiéndose realizado un análisis comparativo para un sistema equivalente de 10 kW útil, el sistema GLP presenta el mayor valor de flujo de energía suministrado con un valor de 64,52 kW con un flujo de energía primaria dejada de consumir de 2,05 galón/h de GLP; del mismo modo un sistema con GNV tiene un flujo de energía suministrada de 62,04 kW con un flujo de energía dejada de consumir de 7,09 m³/h de GNV. Para las mismas unidades de flujo de energía útil, cuando el suministro de energía es con SFV autónomos para automóviles BEV se requiere 61,70 kW (sin consumo de combustibles derivados de hidrocarburos como fuente de energía primaria). En el caso de que el suministro de energía es a través del SEIN para automóviles BEV se requiere 40,27 kW con un flujo de combustible asociado de 4,46 m³/h de GN consumido por una central termoeléctrica que cubre la máxima demanda del sistema eléctrico, este tipo de suministro de energía para

autos BEV representa el menor valor de flujo de energía suministrada, entre todos los sistemas analizados.

Tabla 15

Comparativo entre consumo de energía primaria convencional con sistema SFV

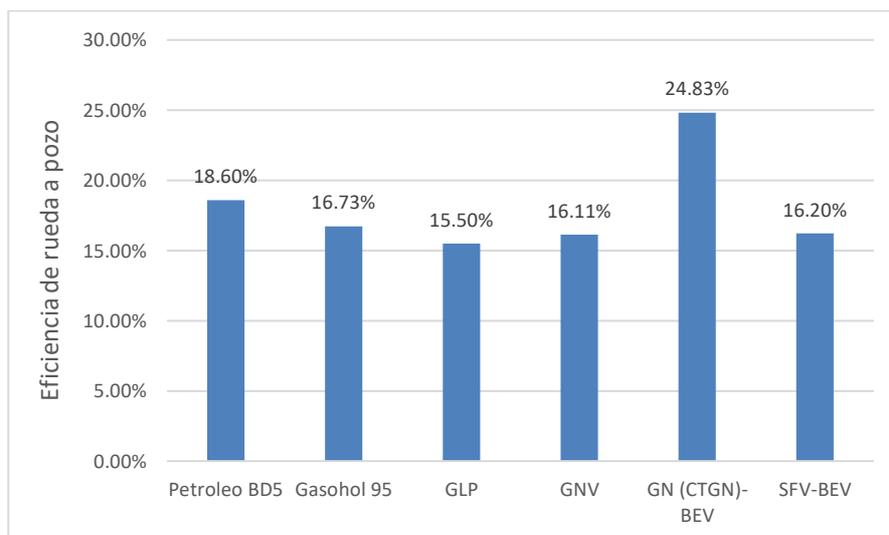
Combustible	U.E.P suministrado	Unidad	Consumo Convencional	Unidad
Petróleo BD5	53,77	kW	1,43	galón/h
Gasohol 95	59,74	kW	1,77	galón/h
GLP	64,52	kW	2,05	galón/h
GNV	62,04	kW	7,09	m ³ /h
GN (CTGN)-BEV	40,27	kW	4,46	m ³ /h
SFV-BEV	61,70	kW

Nota. Elaboración propia.

El suministro de energía convencional a través del SEIN (que está asociada a la generación termoeléctrica de energía con una turbina a gas) para autos BEV presenta la mayor eficiencia de pozo a ruedas (teniendo que incluye la eficiencia de la generación, transmisión y distribución de la energía) con un valor de 24,73%, mientras que el suministro de energía con SFV tiene una eficiencia 16,20%, la cual es superior a la eficiencia de pozo a ruedas para los sistemas automotrices con GLP y GNV.

Figura 34

Eficiencia de pozo a rueda para sistemas analizados.



Nota. Elaboración propia

4.3.2 Benchmarking en costos.

Referente a los costos asociados a los insumos energéticos se presentan los siguientes resultados para lo cual se ha tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los costos unitarios de los combustibles Petróleo BD5, GLP, Gasohol de 95 octanos y GNV para la ciudad de Lima.
- El costo unitario para el suministro convencional para el automóvil BEV con la red eléctrica del SEIN, toma en cuenta el valor de la tarifa BT5B No residencial en la ciudad de Lima.
- El costo unitario para el suministro autónomo con SFV para el automóvil BEV, toma en cuenta el valor del costo unitario de un Sistema SFV con la tarifa BT8-320 vigente para el periodo 2022-2026 , según lo detallado en el acápite 3.1.3.

Tabla 16

Comparativo entre costo de consumo de energía primaria convencional con sistema SFV

Petróleo BD5	1,43	galón/h	18,48	S//galón	26,43
Gasohol 95	1,77	galón/h	17,20	S//galón	30,44
GLP	2,05	galón/h	6,98	S//galón	14,31
GNV	7,09	m ³ /h	1,78	S//m ³	12,62
GN (CTGN)- BEV	12,34	kWh	0,6944	S//kWh	8,57
SFV-BEV	12,34	kWh	3,210	S//kWh	39,61

Nota. Elaboración propia.

De la tabla anterior se concluye que el costo de generación de energía para sistemas SFV autónomos aun es relativamente alto, porque debe incluir los costos de instalación y explotación del sistema, siendo superior al sistema de suministro convencional de energía para automóviles BEV en 31,04 S//kWh (lo que representa 4,62 veces en comparación de valores entre ambos sistemas).

Realizando una comparación de costo unitarios entre el sistema de suministro convencional de energía para automóviles BEV y los mci convencionales, resulta mas económico el primero con respecto a los sistemas convencionales, reduciéndose los costos unitarios en: 67,75 %, 71,84%, 40,11% y 32,10 % para el Petróleo BD5, Gasohol de 95 octanos, GLP y GNV respectivamente.

4.3.3 Benchmarking en emisiones de dióxido de carbono.

Realizando un comparativo entre las emisiones emitidas por los sistemas automotrices convencionales con mci y para un automóvil BEV con suministro convencional de energía proveniente del SEIN, se presenta la tabla 17.

Tabla 17

Comparativo entre emisiones emitidas para 1000 horas de recorrido para sustitución de 1 unidad automotriz de 10 kW de potencia útil

Combustible	Consumo	Unidad	Factor de emisiones (kg CO₂/TJ)	kg CO₂ (1000 horas de recorrido)
Petróleo BD5	1,43	galón/h	70,8	13,73
Gasohol 95	1,77	galón/h	69,3	14,90
GLP	2,05	galón/h	63,1	13,57
GNV	7,09	m ³ /h	56,1	9,44
GN (CTGN)- BEV	4,46	m ³ /h	56,1	5,94

Nota. Elaboración propia.

En relación a las emisiones de dióxido de carbono, estas se reducen en 56,76%, 60,13%, 56,22% y 37% para los sistemas mci con Petróleo BD5, Gasohol de 95 Octanos, GLP y GNV respectivamente en comparación a las emisiones de dióxido de carbono emitidas por el gas natural asociado a la generación de energía eléctrica en el SEIN. Del mismo modo con SFV autónomos se suprime en su totalidad las emisiones de dióxido de carbono.

4.4 Discusión de resultados.

Mientras que Acosta, A. y Carbajal, M. (2020) en su tesis obtuvieron ahorros económicos para el servicio particular que varían desde 29.1 % hasta 66.3 %, aplicando la tarifa BT2. Mientras que para el servicio público se obtienen ahorros económicos que varían desde 42 % con respecto a auto con GNV y de 72.4 % respecto a un auto a Gasohol de 95 o 97 octanos. En nuestra investigación el cálculo se realizó en función a la tarifa BT5B NR en la cual se obtienen ahorros económicos entre 71,84% y 32,10% para el Gasohol de 95 octanos y GNV.

Ayasta, C. (2018) en su tesis identifico que la eficiencia global de un auto eléctrico Híbrido HEV posee una eficiencia de 33.7% hay que tener en cuenta que este último sistema comparte en su estructura un mci y un motor eléctrico recargable el cual tiene una

eficiencia superior a cualquier auto con combustible convencional, pero no involucra la eficiencia de pozo a ruedas en su cálculo, a diferencia la presente tesis determina la eficiencia de pozo a ruedas para automóviles BEV (eléctricamente puro) con valores de 24,83% para el suministro convencional de energía a través del SEIN y 16,10% para el suministro de energía eléctrica con SFV autónomos.

Campuzano, S. (2019) en su tesis obtiene rendimientos como para GNV igual a 25% mientras que con diesel es de 30%, para el caso de Colombia, sin tener en cuenta la eficiencia de pozo a ruedas. En cambio, en la presente investigación se obtuvieron eficiencias de pozo a ruedas es de 18,60%, 16,73%, 15,20% y 16,11% para mci con Petróleo BD5, Gasohol de 95 Octanos, GLP y GNV respectivamente. Mientras que la eficiencia de pozo a tierra de automóviles BEV se tienen valores de 24,83% para Sistemas con suministros de energía convencional y 16,20% para suministro de energía eléctrica con SFV autónomos.

Cuno, D. (2020) en su tesis realiza una comparación para un mci con gasohol con un consumo de 2.8 galones con un costo de 10.64 U\$ (una relación de 3,8 U\$/galones) , mientras que un vehículo eléctrico para el mismo recorrido consume 15 kWh con un costo 2.46 U\$ (con una relación 3,8 kWh/US). La cantidad de contaminantes en millones de toneladas/día de CO2 disminuiría en un 40% aproximadamente ya que se dejarían de emitir 368 millones de CO2 como gas de efecto invernadero. A diferencia, el presente informe obtuvo para el gasohol de 95 octanos un consumo 1,77 galones con un costo de 30,44 Soles (7,90 U\$), con una relación de 4,46 U\$/galón). Mientras que para el automóvil BEV para un consumo 12,34 kWh se tiene costos S/ 8,57(2,25 U\$) con una relación de 5,48 kWh/U\$.

Torres, J. (2015) en su tesis detalla que las pérdidas eléctricas son menores en los motores eléctricos básicamente en los motores en el orden de 5% y en las baterías 2 %, comparado al m.c.i cuyas pérdidas energéticas son cercanas al 70% debido principalmente a las pérdidas por calor sensible en el múltiple de escape y en el sistema de refrigeración del motor. A diferencia en la presente investigación para un sistema BEV las pérdidas en la transmisión mecánica es del orden 1,80%, pérdidas eléctricas en el sistema eléctrico de 2,0% con la cual la eficiencia global o de pozo a ruedas es de 16,20%.

Conclusiones.

- Se realizó un balance de energía en vehículos convencionales determinándose la energía primaria asociada al consumo en mci, determinándose las eficiencias de pozo a ruedas de 18,60%, 16,73%, 16,11% y 15,50% para sistemas vehiculares con Petróleo BD5, Gasohol de 95 Octanos, GNV y GLP. Así tenemos una unidad de consumo equivalente de 10 kW se tienen consumos de 1,43 galón/h, 1,77 galón/h, 7,09 m³/h y 2,05 galón/h para Petróleo BD5, Gasohol de 95 Octanos, GNV y GLP.
- Se realizó un balance de energía en automóviles BEV obteniéndose eficiencias de pozo a ruedas de 24,83% para sistemas BEV con suministro de energía eléctrica proveniente del SEIN, mientras que para sistemas BEV con suministro de SFV autónomos se obtiene una eficiencia de 16,20%. En el primer caso se requiere un consumo de 4,46 m³/h.
- Se realizó un análisis comparativo para un sistema equivalente de 10 kW útil, el sistema GLP presenta el mayor valor de flujo de energía suministrado con un valor de 64,52 kW con un flujo de energía primaria dejada de consumir de 2,05 galón/h de GLP. Para las mismas unidades de flujo de energía útil, cuando el suministro de energía es con SFV autónomos para automóviles BEV se requiere 61,70 kW (sin consumo de combustibles derivados de hidrocarburos como fuente de energía primaria) y de 40,27 kW con un flujo de combustible asociado de 4,46 m³/h de GN consumido por una central termoeléctrica que cubre la máxima demanda del sistema eléctrico.
- Se concluye que el costo de generación de energía para sistemas SFV autónomos es superior al sistema de suministro convencional de energía para automóviles BEV en 31,04 S//kWh (lo que representa 4,62 veces en comparación de valores entre ambos sistemas). Realizando una comparación de costo unitarios entre el sistema de suministro convencional de energía para automóviles BEV y los mci convencionales, resulta más económico el primero con respecto a los sistemas

convencionales, reduciéndose los costos unitarios en: 67,75 %, 71,84%, 40,11% y 32,10 % para el Petróleo BD5, Gasohol de 95 octanos, GLP y GNV respectivamente.

- Se concluye que las emisiones de dióxido de carbono, se reducen en 56,76%, 60,13%, 56,22% y 37% para los sistemas mci con Petróleo BD5, Gasohol de 95 Octanos, GLP y GNV respectivamente en comparación a las emisiones de dióxido de carbono emitidas por el gas natural asociado a la generación de energía eléctrica en el SEIN. Del mismo modo con SFV autónomos se suprime en su totalidad las emisiones de dióxido de carbono.

Recomendaciones.

- Sería indispensable determinar las eficiencias de rueda a pozos para las diferentes ciudades del Perú, debido a que las pérdidas de la red distribución varían entre 9% a 19 % lo cual podría afectar notablemente los resultados obtenidos en el presente informe.
- Del mismo modo es necesario determinar las eficiencias de pozo a ruedas de los automóviles eléctricos HEV y PHEV, sobre todo el primero, debido a que representa más del 50% de los autos eléctricos presentes en el Perú.
- Se debe tener una política de promoción referente a la electromovilidad en el Perú, actualmente en Sudamérica es unió de los países con menor número de autos eléctricos.
- Aunque el termino mochila ecológica aun no es utilizada en el PERU (material asociado a la fabricación de productos, sería recomendable determinar cuál es la mochila ecológica para producir paneles fotovoltaicos y todos los elementos que lo conforman.

Referencias bibliográficas.

Tesis.

- Abarca, K. (2020). Efectos de la electromovilidad en la minería metálica de Chile y Perú. TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTIÓN Y POLÍTICAS PÚBLICAS. Universidad de Chile. Disponible en:
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/175240/Efectos-de-la-electromovilidad-en-la-mineria-metalica-de-Chile-y-Peru.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Acosta, C. y Carbajal, M. (2021). La electromovilidad y su efecto en el mercado de energía del Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en:
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3742>
- Alama, H. y Ramos, M. (2019). ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE SERVICIO EN HUANCAYO. Tesis para Ingeniero Industrial. Universidad de Lima. Peru. Disponible en:
https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/9306/Alama_Quinto_Ramos_Sanchez.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Álvarez, Loloy, Sotomayor y Vivanco. (2022) Despliegue de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos particulares en la ciudad de Lima. Tesis para el Grado de Magister en Gestión de la Energía. ESAN. Perú. Disponible en :
https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/3054/2022_MAGE_2019-1_05_TI.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arias, D. (2015). INFLUENCIA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO SOBRE LA FIABILIDAD DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS. Tesis para el grado de magister en tecnologías industriales. Universidad Carlos III. España. Disponible en:
https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23428/TFG_David_Arias_Perez.pdf
- Ayasta, C. (2018). Análisis comparativo del rendimiento técnico y económico entre un vehículo híbrido (Prius C) y un vehículo convencional (Yaris GLi 1.5 A/T)

- Tesis para optar el grado ingeniero Mecánico Eléctrico. Universidad Pedro Ruiz Gallo. Perú. Disponible en:
<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3051/BC-TES-TMP-1919.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bolaño, N. y Fontalvo, J. (2015). Análisis de la cadena de abastecimiento de la energía eléctrica en Colombia. Título en Administración de Negocios Internacionales. Universidad del Rosario. Colombia. Disponible en :
<https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/11646/BolanoCuesta-Nadia-2015.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Campuzano, S. (2019). Comparación de parámetros de desempeño de un motor de ignición por compresión con sustitución de diésel-gas natural a condiciones ambientales de Bogotá. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Libre. Colombia.
- Cheng, L. (2021) Potencial de Desarrollo de los Vehículos Eléctricos Puros en el Mercado Chino. Tesis para optar grado de maestro en Negocios Internacionales. UNIVERSITAT POMPEU FABRA BARCELONA SCHOOL OF MANAGEMENT. España. Disponible en:
<https://repositori.upf.edu/bitstream/handle/10230/52977/TFMLongChen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Diez, P. (2019). Principios básicos del vehículo eléctrico. Tesis para optar el título de Ingeniero mecánico. Universidad de Valladolid. España.
<https://core.ac.uk/download/pdf/222807924.pdf>
- Carranza, E. (2012) CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA EL FUNCIONAMIENTO Y RECONOCIMIENTO DE PARTES DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN POR (GLP) EN UN MOTOR DE EXPLOSIÓN INTERNA. Tesis para optar el título de Ingeniero automotriz. Escuela Superior Tecnológica de Chimborazo. Ecuador. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2624/1/65T00075.pdf>
- Cuno, D. (2020). Factibilidad técnica y económica para la conversión de vehículos en la región Arequipa, consideraciones para la normalización de la movilidad eléctrica. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.

- Enrique, C. (2016). Análisis y diseño de una electrolinera para la recarga de vehículos eléctricos livianos, haciendo uso de energía fotovoltaica. Tesis para optar título de Ingeniero Mecánico Eléctrico. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil Ecuador. Disponible en:
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6639/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-86.pdf>
- Fernández, J. (2021) Ciclo de vida de un auto con combustible GPL. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Universidad Autónoma San Francisco de Arequipa. Perú. Disponible en:
<http://repositorio.uasf.edu.pe/bitstream/UASF/592/1/TESIS%20FERNANDEZ%20TACO%20JOHNNY.pdf>
- Huamán, J. y Muñoz, J. (2022). Impacto financiero de la renovación del parque automotor con autos híbridos en las empresas importadoras del sector automotriz en Lima Metropolitana, 2019. Tesis para optar el título de Administración en Facultad de Negocios de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en:
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/652704/Huaman_CJ.pdf?sequence=3
- Julián, E. y Otoya, I. (2022). Análisis de oportunidad para la introducción de la Electromovilidad en el transporte público, en el marco del Triple Valor, en Lima Metropolitana para el periodo 2020 – 2030. Tesis para obtener el título profesional de Licenciado en Gestión con mención en Gestión Empresarial. Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:
https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/22379/VILLANUEVA_JUSTINO_JULI%c3%81N_PANDURO_OTOYA_CONDOR1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Miño, F. (2016). Análisis de motores utilizados en vehículos eléctricos. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico en Universidad Internacional SEK. Ecuador.
[https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2164/1/Tesis%20\(Recuperado%203\).pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2164/1/Tesis%20(Recuperado%203).pdf)
- Montesinos, A. (2017). PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS EXERGÉTICO DE UN MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA. Tesis para

título de Ingeniero Mecánico. Pontificia Universidad católica del Perú,
Disponible en:

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9163/MONTESINOS_ALAN_ANALISIS_EXERGETICO_MOTOR.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Morón, S. (2021). Determinación de la configuración básica para el diseño del sistema motriz de un ómnibus eléctrico para Corredor de Lima Metropolitana. Tesis para optar título de Ingeniero Mecánico Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18320/MORON_SILVA_SEBASTIAN_DETERMINACION_CONFIGURACION_BASICA.pdf?sequence=1

Pérez, P. (2010). PROPUESTA DE CONVERSIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LIMA Y CALLAO PARA EL USO DE GAS NATURAL Tesis para optar el título de Ingeniería Industrial. Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:

file:///C:/Users/HP%202550/Downloads/P%C3%89REZ_PATRICIA_PROPUESTA_CONVERSI%C3%93N_PARQUE_AUTOMOTOR_GAS_NATURAL.pdf

Palomino, C. y Pumay, P. (2014), ESTUDIO DE LA PROYECCIÓN DE LA RESERVA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO DEL PERÚ. Tesis para optar título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Disponible en:

<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/1936/27251.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ríos, V. (2017). Estado del arte de los vehículos eléctricos y su posible implementación en Colombia. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. Disponible en:

<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/563ab036-7205-4bee-8d4e-7ae1a8f38f3f/content>

- Quispe, Y. (2017). Cadena de Suministros y la calidad de Servicio de la empresa Barret & BUR S.A.C Periodo 2015 al 2016 Nuevo Chimbote. Tesis para título de Administración. Universidad Cesar Vallejo. Chimbote. Perú. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10212/quispe_ry.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tarazona, D. (2021). Diseño del chasis, dirección y sistema de propulsión eléctrica para un vehículo de la categoría prototipo enfocado en la competencia Shell Eco Marathon 2020, Tesis para optar el título de Ingeniero Mecatrónico, Pontificia universidad Católica del Perú. Disponible en: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/19911/TARAZONA_SAEENZ_DIEGO_DISENO_CHASIS.pdf?sequence=1
- Torres, J. (2015). Estudio en la viabilidad de la implementación vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico Automotriz en la Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.
- Torres, V. (2018). Mejora del proceso de carga en vehículos eléctricos. Tesis para optar título de Ingeniero de Sistemas e Informática. Universidad de Zaragoza. España. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/76842/files/TESIS-2019-014.pdf>
- Zúñiga, V. (2014). Propuesta de las características técnicas de un vehículo eléctrico para uso privado en Lima metropolitana. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico en la Pontificia universidad Católica del Perú. Disponible en: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5767/ZU%C3%91IGA_VICTOR_VEHICULO_ELECTRICO_PRIVADO.pdf?sequence=1

Textos.

- Arias Paz, M. (2021). Manual del automóvil. Editorial Dossat. España. 1107 p. ISBN 8496437388
- Guevara, R. (2019). Manual I Unidad del Curso Plantas consumidoras de energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. 80 p.
- INACAL. (2019). ETP-IEC/TS 60034-30-2-2019- Máquinas eléctricas rotativas. Parte 30-2: Clases de eficiencia de motores de corriente alterna de velocidad variable

(código IE). Dirección de Normalización del Instituto Nacional de Calidad. Ministerio de la Producción. Perú. 32 p.

- Schmerler, D. Velarde, J. Solís, B y Gonzales, Ab. (2019). Electromovilidad. Conceptos, políticas y lecciones aprendidas para el Perú. OSINERGMIN. Editorial Grafica Biblos. Perú. 322 p. ISBN 978-612-47350-5-9
- Tamayo, J. Jacome, J. Vásquez, A. y Vílchez, C. (2017). La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país. Osinergmin. Perú. 172 p. ISBN: 978-612-47350-0-4

Linkografía.

- Artes, D. (2020). Los límites de la eficiencia térmica en motores gasolina y diésel. Diario Motor. España. [Consulta: 19 de enero del 2022]. Disponible en:
<https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/eficiencia-termica-gasolina-diesel/>
- Avendaño, G. (2022). Nissan hará un motor de combustión con eficiencia térmica del 50%. Diario el tiempo. Colombia. [Consulta: 22 de enero del 2022]. Disponible en:
<https://www.motor.com.co/actualidad/tecnologia/nissan-hara-motor-combustion-eficiencia-termica-50/35862>
- Blas, T y Fernández, A. (2019). Sistema Termodinámico. Universidad Politécnica de Madrid. España. [Consulta: 25 de enero del 2022]. Disponible en:
<https://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/termo1p/sistema.html>
- Cancela. C. (2022). Mercedes Vision EQXX, el coche eléctrico más eficiente. Diario El Economista de España. [Consulta: 20 de enero del 2021]. Disponible en:
<https://www.eleconomista.es/motor/noticias/11560993/01/22/Mercedes-Vision-EQXX-el-coche-electrico-mas-eficiente.html>
- Centro nacional del Hidrogeno (2021). VEHÍCULO DE HIDRÓGENO. FUNCIONAMIENTO. Asociación Española del Hidrógeno (AeH2). España. Disponible en:
<https://auto.cnh2.es/funcionamiento-vehiculo-hidrogeno/>
- Colmenares, J. Contreras, F. Guzmán, V, y Romero, V. (2019). Prefactibilidad de tecnologías de propulsión aplicables al transporte vehicular particular en

- Venezuela. Ciencia e Ingeniería, vol. 40, núm. 3, pp. 233-244, 2019. Universidad de los Andes. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/journal/5075/507567854002/html/>
- Den (2021) Motor diésel: características, problemas, mejores modelos. Portal de Autodoc.Club. España, Disponible en:
<https://club.autodoc.es/magazin/motor-diesel-caracteristicas-problemas-mejores-modelos>
- De parto (2020) Automático o manual: ¿cuál es la mejor transmisión? Portal Web de De parto-We drive performance. España. Disponible en:
<https://www.daparto.es/info/automatico-o-manual-cual-es-mejor/>
- Enel X. (2023). Eficiencia de los paneles solares: ¿qué es?. Enel Green Power. Perú. Disponible en:
<https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/are-solar-panels-energy-efficient>
- Energía y sociedad (2022). La eficiencia energética del vehículo eléctrico. Portal de Empresa Energía y sociedad. España. Disponible en :
<https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/4-2-la-eficiencia-energetica-del-vehiculo-electrico/>
- EPA (2022). Vehículos todo eléctrico. www.ahorremosgasolima.org. Office Energy Efficiency & Renewable Energy. USA. [Consulta: 22 de enero del 2021].Disponible en:
<https://www.fueleconomy.gov/feg/esevtech.shtml#:~:text=Energ%C3%ADa%20eficiente.,funcionar%20las%20ruedas%20del%20autom%C3%B3vil.>
- Europa prefabri (2022). Fotolineras, los puntos de recarga solares para tu coche eléctrico | Europa. Porta de Europa Prefabri. España. Disponible en :
<https://www.europa-prefabri.com/fotolineras-los-puntos-recarga-solares-coche-electrico/>
- Ganoza, A. (2016). SUPERVISIONES EN ACTIVIDADES HIDROCARBUROS LIQUIDOS EN LA UNIDAD DE REGISTROS Y OPERACIONES COMERCIALES. Osinergmin. Perú. Disponible en:
<http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/I%20FORO%20REGIONAL%20DE%20HIDROCARBUROS-REGION%20ANCASH/2.->

%20Supervision%20de%20Seguridad%20en%20Instalaciones%20de%20Servicio,%20Grifos%20y%20Gasocentros.pdf

García, N. (2019). Electromovilidad. Comisión de Transporte y Telecomunicaciones del Senado. Chile. Disponible en:

https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27343/1/BCN___Electromovilidad_Experiencias_comparadas_.pdf

García, P. (2020) Guía a la electricidad: ¿Qué es un híbrido enchufable o PHEV? Portal de Artículo Tecnológico de Motores. España. Disponible en:

<https://soymotor.com/coches/articulos/guia-la-electricidad-que-es-un-hibrido-enchufable-o-phev-977423>

Galvay, D. Jima, J. Maldonado, F. y Masaquiza, A. (2020) Modelo de componentes de un vehículo eléctrico que aportan a un análisis de la tecnología limpia en la industria automotriz. Revista Científica Polo de Conocimiento. Pol. Con. (Edición núm. 48) Vol. 5, No 08 Agosto 2020, pp. 689-705 ISSN: 2550 - 682X DOI: 10.23857/pc.v5i8.1618. Disponible en:

file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/Dialnet-

ModeloDeComponentesDeUnVehiculoElectricoQueAportan-7554374.pdf

Gil, S. (2015) Eficiencia pozo a rueda de vehículos livianos a GNC. Gerencia de Distribución del ENARGAS, Suipacha 636- (1008) CABA- Argentina. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/281753896_Eficiencia_pozo_a_rueda_de_vehiculos_livianos_a_GNC/link/55f7793808aeafc8ac018356/download

Gómez, J. Mojica, C. Isla, L. y Veerender, K. (2018). La incorporación de vehículos eléctricos en América Latina. Boletín del Banco Interamericano de desarrollo BID. México. [Consulta: 17 de enero del 2021]. Disponible en:

<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-incorporaci%C3%B3n-de-los-veh%C3%ADculos-el%C3%A9ctricos-en-Am%C3%A9rica-Latina.pdf>

Goodyear (2020). Motor diésel: cómo funciona y cuál es su futuro. Portal de Goodyear. España. Disponible en:

<https://kilometrosquecuentan.goodyear.eu/motores-diesel/>

Grudilec (2020) Vehículo Eléctrico. Portal Empresa Grudilec. España. Disponible en:

<https://grudilec.com/wp-content/uploads/prontuario-grudilec-el-mundo-smart-vehiculo-electrico.pdf>

Gutiérrez, C. (2022) ¿Qué es el sistema de transmisión? Portal de Empresa RO-DES. España. Disponible en:

<https://www.ro-des.com/mecanica/que-es-el-sistema-de-transmision/>

Hita, M. (2021). Estos son los seis tipos de coches eléctricos y electrificados, por si estás buscando uno de segunda mano. Portal Pasión por Motores. España. Disponible en:

<https://www.motorpasion.com/compra-coches/conoce-que-tipos-coches-electricos-hay-sus-caracteristicas-estas-buscando-uno-segunda-mano>

Ibáñez, P. (2020). Coches a gas natural comprimido en España: cómo funcionan, dónde repostar y todos los modelos que ya puedes comprar. Portal XATAXCA. España, Disponible en:

<https://www.xataka.com/automovil/coches-a-gas-natural-comprimido-como-funcionan-modelos-que-puedes-comprar>

IDAE (2015) Combustibles y vehículos alternativos. Instituto de diversificación energética de España. Disponible en:

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10297_TREATISE_CombustiblesVehiculosAlternativos_A2005_d9d8d6b3.pdf

Indave (2016). Del motor a las ruedas, los dispositivos de transmisión del par motriz. Portal Info Taller. España. Disponible en:

https://www.infotaller.tv/blogs/indave/motor-ruedas-dispositivos-transmision-motriz_7_1035566435.html

Ivan, F. (2022). Estos paneles solares pueden cambiar el futuro del coche eléctrico. Forococheselectricos. España. [Consulta: 17 de enero del 2021].Disponible en:

<https://forococheselectricos.com/2022/01/paneles-solares-futuro-coche-electrico.html>

Lugenergy (2022) Instalación de puntos de recarga para coches eléctricos en estaciones renovables. Portal de Lugenergy. España. Disponible en :

<https://www.lugenergy.com/punto-recarga-energia-renovables-2/>

Mall-77 (2022). Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles. Home Mall-77. USA. Disponible en:

- <https://www.malls-77.ml/products.aspx?cname=hydrogen+fuel+cell+electric+vehicles&cid=4>
- Ministerio de Educación (2018). Diagrama de sistema de GLP Y GNV. Ministerio de Educación del Perú. Disponible en:
<https://erp.iestbellavista.edu.pe/upload/avt202105120518129phpnumshk5.pdf>
- Neo auto (2022). ¿GAS NATURAL O GLP? Portal de Neo auto. España. Disponible en:
<https://neoauto.com/noticias/novedades-cat/mercado/gas-natural-o-glp>
- Ortiz, V. (2020) Los vehículos convencionales y los vehículos híbridos. Portal NITRO Perú. Disponible en:
<https://www.nitro.pe/vehiculos-hibridos/los-vehiculos-convencionales-y-los-vehiculos-hibridos.html>
- Osinermin. (2023). Web Facilito. Osinermin. Peru. Disponible en:
<https://www.facilito.gob.pe/facilito/pages/facilito/menuPrecios.jsp>
- Osinermin (2023). Fijación de la tarifa eléctrica para sistemas fotovoltaicos 2022-2026. Osinermin. Perú. Disponible en:
<https://www.osinermin.gob.pe/seccion/institucional/regulacion-tarifaria/procesos-regulatorios/electricidad/tarifa-electrica-rural-sistemas-fotovoltaicos/2022-2026>
- Osinermin (2023). Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad. Osinermin. Perú. Disponible en:
<https://www.osinermin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegoTarifario?Id=150000>
- Planas, O. (2021) Motor de encendido por compresión, descripción y funcionamiento. Portal DEMOTOR. España. Disponible en:
<https://demotor.net/motores-termicos/tipos-de-motores-termicos/encendido-por-compresion>
- Plaza, R. (2020). ¿Qué es un coche PHEV y cómo funciona? Los que puedes comprar en España? Portal Web de Motores. España. Disponible en :
<https://www.motor.es/que-es/phev>
- Ramos, L. (2018). Diferencias entre GLP y GNC: ¿qué combustible es mejor? Portal Noticias de coches. España. Disponible en:

<https://noticias.coches.com/consejos/diferencias-entre-glp-y-gnc-que-combustible-es-mejor/86314>

Revista Electromovilidad. (2022). Comparativo coche eléctrico vs coche combustión.

Revista electromovilidad. España. [Consulta: 23 de enero del 2021]. Disponible en:

<http://electromovilidad.net/comparativa-coche-electrico-vs-coche-combustion/>

Rodríguez, G. (2022). Vehículos Híbridos. Portal Ingeniería Mecánica. España.

Disponible en:

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn136.html>

Ruano, R. (2020). Eficiencia Energética de los vehículos. Ingeniería Energética

General. España. Disponible en:

<http://www.energianow.com/tools/tool3/eficmotor1.php>

Schmidt, M (2007). Diagramas de Sankey. Google.

https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Sankey

Tecnología del automóvil. (2020). Inyección electrónica directa. Portal de tecnología

del automóvil. España. Disponible en:

<https://www.tecnologia-automovil.com/articulos/historia-del-automovil/historia-de-la-alimentacion-de-gasolina/>

Toledo, R. y López, N. (2020). Diagnóstico termodinámico de sistemas energéticos. Monografías 2020. Universidad de Matanzas. Cuba. ISBN 978-959-

16-4472-5. [Consulta: 23 de enero del 2021]. Disponible en:

<http://monografias.umcc.cu/monos/2020/FCTec/mo20282.pdf>

Anexos

Anexo 1: Calculo de las emisiones de dióxido de carbono.

Anexo 2: Costos de SFV autónomos.

Anexo 3: Pliego tarifario Lima.

Anexo 4: Factores de emisiones.

Anexo5: Perdidas en la red de distribución.

Anexo 1: Calculo de las emisiones de dióxido de carbono.

Para el Petróleo BD5.

Para 1000 horas de recorrido:

Flujo energético

$$F.E_{BD5} = 1,43 \frac{\text{galon}}{h} * 3,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9\,860 \frac{\text{kc}}{\text{kg}} * 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kc}} * \frac{\text{Tj}}{10^{-9}\text{kJ}}$$

Emisiones para 1 000 horas de recorrido:

$$E_{BD5} = F.E_{BD5} * 70,8 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{Tj}} * 1000 h = 13,73 \text{ kg CO}_2$$

Para el Gasohol de 95 Octanos.

Para 1000 horas de recorrido:

Flujo energético

$$F.E_{G90} = 1,77 \frac{\text{galon}}{h} * 763 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 42\,000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 3,79 \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ galon}} * \frac{\text{Tj}}{10^{-9}\text{kJ}}$$

Emisiones para 1 000 horas de recorrido:

$$E_{G90} = F.E_{G90} * 69,3 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{Tj}} * 1000 h = 14,90 \text{ kg CO}_2$$

Para el GLP.

Para 1000 horas de recorrido:

Flujo energético

$$F.E_{GLP} = 2,05 \frac{\text{galon}}{h} * 584 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 39\,507 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 3,79 \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ galon}} * \frac{\text{Tj}}{10^{-9}\text{kJ}}$$

Emisiones para 1 000 horas de recorrido:

$$E_{GLP} = F \cdot E_{GLP} * 63,1 \frac{kg CO_2}{Tj} * 1000 h = 13,57 kg CO_2$$

Para el GNV.

Para 1000 horas de recorrido:

Flujo energético

$$F \cdot E_{GNV} = 7,09 \frac{m^3}{h} * 0,73 \frac{kg}{m^3} * 7\,776 \frac{kc}{kg} * 4,18 \frac{kJ}{kc} * \frac{Tj}{10^{-9}kJ}$$

Emisiones para 1 000 horas de recorrido:

$$E_{GNV} = F \cdot E_{GNV} * 56,1 \frac{kg CO_2}{Tj} * 1000 h = 9,44 kg CO_2$$

Para el GN.

Para 1000 horas de recorrido:

Flujo energético

$$F \cdot E_{GN} = 4,43 \frac{m^3}{h} * 0,73 \frac{kg}{m^3} * 7\,776 \frac{kc}{kg} * 4,18 \frac{kJ}{kc} * \frac{Tj}{10^{-9}kJ}$$

Emisiones para 1 000 horas de recorrido:

$$E_{GN} = F \cdot E_{GN} * 56,1 \frac{kg CO_2}{Tj} * 1000 h = 5,94 kg CO_2$$

Anexo 2: Costos de SFV autónomos.

Tarifa eléctrica rural para SFV 2G (S//mes)

Inversiones 100% Empresa-Costa

Tipo de Sistema Fotovoltaico		BT8-070	BT8-100	BT8-160	BT8-240	BT8-320
Inversión (VNR_{SFV})	US\$/año	777,87	812,46	1 007,02	1 197,78	1 579,13
Anualidad de Inversión ($aVNR_{SFV}$)	US\$/año	104,14	108,77	134,82	160,36	211,41
Costo Anual de Explotación ($aOMyC_{SFV}$)	US\$/año	82,06	85,21	111,06	119,56	151,55
Total Costo Anual	US\$/año	186,20	193,98	245,88	279,92	362,96
Mensualidad de Inversión ($mVNR_{SFV}$)	US\$/mes	8,23	8,60	10,66	12,68	16,72
Costo Mensual de Explotación ($mOMyC_{SFV}$)	US\$/mes	6,84	7,1	9,26	9,96	12,63
Total Costo Mensual	US\$/mes	15,07	15,70	19,92	22,64	29,35
Energía Promedio Estimada Disponible	kWh.mes	7,75	10,36	16,92	25,37	33,83
Cargo por Energía Equivalente	ctm S//kW.h	719,42	560,93	435,80	330,22	321,05
Cargo Fijo Mensual	S//mes	55,77	58,11	73,72	83,79	108,62

Nota. Informe N° 462-2022-GRT

Anexo 3: Pliego tarifario Lima.

TARIFA BT5A TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 2E			
a) Usuarios con demanda máxima mensual de hasta 20kW en HP y HFP			
	Cargo Fijo Mensual	S//mes	4.59
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S//kW.h	197.62
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S//kW.h	32.53
	Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	S//kW-mes	58.28
b) Usuarios con demanda máxima mensual de hasta 20kW en HP y 50kW en HFP			
	Cargo Fijo Mensual	S//mes	4.59
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S//kW.h	206.19
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S//kW.h	32.53
	Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	S//kW-mes	58.28
TARIFA BT5B TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E			
No Residencial	Cargo Fijo Mensual	S//mes	2.46
	Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	69.44
TARIFA BT5B TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E			
Residencial	a) Para usuarios con consumos menores o iguales a 140 kW.h por mes		
	0 - 30 kW.h		
	Cargo Fijo Mensual	S//mes	2.38
	Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	46.96
	31 - 140 kW.h		
	Cargo Fijo Mensual	S//mes	2.38
	Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S//mes	14.09
	Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S//kW.h	67.09
	b) Para usuarios con consumos mayores a 140 kW.h por mes – No afecto a descuento por FOSE		
	Cargo Fijo Mensual	S//mes	2.46
	Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	69.44
TARIFA BT5D TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E			
No Residencial	Cargo Fijo Mensual	S//mes	2.46

Nota.

Obtenido

de

<https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegoTarifario?Id=150000>

Anexo 4: Factores de emisiones.

Combustible	CO ₂		
	FE por defecto (kgCO ₂ /TJ)	Inferior	Superior
Petróleo crudo	73,300	71,000	75,500
Gas Natural Licuado	64,200	58,300	70,400
Gasolina	Gasolina para motores	69,300	67,500
	Gasolina para la aviación	70,000	67,500
	Gasolina para motor a reacción	70,000	67,500
Gas/Diesel Oil	74,100	72,60	74,80
Fuelóleo residual	77,400	75,500	78,800
Gases licuados de petróleo	63,100	61,600	65,600
Lubricantes	73,300	71,900	75,200
Otro petróleo	Gas de refinería	57,600	48,200
	Ceras de parafina	73,300	72,200
	Espíritu blanco y SBP	73,300	72,200
	Otros productos del petróleo	73,300	72,200
Antracita	98,300	94,600	101,000
Carbón de coque	94,600	87,300	101,000
Gas natural	56,100	54,300	58,300
Biocombustibles líquidos	Biogasolina	70,800	59,800
	Biodiésel	70,800	59,800
	Otros biocombustibles líquidos	79,600	67,100
Biomasa sólida	Otra biomasa sólida primaria	100,000	84,700
	Madera/Desechos de madera	112,000	95,000
	Carbón vegetal	112,000	95,000
Biomasa gaseosa	Gas de vertedero	54,600	46,200
Kerosene	71,900	70,800	73,700

Nota. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17

Anexo5 : Perdas en la red de distribuci3n.

DISTRIBUIDORAS	PÉRDIDAS (%)
TOTAL PERÚ	10,0%
Chavimochic	15,2%
Emsemsa	15,2%
Electronoroeste	14,9%
Hidrandina	14,5%
Eilhicha	14,4%
Esempat	13,4%
Electronorte	12,9%
Egepsa	12,6%
Electro Puno	12,6%
Electrocentro	12,5%
Electro Dunas	11,5%
Electro Tocache	10,7%
Adinelsa	10,7%
Electro Sur Este	10,3%
Electro Oriente	10,1%
Enel Distribuci3n	10,0%
Seal	8,8%
Electrosur	8,7%
Electro Ucayali	8,4%
Edelsa	8,0%
Electro Pangoa	7,5%
Emseusac	7,4%
Sersa	7,3%
Luz del Sur	7,1%
Coelvisac	0,8%
Perú Microenergía	0,0%
Tre Perú sac	0,0%
Ergon	0,0%
Etelin	0,0%

Nota. <https://www2.osinergmin.gob.pe/publicacionesgrt/pdf/InfoComercial/IC2022T3.pdf>



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Emersson Yeein Zavaleta Mostacero , Bachiller de la E.P de Ingeniería en Energía

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría		Doctorado			

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación es un **trabajo inédito**, intitulado:

Efecto de la sustitución de vehículos convencionales por autos eléctricos BEV en el consumo de energía primaria.

presentado en ...124..... folios, para la obtención del Grado académico: ()

Título profesional: (X) Investigación anual: ()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Chimbote enero del 2024

Firma:

Nombres y Apellidos: Emersson Yeein Zavaleta Mostacero

DNI: 43987394



ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD

Yo, Robert Fabian Guevara Chinchayan

asesor / presidente de la Unidad de Investigación de la

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	
Departamento Académico		Energía, Física y Mecánica				
Escuela de Postgrado		Maestría		Doctorado		

Programa académico:

De la Universidad Nacional del Santa. Asesor / Unidad de Investigación revisora del trabajo de Investigación intitulado:

Efecto de la sustitución de vehículos convencionales por autos eléctricos BEV en el consumo de energía primaria.

Del estudiante / docente: Emersson Yeein Zavaleta Mostacero

De la escuela / departamento académico: Ingeniería en Energía

Constato que la investigación presentada tiene un porcentaje de similitud del 22 % el cual se verifica con el reporte de originalidad de la aplicación Turnitin adjunto.

Quién suscribe la presente, declaro el haber analizado dicho reporte y concluyo que las coincidencias detectadas no se conforman como plagio. A mi claro saber y entender, la investigación cumple con las normas de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, enero del 2024

Firma:

Nombres y Apellidos del Asesor/presidente UIF: Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan

DNI: 32788460

		1 %
10	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
11	www.motorpasion.com Fuente de Internet	<1 %
12	demotor.net Fuente de Internet	<1 %
13	www.xataka.com Fuente de Internet	<1 %
14	www.lugenergy.com Fuente de Internet	<1 %
15	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1 %
16	neoauto.com Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	polodelconocimiento.com Fuente de Internet	<1 %
19	corporate.enelx.com Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
22	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
23	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
24	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A.. "Actualización del Plan de Manejo Ambiental del DAP de la Planta de Fabricación y Procesamiento de Vidrio-IGA0015114", R.D. N° 004-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2021 Publicación	<1 %
26	paquitoluna.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
27	noventaysieteoctanos.es Fuente de Internet	<1 %
28	eduardomartinezconalep183.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
29	www.buenosaires.gob.ar Fuente de Internet	<1 %
30	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %

31	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	uvadoc.uva.es Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
34	coggle.it Fuente de Internet	<1 %
35	repository.urosario.edu.co Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	<1 %
38	albertovillalobos1.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
39	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1 %
40	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
41	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
42	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words

