



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

Trabajo de fin de Carrera titulado:

**SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA DE MOVILIDAD ELECTRICA MAS
PERTINENTE PARA LAS CONDICIONES DE QUITO - ECUADOR**

Realizado por:

Fabio Iván Villena Peralta

Director del proyecto:

Ing. Edilberto Antonio Ilanes Cedeño, PhD.

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

QUITO, marzo del 2022

Declaración Juramentada

Yo, Fabio Iván Villena Peralta, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 1721480141, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de la presente declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink that reads "Fabio Villena". The signature is written in a cursive style with a horizontal line crossing through the middle of the name.

Fabio Iván Villena Peralta

C.I.: 1721480141

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



Ing. Edilberto Antonio Ilanes Cedeño, PhD.

LOS PROFESORES INFORMANTES

DIEGO FERNANDO BUSTAMANTE VILLAGOMEZ

DIEGO PATRICIO GONZALEZ SACO

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su
defensa oral ante el tribunal examinador.



Ing. Diego Fernando Bustamante Villagómez



Ing. Diego Patricio González Saco

Quito, 20 de octubre de 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

A handwritten signature in blue ink that reads "Fabio Villena". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal dashed line.

FABIO IVÁN VILLENA PERALTA

C.I.: 1721480141

Agradecimientos

Agradezco a Dios y a mi familia, por darme la oportunidad de seguir una carrera universitaria y por siempre darme el apoyo necesario para poder culminar con mis estudios y convertirme en un profesional.

También quiero agradecer de igual manera a todos mis profesores y amigos, en especial a el Ing. Edilberto Llanes, por el apoyo que me dio a lo largo de mi carrera y en especial por la guía que me dio para así poder culminar con este proyecto de tesis.

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Objetivo	3
3. Estado del arte	3
3.1. Sostenibilidad Energética.....	3
3.2. Sostenibilidad Automotriz.....	5
3.3. Energía y Desarrollo.....	6
3.4. Estudio de Factibilidad.....	8
3.5. Funcionamientos de los vehículos eléctricos	8
3.6. Importancia del uso de motores eléctricos	9
3.7. Infraestructura de Recarga	10
3.8. Selección del vehículo AEADE	11
3.9. Métodos Multicriterio	15
4. Metodología.....	19
4.1. Realización de Encuestas	19
4.2. Metodología Multicriterio	22
5. Resultados.....	33
5.1. Encuesta N°1: Definición de Subcriterios.....	33
5.2. Encuesta N°2: Calificación de Subcriterios	43
5.3. Método Multicriterio	46

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

6.	Discusión de Resultados	52
7.	Conclusiones.....	55
8.	Recomendaciones	57
9.	Referencias Bibliográficas.....	57
10.	Anexos	61
10.1.	Anexo 1: Encuesta definición de Subcriterios.....	61
10.2.	Anexo 2: Calificación de Subcriterios.....	64
10.3.	Anexo 3: Tablas de Resultados de Método AHP	65
10.4.	Anexo 4: Tabla de resultados método ELECTRE.....	73
10.5.	Anexo 5: Tabla de resultados método Programación por Compromiso...	80

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Calificación de metodología AHP	17
Tabla 2 Ejemplo comparación pareada para Subcriterios.	25
Tabla 3 Ejemplo Tabla de Resultados entre los vehículos eléctricos y subcriterios.	26
Tabla 4 Ejemplo comparación pareada para vehículos eléctricos.	27
Tabla 5 Ejemplo tabla de subcriterios para maximizar y minimizar.	28
Tabla 6 Ejemplo tabla de descripción de alternativas por cada subcriterio.....	29
Tabla 7 Resultado de encuestas de Calificación de Subcriterios primera pregunta.	44
Tabla 8 Resultado de encuestas de Calificación de Subcriterios segunda pregunta.....	44
Tabla 9 Matriz de Dominancia Agregada.....	50
Tabla 10 Resultados de distancias de vectores para método de Programación por Compromiso.	51
Tabla 11 Cálculos del Método AHP para los criterios principales.....	65
Tabla 12 Cálculos del Método AHP para los Subcriterios.	66
Tabla 13 Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a la Autonomía. 66	
Tabla 14 Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a la Vida Útil. ..	67
Tabla 15 Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a la Movilidad..	68
Tabla 16 Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a los Costos de Mantenimiento.....	69
Tabla 17 Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a los Costos de Adquisición.....	70
Tabla 18 Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a las Emisiones. 70	
Tabla 19 Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base al Consumo.....	71
Tabla 20 Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a la Batería.....	72

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Tabla 21 Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a los Subcriterios y Resultados Finales.	73
Tabla 22 Maximización y minimización de Criterios Principales.....	73
Tabla 23 Maximización y minimización de Subcriterios.	74
Tabla 24 Descripción de alternativas por cada subcriterio.	75
Tabla 25 Cálculos del Método ELECTRE para vehículos eléctrico en base a los Subcriterios, Maximización y Minimización	75
Tabla 26 Matriz de decisión normalizada ponderada.	76
Tabla 27 Matriz de Concordancia de Vehículos Eléctricos.....	77
Tabla 28 Matriz de Dominancia Concordante de Vehículos Eléctricos.....	78
Tabla 29 Matriz de Discordancia de Vehículos Eléctricos.....	78
Tabla 30 Matriz de Dominancia Discordante de Vehículos Eléctricos.....	79
Tabla 31 Descripción de alternativas, maximización y minimización, por cada subcriterio.	80
Tabla 32 Descripción de alternativas, maximización y minimización, por cada subcriterio sintetizado.....	81
Tabla 33 Matriz Normalizada por método de Programación por Compromiso.	82
Tabla 34 Matriz Normalizada por los pesos de los Subcriterios.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 La matriz energética en el contexto del sistema socioeconómico.	7
Figura 2 Infraestructura de recarga.....	11
Figura 3 Cantidad de vehículos eléctricos vendidos en el Ecuador año 2018-2021 definido por segmento.	12
Figura 4 Cantidad de vehículos eléctricos vendidos en el Ecuador año 2018-2021 definido por principales provincias.	13
Figura 5 Cantidad de vehículos eléctricos vendidos en el Ecuador año 2018-2021 definido por marca y modelo.....	14
Figura 6 Cantidad de motos eléctricas vendidas en el Ecuador año 2020-2021.	15
Figura 7 Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios primera pregunta.	34
Figura 8 Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios segunda pregunta.	35
Figura 9 Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios tercera pregunta.....	36
Figura 10 Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios cuarta pregunta.....	37
Figura 11 Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios quinta pregunta.....	38
Figura 12 Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios sexta pregunta.	39
Figura 13 Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios séptima pregunta.	40
Figura 14 Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios octava pregunta.	41
Figura 15 Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios novena pregunta.	42
Figura 16 Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios decima pregunta.	43
Figura 17 Resultados de la Metodología AHP para Criterios Principales.	46
Figura 18 Resultados de la Metodología AHP para Subcriterios.....	47
Figura 19 Resultados de Metodología AHP en base a Subcriterios para los vehículos eléctricos.....	48

Figura 20 Resultados de la metodología multicriterio AHP de los vehículos aplicados.

..... 49

GLOSARIO

- **MCI:** Motor de Combustión Interna
- **AEADE:** Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador
- **A:** Autonomía
- **U:** Vida Útil
- **M:** Movilidad
- **CM:** Costos de Mantenimiento
- **CA:** Costos de Adquisición
- **E:** Emisiones
- **C:** Consumo
- **B:** Baterías
- **KS:** Vehículo Kia (Soul)
- **DS:** Vehículo Dongfeng (Serie Rich)
- **DD:** Vehículo Dayang (DY-GD04B)
- **AE:** Vehículo Audi (E-Tron)
- **ZD:** Vehículo Zhidou (D1)
- **NL:** Vehículo Nissan (Leaf)
- **SC:** Moto SOCO
- **TK:** Moto TEKNO

RESUMEN

La movilidad actual en el Ecuador es en su mayoría se mueven con energías no renovable en especial con combustibles fósiles, el país es uno de los principales productores de energía renovable como lo es la energía hidroeléctrica, lo que se busca con esta investigación es seleccionar la tecnología de movilidad eléctrica particular más pertinente para las condiciones del Distrito Metropolitano de Quito - Ecuador, por medio de métodos multicriterio para la planificación estratégica de compra y aplicación en el transporte a nivel de la sierra ecuatoriana. Los métodos multicriterio que se aplicaron en esta investigación fueron el método AHP, ELECTRE y Programación por Compromiso, los cuales ayudaron a definir criterios y subcriterios a la hora de considerar adquirir un vehículo eléctrico, y como algunos resultados se dieron que los vehículos para movilidad eléctrica en la ciudad de Quito, como principal se definió que un ejemplar que tuvo mayor ponderación en todos los métodos que se aplicaron fue el Kia Soul, un vehículo que cumple con las expectativas de los usuarios dentro de la ciudad de Quito.

Palabras Clave: Kia Soul, movilidad eléctrica, vehículos eléctricos

ABSTRACT

Current mobility in Ecuador is mostly based on non-renewable energies, especially fossil fuels; the country is one of the main producers of renewable energy such as hydroelectric energy. The objective of this research is to select the most relevant electric mobility technology for the conditions of the Metropolitan District of Quito - Ecuador, by means of multicriteria methods for the strategic planning of purchase and application in transportation at the level of the Ecuadorian highlands. The multi-criteria methods that were applied in this research were the AHP method, ELECTRE and Programming by Compromise, which helped to define criteria and sub-criteria when considering purchasing an electric vehicle, and as some results were given that vehicles for electric mobility in the city of Quito, as the main one was defined that an example that had greater weighting in all methods that were applied was the Kia Soul, a vehicle that meets the expectations of users within the city of Quito.

Keywords: Kia Soul, electric mobility, electric vehicles

1. Introducción

Hoy en día uno de los mayores retos que se pueden encontrar en la industria automotriz es cambiar los combustibles fósiles por energías renovables, al implementar las energías renovables dentro del mercado automotor, este se debe tener en cuenta varias condiciones que se podrían ver afectadas con la entrada de este tipo de tecnología al mercado como lo es la disponibilidad, el precio, la calidad de la energía y la cantidad de energía para largo plazo, esto ligado a mejorar los objetivos medioambientales y las mejoras que se puede hacer en el entorno humano.

Dentro de la demanda de los vehículos eléctricos también se debe tener en cuenta varios aspectos en cuanto a la demanda eso quiere decir que este tipo de transportes se adapten a las necesidades productivas y económicas del país.

En cuanto a los recursos fósiles y minerales no se sabe cuánto más va a estar sobre la tierra y explotadas para el mercado automotriz, existen algunos factores que puede acelerar el agotamiento de estos recursos, por ejemplo, el incremento de consumo de gas y energías no renovables está dado por consecuencia de los elevados índices de crecimiento de las energías actuales.

Hoy en día el mundo enfrenta un gran crecimiento extraordinario de su población y de su demanda en cuanto a la energía, solo la demanda en el sector de transporte se consume alrededor de 2500 (MTEP), casi el tercio de consumo de total de energía, y esto es abastecido por energías derivadas del petróleo, aportando a la contaminación y al riesgo de la salud para el ser humano.

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Debido a los posteriores antecedentes el estudio inicia de lo que ocurre en la ciudad de Quito, donde el desarrollo urbano este retrasado debido a la movilidad en la capital ecuatoriana han tenido un crecimiento. Esto se ha notado reflejado en un entorno de transporte y ambiental de los ciudadanos, esto se puede evidenciar en alguna parte por el desplazamiento de personas en vehículos particulares y unido a la dificultad de los medios masivos de transporte e inadecuados métodos alternativos de movilidad; esto se ve generado graves problemas ambientales, económicos y sociales en las ciudades.

- **Justificación.**

Dentro de la industria automotriz se ha podido evidenciar grandes avances en cuanto a tipos de energía que mueven a los vehículos, pasamos de energías no renovables a carros que consumen energías renovables y limpias para el medio ambiente, en base a los avances que se han dado alrededor del mundo, es necesario que en Ecuador se seleccionen los vehículos que mejor se adapten a las condiciones del país y más en la ciudad de estudio que es Quito, teniendo en cuenta la disponibilidad, el precio, la cantidad de energía, la cantidad de energía a largo plazo para los vehículos y la demanda en cuanto a los trabajos y costos que exige la ciudad de Quito.

Teniendo en cuenta que los vehículos eléctricos en el mercado están con costos elevados, poder deducir que tipos de vehículos están acorde con la economía del país y cuál sería la mejor forma para poder financiarlos, esto cuanto sería la demanda dependiendo de la población actual en la ciudad, teniendo en cuenta esto también cual sería el consumo en cuanto a energía para poder satisfacer todos este tipo de vehículos, por ende se tiene en cuenta la opinión de los expertos en este tipo de temas de energías renovables.

2. Objetivo

- **General**

- Seleccionar la tecnología de movilidad eléctrica particular más pertinente para las condiciones del Distrito Metropolitano de Quito - Ecuador, por medio de métodos multicriterio para la planificación estratégica de compra y aplicación en el transporte a nivel de la sierra ecuatoriana.

- **Específico**

- Definir las características de la movilidad eléctrica por medio de una revisión bibliográfica, para la definición de los criterios de selección.
- Determinar los criterios de selección por medio de encuestas a sectores de la industria automotriz para la aplicación de los métodos multicriterio.
- Aplicar los métodos multicriterio (AHP, ELECTRE y Programación por compromiso) a partir de los criterios de selección para la propuesta de la mejor variante de movilidad eléctrica particular.

3. Estado del arte

3.1.Sostenibilidad Energética

A partir del 2012 en el Ecuador se ha impulsado por medio de la secretaría técnica del Comité Interinstitucional un cambio dentro de la matriz energética en donde “El cambio de la matriz consiste en aumentar, de manera óptima y sustentable, las fuentes primarias de energía; al mismo tiempo cambiar las estructuras de consumo en el sector de transporte, residencial, comercial, para que su uso sea racional y eficiente.” (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015). El Gobierno Nacional en la búsqueda del cambio de una matriz energética para lo cual el país cuenta con ocho proyectos

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

hidroeléctricos que pueden servir para incrementar la capacidad de electricidad en el país, de esta forma en el país se busca la utilización de energías limpias y renovables para el país, como lo son la energía eólica, solar, geotérmica y los biocombustibles, de esta manera lograr una sostenibilidad de energía para el país.

Las energías sostenibles “se puede definir como aquella energía capaz de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer los recursos y capacidades de las futuras generacionales, la misma está compuesta por energías renovables y alternativas” (Blog Energía, 2016).

Según (Blog Energía, 2016). A continuación, se presenta las energías sostenibles en nuestro país son:

- **Energía solar.** – esta energía proviene del aprovechar la radiación solar, además provee energía a gran escala y está siempre se mantiene presente ya que es infinita.
- **Energía a partir de Biomasa.** – esta energía se obtiene de la generación a partir de los organismos vivos, también de la biomasa se extrae de combustibles ya sean sólidos, líquidos o gaseosos.
- **Energía geotérmica.** – esta se encuentra en la corteza terrestre y proviene del calor latente residual, esta se proviene de nuestro planeta.
- **Energía eólica.** – esta energía se obtiene de la generación de movimiento de aspas enormes, esta deriva del aprovechamiento del viento.
- **Energía hidráulica.** – Esta energía se obtiene del aprovechamiento de las energías potenciales y cinéticas de las corrientes naturales del agua.

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Por medio de estas energías se podrá mejorar la calidad de vida de la ciudad de Quito ya que estas energías causan de manera exponencial la contaminación del medio ambiente y esto se hará que los recursos no renovables duren durante más tiempo.

3.2.Sostenibilidad Automotriz

En la actualidad se busca siempre que sea amigable con el medio ambiente siempre se ha buscado que la producción y el consumo sean lo más sustentable, esto se ve reflejado en el sector automotriz donde se tiene en cuestión de emisiones contaminantes y la congestión generada por la sobrepoblación de vehículos.

Según el (BID,2016) se puede considerar que existen tres niveles que se nombran “sustentables” que se pueden aplicar dentro de la industria automotriz y entre estos tres se considera:

- **Diseño Sustentable.** – Dentro de este nivel se puede considerar todo el tiempo de producción que tiene el vehículo y como se puede minimizar el impacto ambiental en este caso del vehículo, en consideración de las etapas que más causa contaminación en general al medio ambiente son el consumo de los combustibles fósiles, siendo los vehículos eléctricos son amigables con el medio ambiente, siempre hay que considerar que los materiales para la producción de los vehículos provienen de manera “sucia” la huella en el medio ambiente será igual o mayor. (BID, 2016).
- **Cambio de paradigma.** – Con respecto a este nivel se plantean fuentes de energía adicionales como por ejemplo los vehículos que se mueven por medio del hidrógeno como combustible en donde este tipo de vehículos genera emisiones de agua, o también, se plantea la utilidad de un vehículo

que sea autónomo que optimice la trayectoria en base al consumo de algún tipo de combustible ya sea hidrógeno, combustibles fósiles o electricidad. (BID, 2016).

- **Diseños Verdes.** – Este nivel consiste en la implementación de objetivos verdes y/o sustentables en los vehículos, los mismos recursos verdes son aprovechados como una estrategia de marketing para la venta de vehículos que sean sustentables y que estos sea de menor riesgo para el medio ambiente. (BID, 2016).

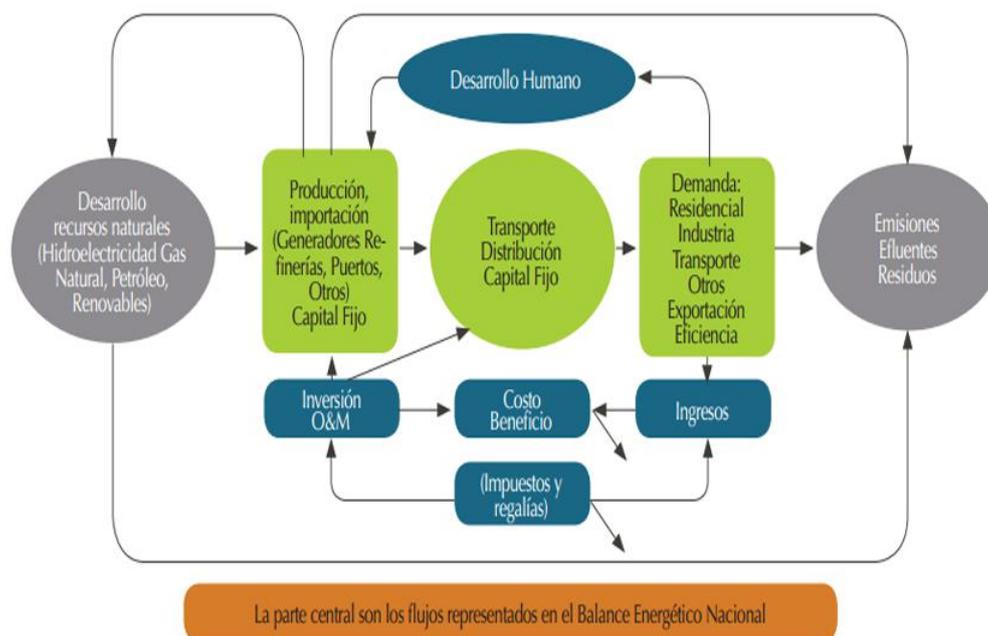
Estos tres niveles son los que se has definido para la sustentabilidad automotriz en este caos al “desarrollo de un parque automotriz capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos de las futuras generaciones, siendo así amigables con el medio ambiente” (BID, 2016), este garantiza que los vehículos eléctricos podrían ser sustentables y tener el menor impacto ambiental posible.

3.3. Energía y Desarrollo

La unión entre económica, sociedad y energía muestra una relación interna compleja que comienza desde la explotación racional de los recursos no renovables en este caso los recursos naturales y llegan hasta el abastecimiento de la demanda energética, de esta manera se analizara los efectos sobre la calidad de vida de la población, el medio ambiente y los requerimientos financieros para poder atender las en el sector de la energía que permita cubrir las demandas del sistema socioeconómico.(Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013, pág. 8)

Figura 1

La matriz energética en el contexto del sistema socioeconómico.



Nota: Diagrama de la matriz energética utilizado en el país. Tomado de: (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013)

En la Figura 1. se puede evidenciar el proceso energético que se lleva para el abastecimiento de la industria, transporte, industria y entre otras demandas energéticas que tiene en este caso la ciudad de Quito, pero en este caso este proceso tiene una contravención ya que este produce efectos negativos en el medio ambiente con emisiones de CO₂. “Cambiar la matriz energética del Ecuador implica tener una visión de largo plazo, que a su vez implica fijar objetivos deseables y factibles en el horizonte escogido, determinando hacia donde se quiere llegar.” (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013, pág. 9), esto se basa a que los recursos energéticos del Ecuador pueden sustentar los gastos de los vehículos eléctricos.

3.4. Estudio de Factibilidad

La implementación de un parque automotriz en la ciudad de Quito resultaría como una propuesta para el afrontar el calentamiento global que afecta de moda considerado al planeta dado por la emisión de gases de escape dados por los vehículos de combustión interna.

De otra manera la económica fabricación de este vehículo eléctrico es otra ventaja para determinar que este proyecto es factible para la implementación en la ciudad, ya que este tipo de vehículos no cuentan con un motor a combustión, y de más elementos que utiliza un MCI, esto nos da una disminución de costos a la hora de fabricación o producción en masa, esto será que los vehículos sean más accesibles para los ciudadanos de Quito, considerando también que en estos vehículos no necesitan combustibles, también se debe tener en cuenta, que este tipo de vehículos no se deben realizar mantenimiento como los vehículos con MCI, estos vehículos favorecen económicamente al usuario y más al medio ambiente, ya que estos vehículos no producen gases nocivos para el aire de la ciudad.

3.5. Funcionamientos de los vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos cuentan con un motor eléctrico que se acopla en los ejes de las ruedas o con motores independientes acoplados en algunos vehículos en dos ejes ya sea en la parte trasera o delantera, y en otros vehículos se pueden encontrar en todas las ruedas con motores independientes, estas son para dar movimiento a las mismas o bien para convertir la energía cinética de las ruedas en electricidad mediante métodos para poder cargar la batería, esto es mediante el freno regenerativo, la batería proporciona la energía eléctrica necesaria para mover los motores en el vehículo esto sin tener dependencia de un MCI para generar su funcionamiento. (Chancusig, 2016).

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Este tipo de vehículos se obtienen mediante las energías de la red eléctrica, los vehículos convencionales que cuentan con un motor y este permite tener un motor con mayores prestaciones, pero en contra este presenta varias pérdidas de eficiencia a través de la fricción. Por otro lado, los vehículos con motores independientes evitan pérdidas de transmisión, pero en este caso son más apropiados para pequeños vehículos donde no se requiere grandes cantidades de potencia.

3.6. Importancia del uso de motores eléctricos

La eficiencia de la energía en los motores depende de la selección de los motores en base a la batería que se tiene, esto debido a la potencia que tienen los motores va a tener su demanda, también reducir la carga mecánica en si sobre el motor eléctrico, para el uso de esta tecnología se tienen en cuenta usar un motor de alta eficiencia, usar controladores electrónicos para poder controlar la sobre revolución de los motores y su velocidad, aplicar métodos de reparación para mantener los motores centrados en la eficiencia. (Campos & Ciro)

La importancia de los motores eléctricos será más fácil de mantener y más baratos al momento de adquirirlo, además este tipo de motores pueden operar la mayoría de su vida útil consumiendo una energía mínima para un funcionamiento óptimo en cuanto al consumo y su eficiencia, mejorando así las prestaciones de los vehículos eléctricos.

En la actualidad se puede tener motores eléctricos con menores pérdidas posibles por fricción y la ventilación, mejorando así la eficiencia de estos motores, debido a las innovaciones se han reducido pérdidas en el cobre del estator y del rotor.

Los beneficios que podría prestar un motor con alta eficiencia son:

- Reducen las emisiones de gases para el efecto invernadero.

- Evitar o retrasar la instalación de nuevas unidades de generación.
- Reducción de la factura del cliente por los combustibles renovables que este motor utiliza.
- Reducción del subsidio del gobierno a las energías eléctricas.

3.7. Infraestructura de Recarga

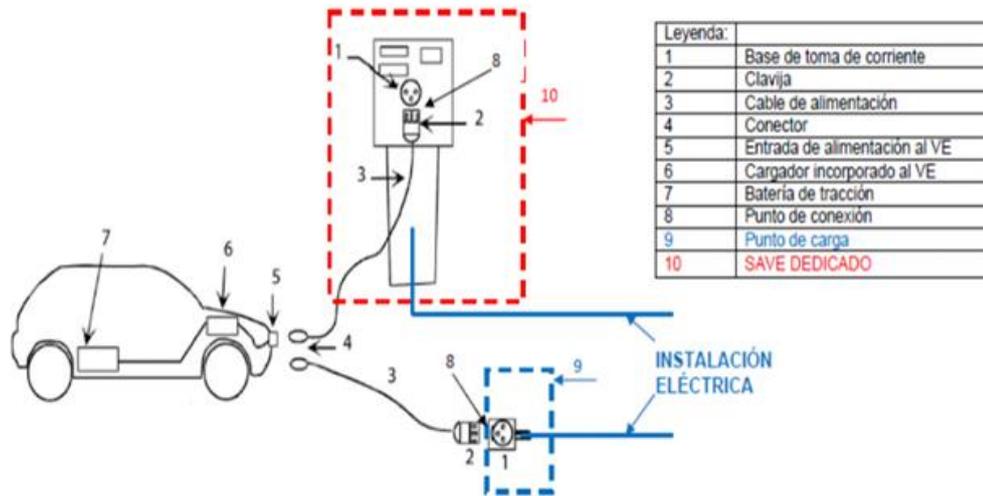
El vehículo eléctrico a comparación de los vehículos con MCI su combustible para su funcionamiento es la energía eléctrica la cual alimenta los motores eléctricos, estas al terminar su carga se la debe cargar en puntos especificados, esta se demora no menos de unas cinco horas, en el Ecuador no cuenta con infraestructuras adecuadas de estaciones de recarga rápida o también llamados Electrolineras. En los centros públicos con en centros comerciales y edificios públicos, se establecieron un mínimo de punto de carga por cada 40 plazas de aparcamientos.

El automóvil eléctrico al igual que uno con MCI requiere mayor consumo de electricidad al momento de acelerar, pero el vehículo al tener una alta velocidad sucede todo lo contrario, ya que será el mismo peso y la velocidad de desplazamiento del automóvil lo que realmente mueva al vehículo, por lo que se requiere la mínima cantidad de energía para seguir impulsándolo cuando este está a altas velocidades. (United Inventors, 2016).

A continuación, se presenta la Figura 2. donde se puede apreciar una infraestructura de recarga para los vehículos eléctricos:

Figura 2

Infraestructura de recarga.



Nota: Ejemplo de una infraestructura de carga para vehículos eléctricos Fuente: (Chancusig, 2016).

3.8. Selección del vehículo AEADE

Dentro de la investigación lo que encontrar que tipos de vehículos particulares se usan más en la ciudad de Quito, teniendo esto en cuenta para poder determinar que vehículos se vendieron más en el último año, se realizó una revisión de los anuarios que publicó la AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador), esta es la encargada de hacer el conteo de los vehículos que se vendieron en el Ecuador, mediante este anuario se determinara cual es el vehículo eléctrico con mayor demanda en la ciudad de Quito para enfocar la investigación hacia este.

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Figura 3

Cantidad de vehículos eléctricos vendidos en el Ecuador año 2018-2021 definido por segmento.

VENTAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS POR SEGMENTO - EN UNIDADES / PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN 2018-2021

AÑO	AUTOMÓVIL	% Participación	SUV	% Participación	CAMIONETA	% Participación	BUS	% Participación	VAN	% Participación	TOTAL
2018	97	74,6%	33	25,4%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	130
2019	59	57,3%	24	23,3%	0	0,0%	20	19,4%	0	0,0%	103
2020	50	47,2%	14	13,2%	37	34,9%	0	0,0%	5	4,7%	106
2021	70	20,1%	227	65,2%	48	13,8%	0	0,0%	3	0,9%	348

Fuente: Aead, Autoplus

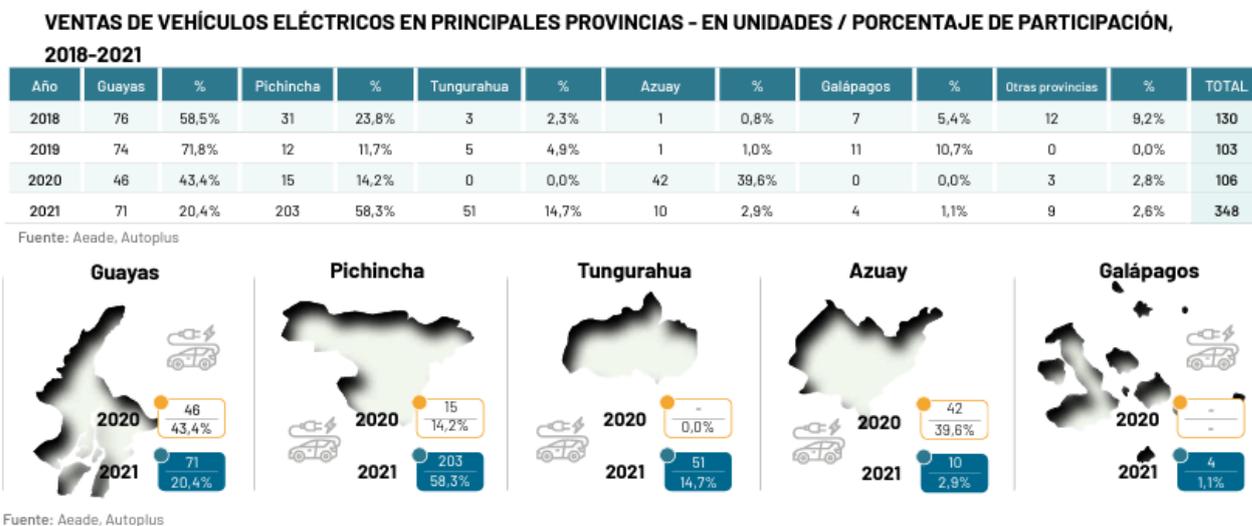
Nota: En la tabla se muestran las ventas anuales que existen en el Ecuador, definido por el tipo de vehículo y el año de venta. Tomado de: (Anuario AEADE, 2021)

En la Figura 3, se muestra los vehículos eléctricos con mayor demanda en el Ecuador, en esta tabla se puede observar que tipo de vehículos fueron los más vendidos en los últimos 4 años, en este análisis se basará en los vehículos adquiridos en el 2021, ya que son los últimos vendidos. En base a las estadísticas que se muestran en la tabla se puede observar que los tipos de vehículos que más se vendieron fueron el automóvil con un 20.1% y el SUV con el 65.2%, esto se da que estos vehículos son los más vendidos para el transporte privado.

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Figura 4

Cantidad de vehículos eléctricos vendidos en el Ecuador año 2018-2021 definido por principales provincias.



Nota: En la tabla se muestran las ventas anuales que existen en el Ecuador, definido por provincia y el año de venta. Tomado de: (Anuario AEADE, 2021)

En la Figura 4. Se puede observar los vehículos eléctricos que se vendieron en el Ecuador en las diferentes provincias, en el caso de esta investigación se tiene en cuenta los vehículos que se vendieron en la provincia de Pichincha ya que en la ciudad de Quito se realiza esta investigación. En el 2021 se vendieron 203 vehículos eléctrico en la provincia de Pichincha el cual equivale el 58.3% total de los vehículos vendidos en el Ecuador en ese año

Figura 5

Cantidad de vehículos eléctricos vendidos en el Ecuador año 2018-2021 definido por marca y modelo.

VENTAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS POR MARCA Y MODELO - EN UNIDADES, 2018-2021

Marca	Modelo	2018	2019	2020	2021
Kia	Soul	33	23	3	193
Dongfeng	Serie Rich				33
Dayang	DY-GD04B	68	23	14	23
Audi	Audi E-Tron	-	-	-	20
Kaiyun	Pickman	-	-	37	15
Nissan	Leaf	-	-	1	14
Zhidou	D1	-	-		12
BYD	BYD E3	-	-	1	6
MG	MGZS	-	-	1	6
Jiayuan	City Spirits	-	-	5	6
Otras	-	29	57	44	20
TOTAL	-	130	103	106	348

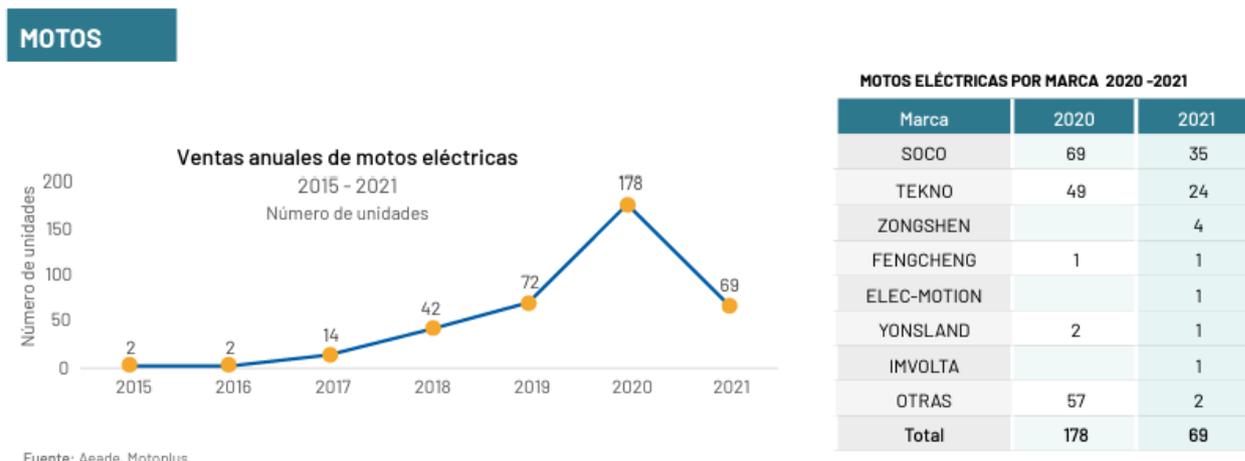
Fuente: Aeade, Autoplus

Nota: En la tabla se muestran las ventas anuales que existen en el Ecuador, definido por marca y cantidad de vehículos vendidos en el año de venta. Tomado de: (Anuario AEADE, 2021)

En la Figura 5. Se puede apreciar los vehículos que se vendieron en el año 2021 pero en este caso se clasifican por modelo y marca dependiendo como se vendieron a lo largo del año, como se observa el vehículo que más se vendió en este año es la marca Kia con su modelo eléctrico más representativo de la marca Soul con 193 unidades a lo largo del año 2021, el segundo vehículo eléctrico más vendido a lo largo de este período es el Serie Rich de la marca Dongfeng con 33 unidades vendidas en este año, esto nos ayudará, ya que se puede evidenciar cual es el vehículo con mayor demanda en el último año, esto demuestra que prestaciones buscan los usuarios a los que estamos enfocados en esta investigación.

Figura 6

Cantidad de motos eléctricas vendidas en el Ecuador año 2020-2021.



Nota: En la tabla se muestran las ventas anuales que existen en el Ecuador, definido por marca y cantidad de motos vendidas en el año de venta. Tomado de: (Anuario AEADE, 2021)

Por último, en esta investigación se busca los vehículos de transporte privado y se tiene en cuenta las motos, ya que estas también entran en la investigación. En la Figura 6. Se puede evidenciar cuantas motos se vendieron en el último año, se vendieron 69 motos eléctricas las cuales estas fueron vendidas en todo el Ecuador, las marcas que más vendieron motos en este período de tiempo fueron la marca Soco con 35 ejemplares y la marca Tekno con 24 ejemplares esto son las motos que se vendieron en el último año.

3.9.Métodos Multicriterio

El análisis multicriterio se enfoca en determinar las preferencias del usuario en un conjunto de alternativas u opciones. El análisis de decisiones multicriterio es un conjunto de técnicas que enfoca el análisis de criterios dentro de la investigación que se realiza, cuya función es ordenar en global un grupo de opciones, desde la más preferida hasta la

menos preferida. La opción que dé como resultado puede diferir en cuanto a todos los objetivos, y por eso ninguna opción hace valer a la totalidad de objetivos.

Por otra parte, los métodos multicriterio plantean que la toma de decisiones es un estudio seleccionar e identificar alternativas basados en las preferencias que tiene el usuario en base a la investigación que se esté realizando. Esta metodología parte de la existencia de varias alternativas, y de estas se selecciona a la preferida, en cuanto a una que satisfaga el interés de los usuarios.

De acuerdo con las decisiones multicriterio los métodos PROMETHEE, AHP y TOPSIS, estas se pueden establecer estos métodos para priorizar alternativas de decisión, los autores plantean que en estas metodologías han sido aplicados en investigaciones que interfieren diferentes tipos de recursos, por ejemplo, con algunas aplicaciones relacionadas con energía.

3.9.1. Método ELECTRE

En los métodos multicriterio, el método más difundido es llamado ELECTRE. Este método tiene la finalidad de facilitar la selección de un objeto que se está aplicando, cuando los criterios que se aplican a este objeto son múltiples, no agregables y, son dispersos se aplica este método ELECTRE.

Este método permite tratar de manera simultánea varios criterios y alternativas sin que estos pierdan integridad, este método permite jerarquizar las alternativas posibles y seleccionar a los que reúnen la mayor aceptación de los diferentes criterios que se definirán en la investigación. Es un método que se basa en la ponderación y en dar valores a cada uno de los criterios que se definen, para ello, se elabora un indicador de

concordancia y otro de discordancia, lo que dará paso a que aclare si una alternativa satisface o no a los criterios de aceptación.

3.9.2. Método AHP

Este tipo de metodología es una técnica de soporte para tomar una decisión multicriterio el cual se basa en la organización por la importancia, de los criterios considerados. Esta metodología fue propuesta por Thomas Saaty en 1980, y consiste en encontrar evaluaciones de importancia relativa, que a lo largo de la investigación va a tomar mayor importancia para la selección de la mejor alternativa.

En Saaty plantea que lo primero es descompones el problema para poder tomar una decisión de una manera más organizada para la investigación. En la Tabla 1. Se muestra la escala propuesta por Saaty (2008).

Tabla 1

Calificación de metodología AHP

Intensidad de Importancia	Definición
1	Igual Importancia
3	Importancia Moderada
5	Fuerte Importancia
7	Muy fuerte o importancia demostrada
9	Importancia Extrema
2.4.6.8	
Valores Recíprocos	Si la actividad i tiene uno de los números diferente de cero ya nombrados, cuando se compara con la actividad j, entonces la actividad j tiene el valor recíproco correspondiente cuando se compara con la actividad i.

Nota: En la tabla se muestra las calificaciones de método AHP. Tomado de:

(Saaty, 2008)

Después de obtener la matriz de comparación pareadas se procede a calificar los criterios utilizados por el peso de la importancia relativa de cada uno. Los resultados obtenidos son sometidos al procedimiento propuesto por Saaty, para determinar su consistencia.

Por último, se de cada alternativa se multiplica cada peso para cada criterio correspondido, mediante esto se obtiene una puntuación de cada alternativa, y de esta manera se procede a tomar la decisión con mayor importancia para la investigación.

3.9.3. Programación por Compromiso

La Programación por Compromiso es un método que se basa como veremos a continuación en el concepto de punto ideal, formado por los criterios de cada uno de los cuales será evaluado, obtenidos de forma independiente, como se definiría posteriormente, y que de modo evidente es un punto imposible de alcanzar, de ahí su nombre, siendo el propósito de esta metodología encontrar aquella combinación factible más cercana a lo que se busca en la investigación.

Como lo declara en González López (1996): “Una de las diferencias que presenta este método con respecto a los dos anteriores es que en éste puede existir una información añadida por parte del decisor, los pesos o intercambio entre objetivos que aparecen en su formulación, con lo cual puede considerarse como el puente entre los métodos esclavizantes y los que disponen de información.”

4. Metodología

Las metodologías que se utilizan como parte de esta investigación esta explícito el método deductivo ya que lo que se busca es en base a revisión bibliográfica definir los criterios principales que nos ayudarán a evaluar los diferentes vehículos y de esta manera deducir que vehículo es el más pertinente para la movilidad de Quito.

Dentro de esta investigación se aplican varias metodologías ya sea para la investigación, para el análisis multicriterio y para la realización de encuestas, estas metodologías se aplican en los diferentes puntos de esta investigación

4.1.Realización de Encuestas

En cuanto a las encuestas estas se realizan para poder definir los criterios y subcriterios en la realización de dos encuestas, la primera encuesta está basada en algunos criterios principales y esto ayudará a definir los subcriterios que ayudarán para utilizar los métodos multicriterio.

4.1.1. Realización de Encuesta N°1: Definición de Subcriterios

Los criterios principales que se toma en cuenta están basados en los criterios que tiene uno para la elección de un vehículo común ya sea a combustión, híbrido o eléctrico, los criterios que considero importantes son:

- Tecnológico y técnico
- Medio Ambiental
- Economía
- Comodidad
- Movilidad

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Estos son los criterios que se consideran importantes y por eso se toma como principales y así en base a estos criterios se tiene en cuenta para realizar otra encuesta para poder definir los subcriterios que se utilizarán para aplicar la metodología multicriterio.

En base a los criterios principales se realizaron preguntas acordes a los temas a tratar, en la primera pregunta se tiene en cuenta que tipo de vehículo particular era de su consideración más importante por lo que se les dio a escoger tres tipos de vehículos que los definimos como privados que son los SUV, Automóvil y Moto, para conocer hacia donde se enfoca los criterios al momento de adquirir un vehículo.

La segunda pregunta está basada en la selección de cuales son de los criterios principales los más considerados por las personas al momento de seleccionar un vehículo eléctrico o híbrido.

Las siguientes dos preguntas están basadas en el principal criterio de Tecnológico y técnico, en estas preguntas se puede obtener información de cuáles son los principales subcriterios que tiene en cuenta la primera se les pregunta que factores se tiene en cuenta antes de adquirir un vehículo eléctrico o híbrido, y la siguientes que factores considera negativos en los mismos vehículos.

Las siguientes tres preguntas se tiene en cuenta el criterio del medio ambiente y se realizaron preguntas que ayudaran a definir como los usuarios ven los vehículos eléctricos o híbridos en cuánto al medio ambiente, estas preguntas estarán enfocados en como este tipo de vehículos tendrán un impacto ambiental ya sea positivo o negativo y así definir qué tipo de subcriterios se tiene en cuenta en esta rama de la investigación.

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Como siguiente criterio principal que se tuvo en cuenta es la parte económica, las preguntas que se realizaron en este caso son como los usuarios que adquieran este tipo de vehículos tiene un criterio en la parte económica y así de esta manera obtener subcriterios que estén enfocados hacia este ámbito económico. Por último, la pregunta final está basada en la movilidad en la ciudad de Quito ya que al momento se rige normas para los vehículos MCI, los cuales lo vehículos eléctricos son exonerados como lo es el “Pico y placa” que es una restricción de circulación dependiendo del último dígito de la placa, también los vehículos eléctricos son exonerados de algunos pagos dentro de la ciudad como lo son los impuestos de adquisición y los impuestos al rodaje que son normativas que para los vehículos MCI se debe cumplir para poder circular con ese vehículo. La encuesta se encuentra en el Anexo N°1.

4.1.2. Realización de Encuesta N°2: Calificación de Subcriterios

En base a la primera encuesta se definen los subcriterios que van a resaltar en la segunda encuesta, el cual se basa para personas que tienen conocimiento sobre la movilidad eléctrica, estos usuarios van a calificar los subcriterios que se definieron, y estos son:

- Autonomía (A)
- Vida Útil (U)
- Movilidad (M)
- Costos de Mantenimiento (CM)
- Costos de Adquisición (CA)
- Emisiones (E)

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

- Consumo (C)
- Baterías (B)

Estos subcriterios van a ser evaluados por personal que este en el medio de la movilidad eléctrica esto nos ayudará a dar valores a cada uno de estos subcriterios para luego aplicar metodologías de multicriterio. Dentro de esta encuesta también se considerará los tipos de vehículos como lo son tomados en cuenta en la primera pregunta de la primera encuesta a realizar, así para poder definir alternativas para los diferentes tipos de vehículos que se consideran particulares en el medio de Quito, y poder seleccionar la mejor alternativa en base a las encuestas.

4.2. Metodología Multicriterio

4.2.1. Método AHP

Una vez realizado las encuestas se tiene en cuenta los criterios principales que se utiliza para poder definir los subcriterios para poder aplicar este tipo de metodología, la metodología multicriterio que se aplicará en esta investigación es el Proceso Analítico Jerárquico o mejor conocido como método AHP, este nos va a ayudar a evaluar de una manera cuantitativa los subcriterios que fueron evaluados por profesionales que se encuentran dentro de la movilidad eléctrica.

Dentro de esta metodología se aplican algunas estructuras matemáticas para poder obtener los resultados de la metodología para después dar una opinión en base a lo que se busca en esta investigación y las estructuras matemáticas son:

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

$$\begin{array}{c}
 \text{Meta} \\
 \text{Global} \\
 \text{Criterio 1} \\
 \text{Criterio 2} \\
 \dots \\
 \text{Criterio m}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c}
 P'_1 \\
 P'_2 \\
 \dots \\
 P'_m
 \end{array} \right)
 \end{array}
 \mathbf{A} =
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{cccc}
 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\
 a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1
 \end{array} \right)
 \end{array}
 \quad (1)$$

En la Formula 1. en base a los subcriterios y alternativas que se definieron, se realiza una comparación pareada en cuanto a las alternativas y subcriterios y así definir las tablas para poder realizar los cálculos.

$$\begin{array}{c}
 \text{Alternativa 1} \\
 \text{Alternativa 2} \\
 \dots \\
 \text{Alternativa n}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{cccc}
 P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\
 P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm}
 \end{array} \right)
 \end{array}
 \quad (2)$$

$$\begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{cccc}
 P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\
 P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm}
 \end{array} \right)
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c}
 P'_1 \\
 P'_2 \\
 \dots \\
 P'_m
 \end{array} \right)
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c}
 Pg_1 \\
 Pg_2 \\
 \dots \\
 Pg_n
 \end{array} \right)
 \end{array}
 \quad (3)$$

$$\mathbf{A} =
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{cccc}
 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\
 w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1
 \end{array} \right)
 \end{array}
 \mathbf{N} =
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{cccc}
 w_1 & w_1 & \dots & w_1 \\
 w_2 & w_2 & \dots & w_2 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 w_n & w_n & \dots & w_n
 \end{array} \right)
 \end{array}
 \quad (4)$$

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

$$\begin{pmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \vdots \\ nw_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} \quad (5)$$

De la Fórmula 2. hasta la Formula 5. son las soluciones para las matrices de las alternativas en base a los subcriterios, y en cada una de las matrices se le aplicar las siguientes fórmulas para solucionar y dar resultados de las mismas matrices, y las fórmulas que se aplican son:

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (6)$$

$$IC = \frac{n_{max} - n}{n - 1} \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} w_i = n_{max} w_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} w_i \right) = n_{max} \sum_{j=1}^n w_i \quad (9)$$

$$IA = \frac{1.98(n - 2)}{n} \quad (10)$$

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

De la Fórmula 6. Hasta la Fórmula 10. Son las que se aplican dentro de las matrices presentadas anteriormente para que de esta forma poder obtener los resultados de la metodología AHP.

En base a la tabla 2. se dará valor a los subcriterios previamente definidos para realizar una comparación pareada para realizar una matriz para evaluar y definir el subcriterio más relevante en este tipo de investigación la tabla se verá definida de esta manera:

Tabla 2

Ejemplo comparación pareada para Subcriterios.

Subcriterio	A	U	M	CM	CA	E	C	B
A	1	0	0	0	0	0	0	0
U	0	1	0	0	0	0	0	0
M	0	0	1	0	0	0	0	0
CM	0	0	0	1	0	0	0	0
CA	0	0	0	0	1	0	0	0
E	0	0	0	0	0	1	0	0
C	0	0	0	0	0	0	1	0
B	0	0	0	0	0	0	0	1

Nota: En la tabla se muestra un ejemplo donde se realizan cálculos de los subcriterios. Tomado de: (Autor, 2022)

Los vehículos que se definieron en este tipo de investigación fueron definidos por las estadísticas de la AEADE teniendo en cuenta la venta que obtuvieron los vehículos el año anterior, en este se definieron 6 vehículos y 2 tipo moto, los cuales fueron:

- Kia (Soul)

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

- Dongfeng (Serie Rich)
- Dayang (DY-GD04B)
- Audi (E-Tron)
- Zhidou (D1)
- Nissan (Leaf)
- SOCO (Moto)
- TEKNO (Moto)

Con la matriz definida se aplicarán métodos matemáticos para poder resolverla y así tener valores de importancia de los subcriterios que influyen dentro de esta investigación, después de realizas en base a cada subcriterio una matriz que califique los tipos de vehículos y al igual que antes realizar una comparación pareada, la matriz para definir el tipo de vehículo dependiendo de los subcriterios quedaría así:

Tabla 3

Ejemplo Tabla de Resultados entre los vehículos eléctricos y subcriterios.

VE	A	U	M	CM	CA	E	C	B
KS								
DS								
DD								
AE								
ZD								
NL								
SC								
TK								

Nota: En la tabla se muestra un ejemplo donde se realizan cálculos de los subcriterios y alternativas. Tomado de: (Autor, 2022)

La nomenclatura dentro de esta tabla será:

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

- KS: Kia (Soul)
- DS: Dongfeng (Serie Rich)
- DD: Dayang (DY-GD04B)
- AE: Audi (E-Tron)
- ZD: Zhidou (D1)
- NL: Nissan (Leaf)
- SC: SOCO (Moto)
- TK: TEKNO (Moto)

Una tabla así definirá cada subcriterio en base a los tipos de vehículos que se tomaron en cuenta anteriormente, teniendo ya las matrices resueltas se realizará métodos matemáticos para poder definir el mejor tipo de vehículo en base a los subcriterios definidos en la encuesta N°1.

Tabla 4

Ejemplo comparación pareada para vehículos eléctricos.

Vehículos	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK
KS	1	0	0	0	0	0	0	0
DS	0	1	0	0	0	0	0	0
DD	0	0	1	0	0	0	0	0
AE	0	0	0	1	0	0	0	0
ZD	0	0	0	0	1	0	0	0
NL	0	0	0	0	0	1	0	0
SC	0	0	0	0	0	0	1	0
TK	0	0	0	0	0	0	0	1

Nota: En la tabla se muestra un ejemplo donde se realizan cálculos de las alternativas. Tomado de: (Autor, 2022)

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Una vez calificado los vehículos que se definieron en base los subcriterios, estos serán aplicados de igual manera la metodología explicada anteriormente con una comparación pareada como se muestra en la Tabla 4. Con cada uno de los subcriterios anteriormente definidos, y se determinara que vehículo es el mayor calificado en la ciudad de Quito.

4.2.2. Método ELECTRE

En la metodología ELECTRE lo que se tiene en cuenta son las cualidades de cada uno de los vehículos para poder determinar las tablas de discordancia y concordancia en base a los resultados de las encuestas realizadas previamente se utilizará en este caso la ponderación de los subcriterios definidos para poder realizar las tablas y los cálculos en este método multicriterio.

Aquí lo que se realizará es una tabla para los subcriterios que se determinaron en base a las encuestas, en la tabla 8. Hace énfasis en los subcriterios y los valores de la ponderación que obtuvo en el anterior método AHP para poder maximizar o minimizar dependiendo de la importancia de los subcriterios y la tabla se vería así:

Tabla 5

Ejemplo tabla de subcriterios para maximizar y minimizar.

Función	Criterios Principales	Valor
	Autonomía (A)	
	Vida Útil (U)	
	Movilidad (M)	
	Costos de Mantenimiento (CM)	
	Costos de Adquisición (CA)	
	Emisiones (E)	
	Consumo (C)	
	Baterías (B)	
	Total	

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Nota: En la tabla se muestra un ejemplo donde se realizan la maximización y minimización de los subcriterios. Tomado de: (Autor, 2022)

En la tabla 5. Se puede ver los subcriterios previamente definidos y de esta manera poder evaluar si se maximiza o minimiza por los valores de la ponderación que se obtuvo en el método AHP realizado anteriormente.

Como siguiente se realizará una tabla especificando cada una de las especificaciones de los subcriterios de cada vehículo que se obtuvieron por su ficha técnica, la tabla queda de la siguiente manera:

Tabla 6

Ejemplo tabla de descripción de alternativas por cada subcriterio.

Vehículos	Autonomía	Vida Útil	Movilidad	Costos de Mantenimiento	Costos de Adquisición	Emisiones	Consumo	Baterías
Kia (Soul)								
Dongfeng (Serie Rich)								
Dayang (DY-GD04B)								
Audi (E-Tron)								
Zhidou (D1)								
Nissan (Leaf)								
SOCO (Moto)								
TEKNO (Moto)								
Peso Criterio								
Rango								

Nota: En la tabla se muestra un ejemplo donde se especifican las alternativas en base a los subcriterios. Tomado de: (Autor, 2022)

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

En la Tabla 6. Se puede observar los vehículos que se definieron por la AEADE para poder evaluarlos, la información que se utilizará para este tipo de metodología se obtendrá de las fichas técnicas de cada uno de los vehículos, en algunos subcriterios que se evaluarán en este tipo de tabla se obtendrán de los resultados que se obtendrán en las encuestas para poder realizar los cálculos del método, las fórmulas que se utilizaran en el método ELECTRE son las siguientes:

$$v_i = \frac{\max r_i - r_i}{\max r_i - \min r_i} \quad (11)$$

La Fórmula 11. se utilizará para maximizar los valores dependiendo de la importancia de los subcriterios estos se definirán previamente en el método AHP para dar mayor ponderación.

$$v_i = \frac{r_i - \min r_i}{\max r_i - \min r_i} \quad (12)$$

En comparación a la Fórmula 11. La Fórmula 12. que busca es minimizar los subcriterios para así de esta forma dar importancia a los criterios que tuvieron una mayor ponderación.

Una vez realizado estos cálculos realizamos la tabla de la matriz de decisión normalizada ponderada, esta se realiza con la tabla obtenida anteriormente y se le multiplica el peso de cada uno de los subcriterios que se obtuvieron en el anterior método AHP, y así de esta manera se obtiene esta tabla.

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Después de eso se realiza la tabla de concordancia con los valores de la tabla definida anteriormente, para obtener esta tabla se realiza con la Formula 13.

$$C_{jk} = \sum_{j; C_j(A_i) > C_j(A_x)} W_j + \frac{1}{2} \sum_{j; C_j(A_i) - C_j(A_x)} W_j ; 0 \quad (13)$$

Una vez obtenido los valores de esta tabla se tiene en cuenta sacando un promedio de todos los valores para así deducir una tabla de matriz de dominancia concordante, esta tabla se obtiene en base al promedio obtenido, los valores por encima del promedio se marcan 1 y si el valor es menor al promedio se marca un 0 y así se obtiene la matriz de dominancia concordante.

A continuación, se procede a realizar la tabla de discordancia con base a la tabla de matriz de decisión normalizada ponderada, lo que se realiza es la diferencia de cada una de las alternativas para así ser evaluados los subcriterios, tomando en cuenta el valor más alto y el más bajo para así hacer una división y obtener los resultados de la matriz de discordancia.

Al igual que la tabla anterior se realiza una tabla de matriz de dominancia discordante, esta tabla al igual que la anterior se obtiene en base al promedio obtenido, los valores por encima del promedio se marcan 0 y si el valor es menor al promedio se marca un 1 y así se obtiene la matriz de dominancia concordante.

Ya para obtener los resultados finales se multiplica las matrices de dominancia tanto concordante y discordante, para así definir que alternativas son de mayor ponderación dentro de la investigación.

4.2.3. Programación por Compromiso

Dentro de este método lo primero que se realiza es especificar cada una de las alternativas en base a los subcriterios como se muestra en la Tabla 6. Esta tabla ayudará para comenzar con el método. En la tabla mencionada se aplica lo de maximizar y minimizar dependiendo de los subcriterios aplicados en la Tabla 5. En este caso se ponen los valores que se minimizan en negativo para así poder encontrar el Startup Ideal, que se define como los subcriterios ideales de las alternativas que esto ayudará para el cálculo de los resultados para la Programación por Compromiso.

Como siguiente se realiza la tabla donde se normalicen las variables, este paso no es igual a los otros métodos ya que en los demás métodos mientras más alto sea el valor de las variables mejor era la ponderación, en este caso la Programación por Compromiso busca minimizar los valores para así poder definir cuál es la mejor opción, para hacer este cálculo se utiliza la Fórmula 14.

$$Z^i = \frac{Z_i^{\max} - Z_y}{Z_i^{\max} - Z_i^{\min}} \quad (14)$$

El siguiente paso que se realiza al igual que el anterior método la tabla resultante normalizada es multiplicada por los pesos, para así poder definir que subcriterio debe sobresalir entre las alternativas y así dar mayor peso al momento de seleccionar un vehículo, estos valores se tomaran de los resultados obtenidos en el método AHP para este cálculo.

Por último, teniendo la tabla normalizada por los pesos de los subcriterios se tiene en cuenta cada uno de esos valores como un vector y se procede a calcular las distancias

para así obtener los resultados de esta investigación, los diferentes cálculos que se aplican en este paso son los siguientes:

- Distancia Manhattan

$$p = 1 \quad D_1 = a + b \quad (15)$$

- Distancia Euclidiana

$$p = 2 \quad D_2 = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (16)$$

- Distancia Chebyshev

$$p = \infty \quad D_3 = \max(a, b) \quad (17)$$

Una vez aplicado estos cálculos de distancia se procede a evaluar los resultados, como se explicó anteriormente los valores que tienen menor ponderación son los que más se adaptan a la investigación ya que se realiza diferentes cálculos a diferencia de los métodos utilizados anteriormente.

5. Resultados

5.1. Encuesta N°1: Definición de Subcriterios

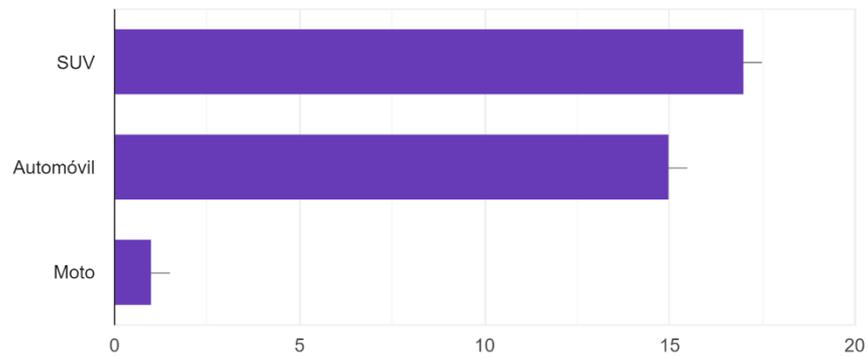
En esta primera encuesta se definieron los subcriterios que van a ser utilizados para la segunda encuesta y posterior estos ser aplicados a los métodos multicriterio para definir el mejor criterio que se adapte a esta investigación. Los resultados obtenidos en la siguiente encuesta fueron los siguientes:

Figura 7

Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios primera pregunta.

1. ¿Cuál es el tipo de vehículo de su preferencia?

31 respuestas



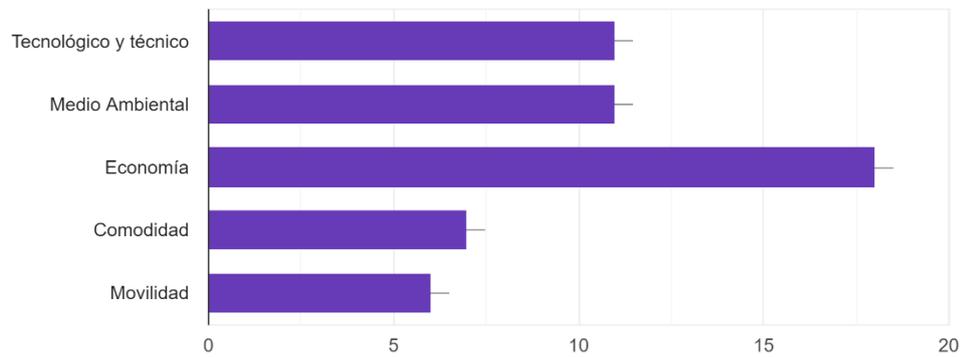
Nota: En la figura se muestra el resultado de la primera pregunta de la encuesta realizada. Tomado de: (Autor, 2022)

En la Figura 7. se obtuvo que los usuarios con un 54.8% prefieren los vehículos SUV, con un 48.4% los automóviles y por último con un 3.2% las personas prefieren una moto, en esta pregunta se denoto que las personas prefieren vehículos más grandes para su comodidad y confort.

Figura 8

Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios segunda pregunta.

2. ¿Al momento de elegir un vehículo híbrido o eléctrico que criterio tendría en consideración?
31 respuestas



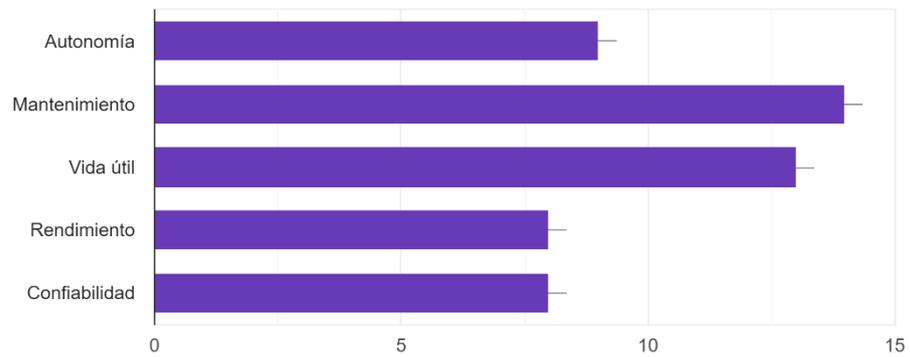
Nota: En la figura se muestra el resultado de la segunda pregunta de la encuesta realizada. Tomado de: (Autor, 2022)

En la Figura 8. Los resultados que se obtuvieron fueron, que los usuarios prefirieron la economía sobre todos los criterios principales con un resultado del 58.1%, como segundo criterio a considerar los usuarios coinciden que en la parte tecnológica y técnica y medio ambiente tiene la misma importancia ambos con resultados del 35.5% serían los segundos criterios más importantes a considerar por los usuarios, y por último se considera la comodidad y la movilidad como últimos criterios con el 22.6% y 19.4% respectivamente.

Figura 9

Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios tercera pregunta.

3. ¿Qué factores considera usted importante en la parte técnica de un vehículo híbrido o eléctrico?
31 respuestas

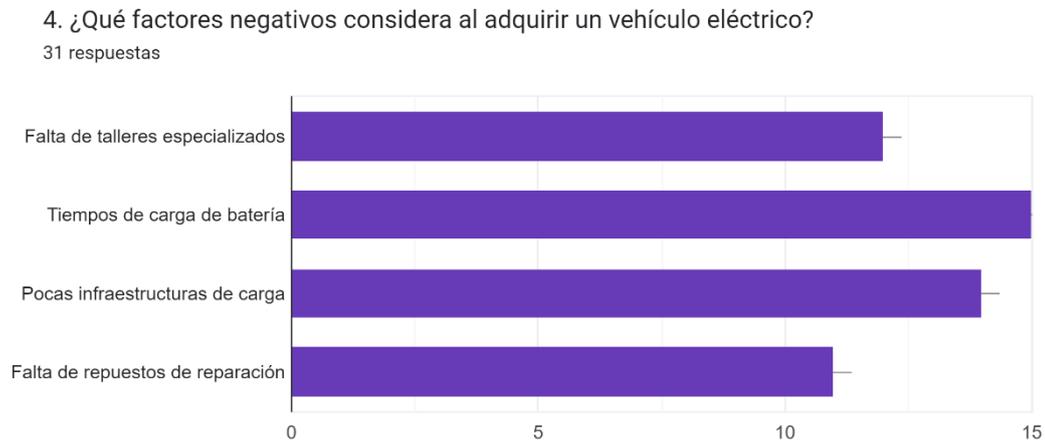


Nota: En la figura se muestra el resultado de la tercera pregunta de la encuesta realizada. Tomado de: (Autor, 2022)

En la Figura 9. Se obtuvieron los siguientes resultados de la investigación, en la parte tecnológica y técnica los subcriterios que mayor importancia tuvieron fueron el mantenimiento y la vida útil con 45.2% y 41.9% respectivamente, el siguiente subcriterio de importancia fue la autonomía con un 29%, y por último se tiene el rendimiento y la confiabilidad con 28.8% los dos subcriterios.

Figura 10

Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios cuarta pregunta.



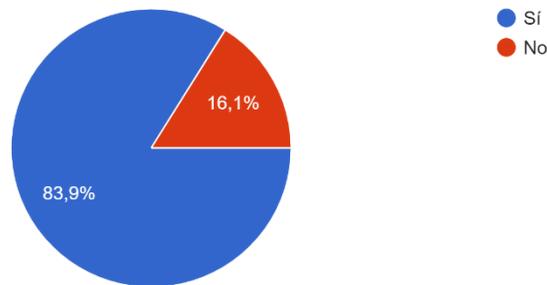
Nota: En la figura se muestra el resultado de la cuarta pregunta de la encuesta realizada. Tomado de: (Autor, 2022)

En la Figura 10. Se obtuvieron los siguientes resultados en este caso factor negativo que más importancia tuvo fue el tiempo de carga de las baterías como el factor más negativo al adquirir un vehículo eléctrico con 48.4%, el siguiente con 45.2% se tomó en cuenta las pocas infraestructuras de carga, y, por último, pero no menos importantes se tienen la falta de talleres especializados y falta de repuestos de reparación con un porcentaje de 38.7% y 35.5% respectivamente.

Figura 11

Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios quinta pregunta.

5. ¿Al adquirir un vehículo eléctrico o híbrido considera que se disminuiría la huella de carbono?
31 respuestas



Nota: En la figura se muestra el resultado de la quinta pregunta de la encuesta realizada. Tomado de: (Autor, 2022)

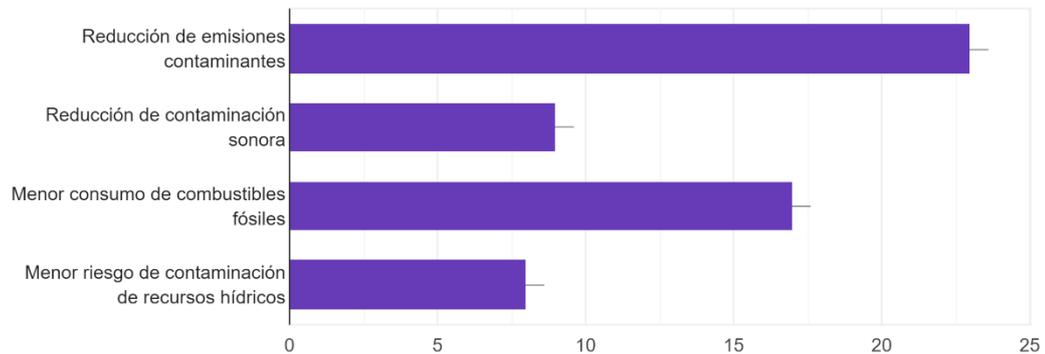
En la Figura 11. Se demostró que el 83.9% de las personas está de acuerdo que los vehículos eléctricos disminuirían la huella de carbono en la tierra y la otra parte dijo que no, ya sea por criterios propios que también son tomados en cuenta en este tipo de investigación.

Figura 12

Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios sexta pregunta.

6. ¿Qué impactos positivos considera usted mas pertinentes si se incrementa la cantidad de vehículos electricos e híbridos en la ciudad de Quito?

31 respuestas

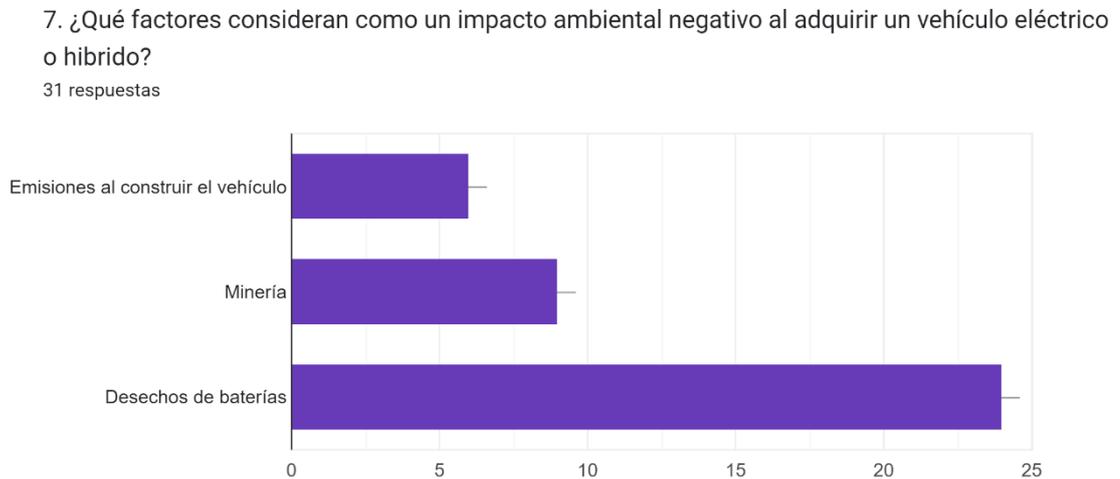


Nota: En la figura se muestra el resultado de la sexta pregunta de la encuesta realizada. Tomado de: (Autor, 2022)

En la Figura 12. Se obtuvo que los impactos ambientales que tuvieron mayor importancia fueron como primero la reducción de gases contaminantes con 74.2%, como siguiente se obtuvo un menor consumo de combustibles fósiles con 54.8%, y como los dos últimos, pero no menos importantes se tiene a reducción de contaminación sonora y menor riesgo de contaminación de recursos hídricos con 29% y 25.8% respectivamente.

Figura 13

Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios séptima pregunta.



Nota: En la figura se muestra el resultado de la séptima pregunta de la encuesta realizada. Tomado de: (Autor, 2022)

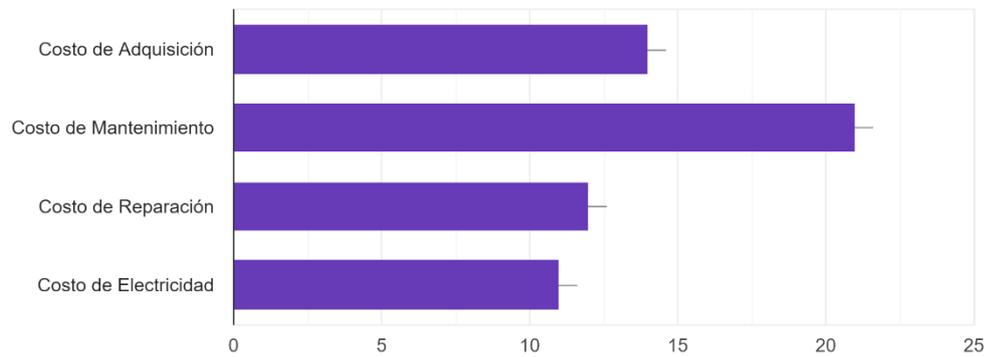
En la Figura 13. Como resultado se obtuvo que el impacto ambiental más negativo que se puede tener es el desecho de las baterías con un 77.4% de personas que están de acuerdo con este impacto, como siguiente se tuvo en cuenta la minería con un 29% y, por último, se tiene las emisiones al construir el vehículo eléctrico con un 19.4% de las personas.

Figura 14

Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios octava pregunta.

8. ¿Qué gastos tendría en cuenta al adquirir un vehículo eléctrico o híbrido?

31 respuestas



Nota: En la figura se muestra el resultado de la octava pregunta de la encuesta realizada. Tomado de: (Autor, 2022)

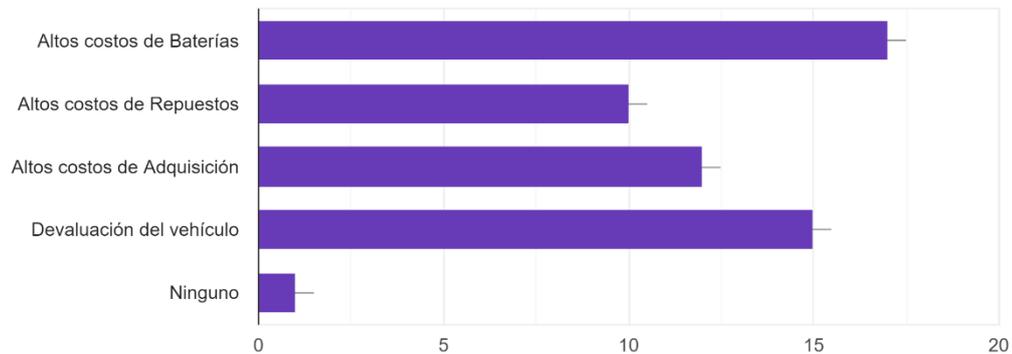
En la Figura 14. Se obtuvo que los gastos que se tiene mayor en cuenta al adquirir el vehículo eléctrico son los costos de mantenimiento con 67.7%, como siguiente se tiene en cuenta los gastos de adquisición con un 45.2%, como siguiente costo que se tiene en cuenta es el costo de reparación para los vehículos eléctricos con 38.7% y por último se tiene costos de electricidad con un 35.5%.

Figura 15

Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios novena pregunta.

9. ¿Qué factores económicos considera usted mas negativos al adquirir un vehículo eléctrico o híbrido?

31 respuestas



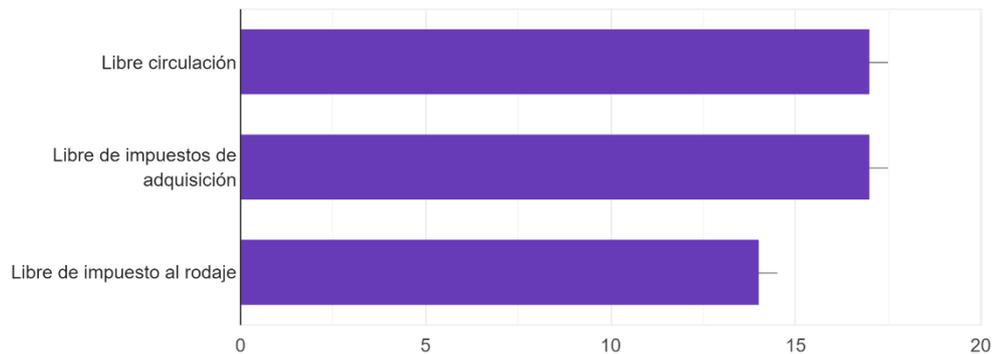
Nota: En la figura se muestra el resultado de la novena pregunta de la encuesta realizada. Tomado de: (Autor, 2022)

En la Figura 15. En los resultados de los factores económicos más negativos se tiene como principal los altos costos de baterías con un 54.8%, como siguiente se tiene en cuenta la devaluación de los vehículos con un 48.4%, los siguientes costos son los altos costos de adquisición con un 38.7%, y por último se tiene los altos costos de repuestos con un 32.3%, y un mínimo con 3.2% consideran que no existe ninguno como un criterio propio.

Figura 16

Resultado de encuestas de Definición de Subcriterios decima pregunta.

10. ¿En la ciudad de Quito que factores considera importantes al adquirir un vehículo eléctrico?
31 respuestas



Nota: En la figura se muestra el resultado de la décima pregunta de la encuesta realizada. Tomado de: (Autor, 2022)

En la Figura 16. Por último, se tiene en cuenta los factores de movilidad en la ciudad de Quito como más importante se tiene la libre circulación y libre de impuestos de adquisición con un 54.8% de personas que consideraron como un factor importante, y como segundo, pero de igual importancia los vehículos eléctricos son libres de impuestos al rodaje con un 45.2%.

5.2.Encuesta N°2: Calificación de Subcriterios

Una vez definido los subcriterios se procedió a realizar encuestas que enumerarán dependiendo de su experiencia que subcriterio y criterio principal le parece mejor y cual le parece menos importante y en esto se obtuvieron los siguientes resultados:

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Tabla 7

Resultado de encuestas de Calificación de Subcriterios primera pregunta.

CALIFICACION CRITERIOS PRINCIPALES																					
CP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL
TT	5	3	4	3	5	4	5	4	5	3	4	5	5	3	5	3	4	4	5	3	82
E	3	1	5	4	4	5	3	5	4	4	5	3	4	4	3	1	5	5	3	4	75
M	4	5	1	5	3	3	4	1	2	5	1	2	1	5	4	5	1	3	4	5	64
C	1	4	2	1	1	2	1	2	3	1	2	1	3	2	1	4	2	2	1	1	37
MA	2	2	3	2	2	1	2	3	1	2	3	4	2	1	2	2	3	1	2	2	42

Nota: En la tabla se muestra el resultado de la calificación de criterios principales de la segunda encuesta primera pregunta. Tomado de: (Autor, 2022)

En esta tabla se colocaron los resultados de las encuestas y se suman para así tener un resultado de la importancia de cada uno de los criterios principales, en base a los resultados de la Tabla 7. el criterio principal con mayor votación es Tecnológico y técnico y como segundo en consideración es el criterio Económico, por tercero se tiene al criterio de movilidad el cual se consideró bastante ya que la persona quisiera un vehículo que se desenvuelva bien dentro de la ciudad de Quito, como penúltimo se tiene el criterio del medio ambiente y como último a la comodidad ya que es la menos importante al momento de elegir un vehículo eléctrico o híbrido.

Tabla 8

Resultado de encuestas de Calificación de Subcriterios segunda pregunta.

CALIFICACION SUBCRITERIOS																					
SC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL
A	6	8	6	6	8	8	6	7	8	6	6	7	8	8	6	7	5	8	6	8	138
U	8	7	4	8	7	6	8	4	7	4	8	4	3	7	8	4	4	7	8	7	123
M	1	1	8	7	1	7	1	6	1	8	1	6	2	1	1	6	6	1	1	6	72
CM	7	6	7	3	6	5	7	3	6	1	7	3	6	6	7	3	7	6	7	5	108

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

CA	3	2	5	1	2	3	3	5	2	2	3	5	7	2	3	5	8	2	3	4	70
E	4	3	1	4	3	4	4	2	3	3	4	2	1	3	4	2	3	3	4	3	60
C	2	4	2	2	4	2	2	1	4	5	2	1	5	4	2	1	2	4	2	2	53
B	5	5	3	5	5	1	5	8	5	7	5	8	4	5	5	8	1	5	5	1	96

Nota: En la tabla se muestra el resultado de la calificación de los subcriterios de la segunda encuesta segunda pregunta. Tomado de: (Autor, 2022)

Al igual que en la anterior tabla esta califica los subcriterios y estos fueron evaluados como los criterios principales y esto ayudará a realizar los métodos multicriterio, en la Tabla 8. Se puede observar que el subcriterio que más sobresalió es el de la autonomía y esto se da a que las personas buscan un vehículo que pueda recorrer varios kilómetros antes que se descargue la batería, el segundo más importante resultado la vida útil ya que en este caso las personas buscan un vehículo que puedan tener varios años sin que este se devalúe demasiado, como siguiente subcriterio se tiene los costos de mantenimiento los cuales se tiene demasiado en cuenta ya que estos suelen ser bastante costosos y por eso se consideró de esta manera, después se tiene el subcriterio de las baterías en general ya que se tuvo en cuenta todos los aspectos que tos que conlleva esta y por eso se encuentra como cuarto subcriterio importante, como siguiente se tiene los costos de adquisición que son relativamente un criterio a considerar ya que este tipos de vehículos tienen un valor un poco elevado por ello también es importante, el siguiente subcriterio se tiene a la movilidad en Quito como se puede desenvolver el vehículo en las diferentes condiciones de la ciudad, y por último se tiene a las emisiones y al consumo estos son subcriterios que se tomaron como últimos pero no por eso son menos importantes.

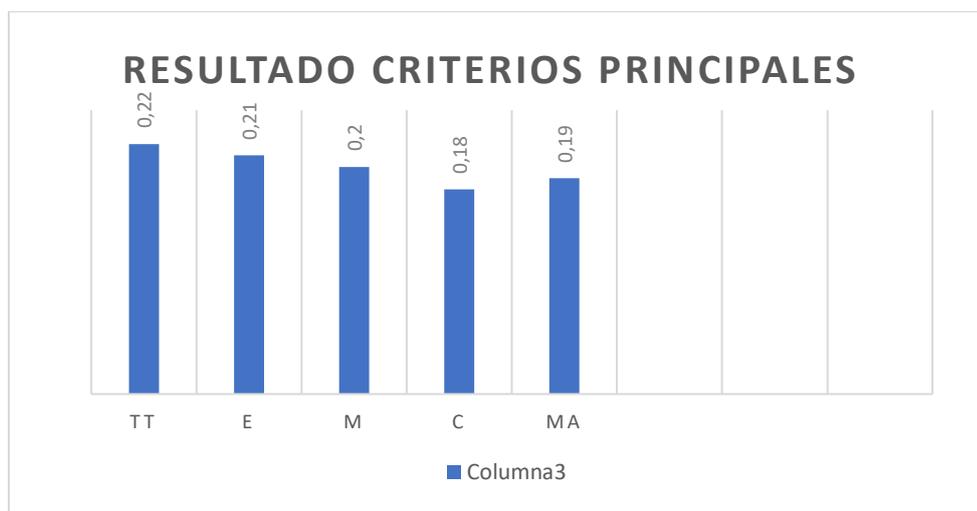
5.3. Método Multicriterio

5.3.1. Método AHP

Una vez obtenidos los resultados de las encuestas se procede a hacer la comparación pareada para así definir qué criterio es el más calificado y cuál es el que los profesionales tienen más en cuenta a la hora de adquirir un vehículo eléctrico.

Figura 17

Resultados de la Metodología AHP para Criterios Principales.



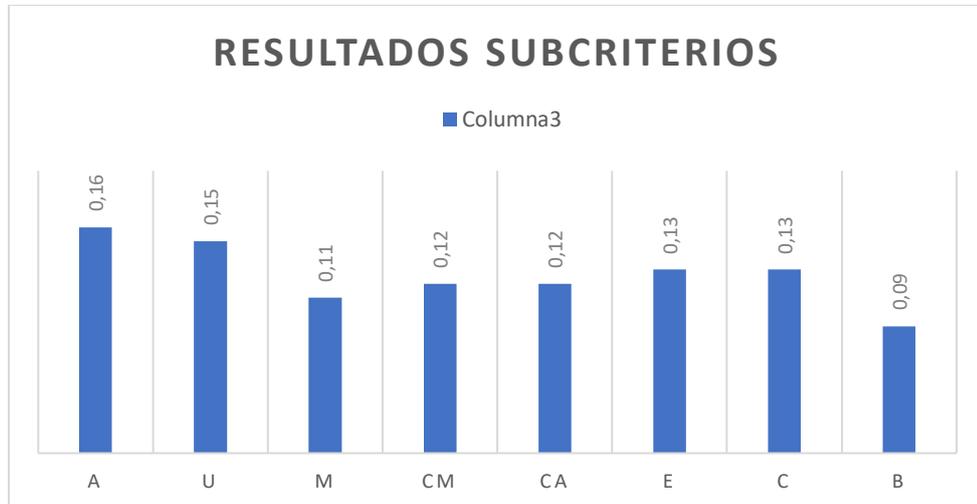
Nota: En la figura se muestra el resultado de la metodología AHP por los criterios principales. Tomado de: (Autor, 2022)

En la Figura 17. Se puede observar cómo se realizaron las comparaciones pareadas de los criterios principales, se obtuvo un resultado que el criterio con más ponderación fue la parte Tecnológico y técnico, a esto se da que es el criterio principal a la hora de adquirir un vehículo eléctrico, como siguientes se tiene al Medio Ambiente que se tomó bastante en consideración, después estuvo el criterio Económico ya que es cierto que las personas siempre van a buscar un vehículo que esté al alcance de su economía, por

siguiente se tuvo en cuenta la movilidad del vehículo en las condiciones de la ciudad de Quito

Figura 18

Resultados de la Metodología AHP para Subcriterios.



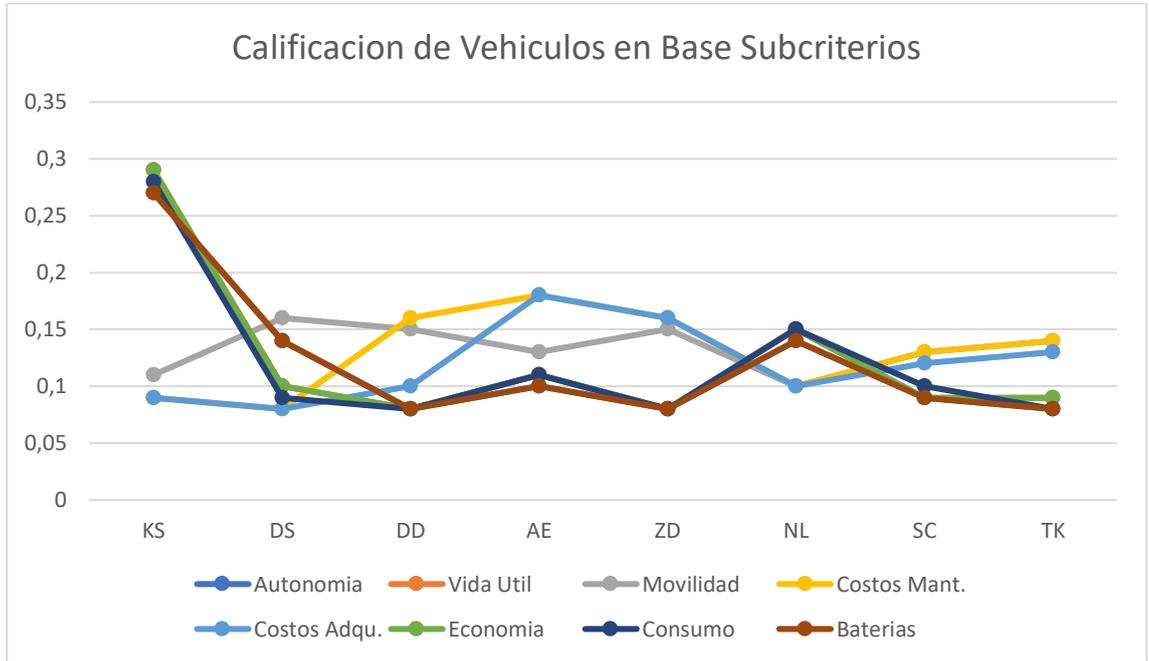
Nota: En la figura se muestra el resultado de la metodología AHP par los subcriterios definidos. Tomado de: (Autor, 2022)

En la Figura 18. Se pueden ver los resultados obtenidos después de realizar la comparación pareada de los subcriterios, el subcriterio con mayor ponderación fue el de la autonomía, este subcriterio fue el mayor calificado ya que es el principal subcriterio a momento de elegir un vehículo eléctrico.

Y en base a estos subcriterios que fueron evaluados con una comparación pareada se realizó un análisis con los vehículos que se definieron anteriormente, en este paso se realizaron alrededor de 8 comparaciones pareadas para cada uno de los subcriterios teniendo en cuenta que se comparan los vehículos en base a cada uno de los subcriterios previamente definidos para saber que vehículo es el que mejor se adapta a estos y así poder seleccionar el vehículo de movilidad eléctrica dentro del país.

Figura 19

Resultados de Metodología AHP en base a Subcriterios para los vehículos eléctricos.

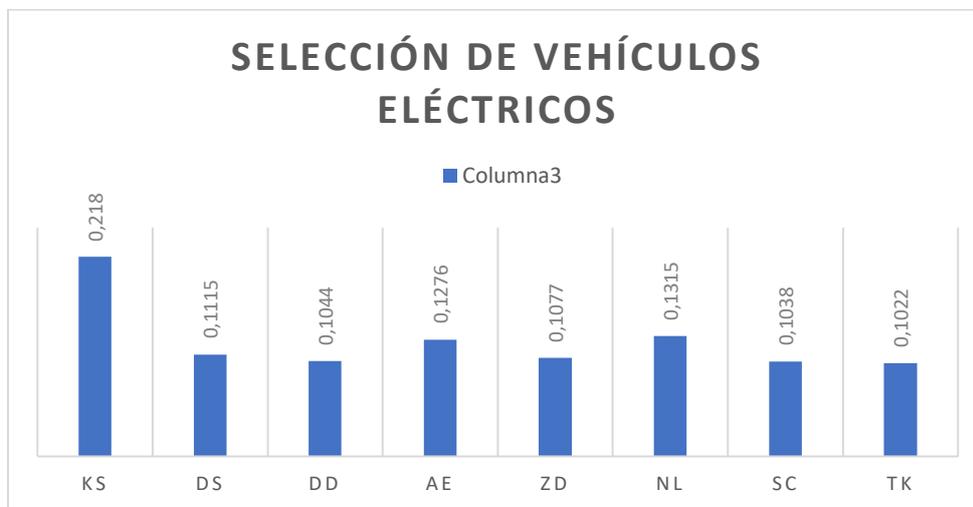


Nota: En la figura se muestra el resultado de la metodología AHP par los subcriterios y alternativas. Tomado de: (Autor, 2022)

En la Figura 19. Se puede observar las tendencias de los distintos vehículos en base a los 8 subcriterios y se define que vehículo tiende a ser el más representativo para la selección de movilidad dentro de la ciudad de Quito.

Figura 20

Resultados de la metodología multicriterio AHP de los vehículos aplicados.



Nota: En la figura se muestra el resultado de la metodología AHP para los vehículos eléctricos aplicados. Tomado de: (Autor, 2022).

Después de aplicar la metodología multicriterio AHP, obteniendo así las alternativas más óptimas para la investigación y así seleccionar el vehículo que se adapte para la movilidad en la ciudad de Quito, en esta investigación se seleccionó 6 vehículos eléctricos y 2 motos que fueron seleccionados por estadísticas de la AEADE las cuales fueron los más vendidos en el año anterior, los vehículos que tuvieron mayor ponderación dentro de la aplicación de la metodología fue el Kia Soul con un 21,8% de ponderación dentro de la investigación, y la moto fue la SOCO con un 10,38% con mayor ponderación entre las motos.

Los vehículos que no tuvieron tanta ponderación también se tienen en cuenta ya que en ellos también se basa esta investigación, ya que los vehículos con mayor calificación cumplen con los subcriterios definidos, los demás vehículos también tienen

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

un porcentaje de ponderación cumplen con los subcriterios y también son parte de la movilidad particular de la ciudad de Quito.

5.3.2. Método ELECTRE

Después de aplicar la metodología, y multiplicar las matrices de dominancia discordante y concordante nos da como resultado la matriz de dominancia agregada donde los valores que más suman son los que más ponderación tienen en este tipo de metodología, el resultado se ve sumado por la comparación pareada que se realiza en los cálculos y los resultados de la metodología son los siguientes:

Tabla 9

Matriz de Dominancia Agregada

MATRIZ DE DOMINANCIA AGREGADA									
Vehículos	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK	Suma
KS		1	0	0	0	1	0	0	2
DS	0		0	0	0	0	0	0	0
DD	0	0		0	0	0	0	0	0
AE	0	0	0		0	0	0	0	0
ZD	0	0	0	0		0	0	0	0
NL	0	0	0	0	0		0	0	0
SC	0	0	0	0	0	0		0	0
TK	0	0	0	0	0	0	0		0
Suma	0	1	0	0	0	1	0	0	

Nota: En la tabla se muestra los resultados de los vehículos que fueron sometidos al método ELECTRE. Tomado de: (Autor, 2022).

En la Tabla 9. Se pueden observar los vehículos que tuvieron mayor ponderación, el vehículo que tuvo una mayor ponderación fue el Kia Soul como el vehículo que mejor se adapte a las condiciones a las que fue sometida la investigación, como siguiente alternativa que sobresalió en los resultados es el Dongfeng Serie Rich y con igual

ponderación tenemos al Nissan Leaf estas estuvieron por debajo de la principal alternativa por un punto dentro de los resultados de la investigación, dentro de las motos no tuvieron una ponderación significativa en esta investigación.

5.3.3. Programación por Compromiso

Después de realizar los cálculos y aplicar el método, salieron los diferentes resultados de los diferentes cálculos y salió la siguiente tabla de resultados, teniendo en cuenta que hay 3 resultados diferentes, de los 3 cálculos que asocian este método y los resultados fueron los siguientes:

Tabla 10

Resultados de distancias de vectores para método de Programación por Compromiso.

Vehículos	D1	Valoración	D2	Valoración	D3	Valoración
Kia (Soul)	0,34	2	0,13	1	0,07	1
Dongfeng (Serie Rich)	0,52	5	0,22	5	0,13	5
Dayang (DY-GD04B)	0,50	4	0,18	3	0,09	2
Audi (E-Tron)	0,27	1	0,17	2	0,12	4
Zhidou (D1)	0,62	6	0,24	6	0,11	3
Nissan (Leaf)	0,47	3	0,20	4	0,13	6
SOCO (Moto)	0,66	7	0,27	7	0,14	7
TEKNO (Moto)	0,69	8	0,29	8	0,16	8

Nota: En la tabla se muestra los resultados de los cálculos de las distancias del método Programación por Compromiso. Tomado de: (Autor, 2022).

En la Tabla 10. Se muestran los resultados de los diferentes cálculos que se realizaron y los resultados fueron:

- Distancia Manhattan, en este cálculo el vehículo que dio como resultado que mejor calificación tuvo fue el Audi E-Tron, este

vehículo obtuvo la mejor ponderación en este método y en este cálculo de distancia.

- Distancia Euclidiana, en este cálculo como vehículo que resulto con una mejor ponderación fue el Kia Soul que se destacó en el cálculo de distancia Euclidiana.
- Distancia Chebyshov, al igual que el cálculo de la distancia anterior en este cálculo sobresalió el Kia Soul, eso porque tuvo una mejor ponderación en este cálculo de distancia.

En este método el vehículo que obtuvo mayor ponderación fue el Kia Soul ya que este sobresalió en dos de tres cálculos de distancia, y en motos resulto la marca SOCO como mejor opción, estos son los vehículos que tuvieron mejor desenvolvimiento dentro de este método aplicado en base a los subcriterios y alternativas escogidos por usuarios e investigación.

6. Discusión de Resultados

Una vez obtenido los resultados de la investigación después de aplicar todos los métodos multicriterio se obtuvieron los siguientes resultados dentro del análisis, dentro del Método AHP el vehículo que tuvo mayor ponderación a la hora de aplicar el método fue el Kia Soul con una ponderación del 21,8% dentro de los resultados generales, el segundo vehículo que se tomó como importante fue la moto SOCO que sobresalió entre las motos con un 10,38% de ponderación dentro de los resultados de la investigación, estos vehículos son los más ponderados en el método aplicado, el segundo método aplicado el ELECTRE obtuvo los siguientes resultados, el vehículo con mayor ponderación fue al igual que el anterior método el Kia Soul, en este caso el vehículo tuvo

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

la puntuación más alta entre los demás vehículos, como siguientes vehículos con mayor ponderación fueron Dongfeng Serie Rich y con igual ponderación tenemos al Nissan Leaf, estos son los resultados obtenidos en la aplicación de este método, por último el método Programación por Compromiso tuvo los siguientes resultados el vehículo que tuvo mayor ponderación en este método aplicado reitero el Kia Soul, y como segundo vehículo que se tomó en cuenta fue igual que en el primer método la moto SOCO, la cual tuvo una mayor ponderación en el método.

Los resultados resumidos anteriormente denotan que el vehículo que cumplió mejor con los subcriterios definidos por los usuarios expertos en movilidad eléctrica, fue el Kia Soul, esto ya que en todos los métodos multicriterio que se aplicó este tuvo siempre una mayor ponderación por encima de los demás vehículos, esto sin dejar a un lado los demás vehículos ya que estos también cumplen con los subcriterios antes mencionados, pero el Soul fue el vehículo que mejor cumple y se adapta a las condiciones de la ciudad de Quito, y como segundo vehículo que se tomó en cuenta fue la moto SOCO que entre las motos esta fue la que más sobresalió, estos vehículos fueron los más indicados por los métodos multicriterio aplicados y por las encuestas a usuarios.

Teniendo en cuenta a la investigación “Percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito” realizado por Pulles y Aguirre (2021), asociada con la movilidad eléctrica, se puede definir que la metodología aplicada en esta investigación fue de gran importancia ya que aquí lo que se busca es seleccionar vehículos en base a criterio que definieron en base a encuestas tanto a usuarios que adquieren vehículos particulares como a profesionales que pudieron evaluar los criterios que nos dieron paso para la aplicación de la metodología multicriterio.

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

En base a otras tesis se tomaron como referencia las perspectivas que se tiene de los usuarios que adquieren vehículos eléctricos, sin aplicar ningún otro tipo de metodología, en comparación a las metodologías aplicadas a este estudio lo que se busco es definir criterios de varios usuarios para así evaluar cada uno de los subcriterios definidos y así de esta manera poner en práctica las metodologías en este caso la AHP para así definir algunas alternativas de vehículos eléctricos en base a subcriterios previamente definidos y evaluados, en cambio la tesis de Pulles y Aguirre (2021) tomada como análisis comparativo se toma en cuenta las percepciones de las tecnologías de movilidad eléctrica y se busca crear políticas en base a percepciones, esto en ciertos aspectos deja muchos vacíos dentro de la investigación ya que los usuarios tienen diferentes percepciones de lo que son los vehículos eléctricos, por lo que la aplicación de este método es muy superficial, en cuanto a la investigación realizada en esta tesis es encontrar criterios y así definir que vehículos se adaptan a la evaluación de los criterios de usuarios tanto que adquieren un vehículo eléctrico como los criterios de personas especializadas en este tipo de tecnologías.

En afirmación de ambas investigaciones se obtuvo que uno de los criterios o en caso de la otra investigación perspectiva que más ponderación obtuvo fue el de la Autonomía, este subcriterio fue el que más sobresalió en esta y en la tesis de Pulles y Aguirre (2021), lo que se puede definir es que los usuarios siempre van a buscar una mayor autonomía para sus vehículos, los vehículos eléctricos dependen mucho de su autonomía para que sean factibles para los usuarios al adquirir uno de estos vehículos, por eso este subcriterio sobresale en este tipo de investigaciones.

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Así se ha realizado con diferentes metodologías de investigación se obtuvieron resultados parecidos en cuanto a los criterios de importancia para las personas y expertos de la movilidad eléctrica.

En los vehículos seleccionados, el Kia Soul fue el que obtuvo mayor ponderación entre otros modelos, teniendo en cuenta a la investigación “Estudio de Factibilidad para la Implementación de Medios de Transporte Eléctricos en el Centro Histórico de Quito” realizado por Freile y Robayo (2016), también tomaron este vehículo como referencia de investigación dado que el mismo lleva en el mercado nacional varios años y ha logrado sobresalir por sus ventas de acuerdo con la AEADE, en el último año se vendieron alrededor de 193 vehículo en todo el Ecuador esto se da ya que el vehículo cumple con criterios de expertos y estándares de calidad, que lo hacen actualmente el vehículo eléctrico que mejor se adapta para las condiciones de la ciudad de Quito.

Este vehículo en comparación a los demás vehículos previamente evaluados obtuvo el mayor cumplimiento en cuanto a los subcriterios previamente estipulados, sin embargo, los demás vehículos evaluados tampoco es que no cumplan con estos tipos de criterios, estos también se adaptan para las condiciones de movilidad eléctrica para la ciudad de Quito y tienen de igual manera estándares muy buenos de calidad.

7. Conclusiones

- Se puede concluir que en base a la revisión bibliográfica se logró definir los criterios principales para poder realizar las primeras encuestas y así de esa manera poder obtener los subcriterios y por ende evaluar las alternativas de los diferentes vehículos que se tomaron como referencia de la revisión de los anuarios de la AEADE de los vehículos eléctricos más vendidos en el año

pasado y así poder determinar que vehículo es el más pertinente en la ciudad de Quito y que se adapte a las condiciones de esta ciudad y sus usuarios en particular, los criterios y subcriterios que se definieron están en base a los resultados de las encuestas realizadas, y los subcriterios se definieron en base a los resultados de las evaluaciones realizados a expertos de la movilidad eléctrica.

- Se puede concluir también que las encuestas que se realizaron tanto a los usuarios que adquieren vehículos particulares, como las encuestas realizadas a profesionales de la movilidad eléctrica fueron de gran importancia, las primeras encuestas nos sirvieron para poder definir los subcriterios que posteriormente nos servirían para poder evaluar a los vehículos aplicando los métodos multicriterio, entre los criterios que se definieron el que mayor ponderación tuvo fue el Tecnológico y técnico con una ponderación del 22%, y entre los subcriterios el más votado fue la Autonomía que sobresalió con 16% sobre los demás, así terminaron los resultados en las encuestas realizadas.
- Por último se puede concluir que los métodos multicriterio ayudaron a definir la mejor alternativa de movilidad eléctrica en base a la revisión bibliográfica y a los criterios definidos por las encuestas realizada a usuarios y a expertos de movilidad eléctrica, en base a las alternativas y a los criterios bien definidos se pudo aplicar de la mejor manera los métodos multicriterio, el método AHP , ELECTRE y Programación por Compromiso, estos definieron que los vehículos que más ponderación tuvieron fueron el Kia Soul que tuvo una ponderación en los tres métodos aplicados en uno obtuvo 21.8% superior a las demás alternativas, y en cuanto a los vehículos pequeños sobresalió la moto SOCO con

una ponderación de 10.38% sobre las demás motos, estas son las alternativas que mejor cumplieron con los subcriterios definidos esto fue de gran ayuda para la selección de movilidad eléctrica en la ciudad de Quito.

8. Recomendaciones

- Se recomienda definir bien los criterios antes de aplicar los métodos multicriterio para poder aplicar la metodología de la mejor manera, y también a las alternativas que se van a seleccionar para tener una resolución de la metodología lo más satisfactoria, dentro de esta recomendación se recomienda también aplicar una metodología multicriterio lo más apropiada posible, lo mejor es realizar una evaluación con varios métodos como lo son ELECTRE, AHP o Programación por Compromiso los cuales fueron utilizados en esta tesis, y de esta manera obtener un resultado lo más certero posible.
- Se recomienda tener en cuenta a quién se va a realizar las encuestas ya que los usuarios tienen un criterio como cliente y no son profesionales para calificar los criterios, es por eso por lo que en esta investigación se realizaron las evaluaciones de subcriterios a los que se especializan en movilidad eléctrica, en esta tesis de esta manera se obtuvieron de una manera satisfactoria los criterios para ser evaluados y de igual manera los subcriterios.

9. Referencias Bibliográficas

Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador-AEDE (2021). Anuario 2021. Quito: AEDE.

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

BID. (22 de abril de 2016). *La Sostenibilidad en el Sector Automotriz*. (Artículo)

<http://blogs.iadb.org/cambioclimatico/2015/01/26/la-sostenibilidad-en-el-sector-automotriz/>

BlogEnergía. (22 de abril de 2016). *¿Qué es la energía sostenible?* (Página Web)

<http://www.unitedinventors.com/ES-p-inventores/inventor-No3.html>

Brans, J.P.; PH. Vincke, “*A Preference Ranking Organisation Method (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making)*”. Management Science, Vol. 31, No 6, June 1985.

Campos, J. C., & Ciro, E. (s.f.). *Eficiencia energética en motores eléctricos*.

Chancusig, F. (26 de abril de 2016). *Análisis técnico-económico para la inserción de vehículos eléctricos en el sistema eléctrico ecuatoriano*. (Artículo)

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8649/1/CD-5818.pdf>

chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4951/1/T-UIDE-0201.pdf

Cuartas, H. J. A. (2019, 12 febrero). *Aplicación del proceso de análisis jerárquico (AHP) para la selección de medios de transporte con energía renovable basados en los factores socioeconómicos, legales y ambientales en la ciudad de Bogotá*. Herrera Jorge Aurelio Cuartas.

<https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/5608>

Department for communities and local government (2009). *Multi-criteria analysis: a manual*. Communities and Local Government Publications [Online].

www.communities.gov.uk.

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

GONZÁLEZ-LÓPEZ VALCARCEL, B.; BARBER PÉREZ, P. (1996): “*Changes in the efficiency of spanish public hospitals after the introduction of program-contracts*”.

Investigaciones Económicas. Volumen XX, pp. 377-402.

<http://www.centrosur.com.ec/?q=node/3>

Ishizaka A., Nemery P., “*Multi-Criteria Decision Analysis. Methods and Software*”.

Wiley and Sons. First Edition. 2013.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X14002647>

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2013). *El Balance Energético Nacional*. Ecuador.

<https://www.geoenergia.gob.ec/balance-energetico-nacional-en-2020-la-demanda-energetica-del-pais->

[disminuyo/#:~:text=El%20Balance%20Energ%C3%A9tico%20Nacional%20constituye,social%20y%20ambiental%20del%20pa%C3%ADs.](https://www.geoenergia.gob.ec/balance-energetico-nacional-en-2020-la-demanda-energetica-del-pais-disminuyo/#:~:text=El%20Balance%20Energ%C3%A9tico%20Nacional%20constituye,social%20y%20ambiental%20del%20pa%C3%ADs.)

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). *Avanzamos en el cambio de la Matriz Energética*. Ecuador: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos.

<https://www.celec.gob.ec/termopichincha/index.php/86-noticias/530-en-el-ecuador-el-cambio-de-matriz-energetica-es-cuestion-de-supervivencia>

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). *Ecuador Productivo*.

<https://www.celec.gob.ec/enernorte/images/PDF/Supleok.pdf>

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2016). *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable*.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Oberchmidt J., Geldermann J., Ludwig J., “*Modified Promethee approach for assessing energy technologies*”. International Journal of Energy Sector Management, Vol. 4 No. 2, 2010, pp. 183-212.

Ramírez, C. A. Y. (2017, 6 septiembre). *Estudio comparativo de técnicas de toma de decisiones multicriterio para la jerarquización de tecnologías de energías renovables a utilizar en la producción de electricidad. | Scientia et Technica*. César Aristóteles Yajure Ramírez.

Sammyr Pulles Tinoco y Matias Aguirre Stoica (2021), *Percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito*, (Tesis)

Andres Freile Veloz y Sebastian Robayo Calle (2016), *Estudio de Factibilidad para la Implementación de Medios de Transporte Eléctricos en el Centro Histórico de Quito*

Sfez, L. 1984. *Critica de la decisión*. México: Fondo Cultura Económica.

Statista. (2022, 13 abril). *Ecuador: volumen de ventas de vehículos eléctricos 2016–2021*. <https://es.statista.com/estadisticas/1134805/volumen-ventas-vehiculos-electricos-ecuador>.

Triantaphyllou E., Mann S., “*Using the analytical hierarchy process for decision making in engineering applications: Some challenges*”, Inter¹ Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, Vol.2, No. 1, pp.35-44, 1995.

United Inventors. (25 de abril de 2016). Automovil eléctrico que genera su propia electricidad.

10. Anexos

10.1. Anexo 1: Encuesta definición de Subcriterios

1. ¿Cuál es el tipo de vehículo de su preferencia?
 - SUV
 - Automóvil
 - Moto

2. ¿Al momento de elegir un vehículo híbrido o eléctrico que criterio tendría en consideración?
 - Tecnológico y técnico
 - Medio Ambiental
 - Economía
 - Comodidad
 - Movilidad
 - Otro (Describa)

Tecnológico y técnico

3. ¿Qué factores considera usted importante en la parte técnica de un vehículo híbrido o eléctrico?
 - Autonomía
 - Mantenimiento
 - Vida útil
 - Rendimiento
 - Confiabilidad
 - Otros (Describa)

4. ¿Qué factores negativos considera al adquirir un vehículo eléctrico?

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

- Falta de talleres especializados
- Tiempos de carga de batería
- Pocas infraestructuras de carga
- Falta de repuestos de reparación
- Otros (describa)

Medio Ambiente

5. ¿Al adquirir un vehículo eléctrico o híbrido considera que se disminuiría la huella de carbono?

- No
- Si y porque

6. ¿Qué impactos positivos considera usted más pertinentes si se incrementa la cantidad de vehículos eléctricos e híbridos en la ciudad de Quito?

- Reducción de emisiones contaminantes
- Reducción de contaminación sonora
- Menor consumo de combustibles fósiles
- Menor riesgo de contaminación de recursos hídricos
- Otros (Describa)

7. ¿Qué factores consideran como un impacto ambiental negativo al adquirir un vehículo eléctrico o híbrido?

- Emisiones al construir el vehículo
- Minería
- Desechos de baterías
- Otros (Describa)

Economía

8. ¿Qué gastos tendría en cuenta al adquirir un vehículo eléctrico o híbrido?

- Costo de Adquisición
- Costo de Mantenimiento
- Costo de Reparación
- Costo de Electricidad
- Otros (Describa)

9. ¿Qué factores económicos considera usted más negativos al adquirir un vehículo eléctrico o híbrido?

- Altos costos de Baterías
- Altos costos de Repuestos
- Altos costos de Adquisición
- Devaluación del vehículo
- Otros (Describa)

10. ¿En la ciudad de Quito que factores considera importantes al adquirir un vehículo eléctrico?

- Libre circulación
- Libre de impuestos de adquisición
- Libre de impuesto al rodaje
- Otros (Describa)

10.2. Anexo 2: Calificación de Subcriterios

1. Califique en base a su experiencia los criterios principales que se definieron para esta investigación, califique del 1 al 5 dependiendo de los criterios más importantes hasta los menos importantes.

..... Tecnológico y técnico

..... Economía

..... Movilidad

..... Comodidad

..... Medio Ambiental

2. Califique en base a su experiencia los subcriterios que se definieron, califique del 1 al 8 dependiendo de los subcriterios más importantes hasta los menos importantes.

..... Autonomía

..... Vida Útil

..... Movilidad en Quito

..... Costos de Mantenimiento

..... Costos de Adquisición

..... Emisiones

..... Consumo

..... Baterías

10.3. Anexo 3: Tablas de Resultados de Método AHP

Tabla 11

Cálculos del Método AHP para los criterios principales.

CALCULOS CRITERIOS PRINCIPALES											
CRITERIOS	TT	E	M	C	MA	MATRIZ NORMALIZADA					PROM
TT	1	1,09	1,28	2,22	1,95	0,13	0,15	0,19	0,28	0,27	0,22
E	1,09	1	1,17	2,03	1,79	0,14	0,14	0,17	0,26	0,25	0,21
M	1,28	1,17	1	1,73	1,52	0,17	0,17	0,15	0,22	0,21	0,20
C	2,22	2,03	1,73	1	0,88	0,29	0,29	0,26	0,13	0,12	0,18
MA	1,95	1,79	1,52	0,88	1	0,26	0,25	0,23	0,11	0,14	0,19
SUMA	7,54	7,08	6,70	7,85	7,14						

Nota: En la tabla se muestra los resultados de los cálculos de la metodología AHP para los criterios principales. Tomado de: (Autor, 2022).

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Tabla 12

Cálculos del Método AHP para los Subcriterios.

Subcriterios	CALCULO SUBCRITERIOS									MATRIZ NORMALIZADA						PROMEDIO	
	A	U	M	CM	CA	E	C	B									
A	1	1,12	1,92	1,28	1,97	2,3	2,32	1,44	0,07	0,09	0,2	0,12	0,19	0,2	0,19	0,19	0,16
U	1,12	1	1,71	1,14	1,76	2,05	2,32	1,28	0,08	0,08	0,18	0,11	0,17	0,18	0,19	0,17	0,15
M	1,92	1,71	1	0,67	1,03	1,2	1,36	0,75	0,14	0,14	0,1	0,06	0,1	0,11	0,11	0,1	0,11
CM	1,28	1,14	0,67	1	1,54	1,8	2,04	1,13	0,1	0,09	0,07	0,09	0,15	0,16	0,17	0,15	0,12
CA	1,97	1,76	1,03	1,54	1	1,17	1,32	0,73	0,15	0,14	0,11	0,15	0,1	0,1	0,11	0,1	0,12
E	2,3	2,05	1,2	1,8	1,17	1	1,13	0,63	0,17	0,17	0,12	0,17	0,11	0,09	0,09	0,08	0,13
C	2,32	2,32	1,36	2,04	1,32	1,13	1	0,55	0,17	0,19	0,14	0,19	0,13	0,1	0,08	0,07	0,13
B	1,44	1,28	0,75	1,13	0,73	0,63	0,55	1	0,11	0,1	0,08	0,11	0,07	0,06	0,05	0,13	0,09
SUMA	13,4	12,4	9,64	10,6	10,5	11,3	12	7,5									

Nota: En la tabla se muestra los resultados de los cálculos de la metodología AHP para los subcriterios. Tomado de: (Autor, 2022).

Tabla 13

Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a la Autonomía.

SUBCRITERIO AUTONOMIA

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Vehículos	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK	MATRIZ NORMALIZADA								PROMEDIO
KS	1	1,6	2	1,14	2,67	1,33	4	8	0,05	0,11	0,16	0,07	0,19	0,09	0,21	0,22	0,27
DS	1,6	1	1,25	0,71	1,67	0,83	2,5	5	0,07	0,07	0,1	0,04	0,12	0,06	0,13	0,14	0,14
DD	2	1,25	1	0,57	1,33	0,67	2	4	0,09	0,09	0,08	0,03	0,1	0,05	0,1	0,11	0,08
AE	1,14	0,71	0,57	1	2,33	1,17	3,5	7	0,05	0,05	0,04	0,06	0,17	0,08	0,18	0,19	0,10
ZD	2,67	1,67	1,33	2,33	1	0,5	1,5	3	0,12	0,11	0,1	0,13	0,07	0,03	0,08	0,08	0,08
NL	1,33	0,83	0,67	1,17	0,5	1	3	6	0,06	0,06	0,05	0,07	0,04	0,07	0,15	0,17	0,14
SC	4	2,5	2	3,5	1,5	3	1	2	0,18	0,17	0,16	0,2	0,11	0,21	0,05	0,06	0,09
TK	8	5	4	7	3	6	2	1	0,37	0,34	0,31	0,4	0,21	0,41	0,1	0,03	0,08
SUMA	21,7	14,6	12,8	17,4	14	14,5	19,5	36									

Nota: En la tabla se muestra los resultados de los cálculos de la metodología AHP para los vehículos eléctricos en base a la autonomía. Tomado de: (Autor, 2022)

Tabla 14

Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a la Vida Útil.

SUBCRITERIO VIDA UTIL																	
vehículos	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK	MATRIZ NORMALIZADA								PROMEDIO
KS	1	1,2	1,5	0,75	2	0,86	3	6	0,06	0,09	0,12	0,04	0,15	0,06	0,15	0,17	0,29
DS	1,2	1	1,25	0,63	1,67	0,71	2,5	5	0,07	0,07	0,1	0,03	0,12	0,05	0,13	0,14	0,10
DD	1,5	1,25	1	0,5	1,33	0,57	2	4	0,09	0,09	0,08	0,03	0,1	0,04	0,1	0,11	0,08
AE	0,75	0,63	0,5	1	2,67	1,14	4	8	0,05	0,05	0,04	0,05	0,2	0,08	0,21	0,22	0,11
ZD	2	1,67	1,33	2,67	1	0,43	1,5	3	0,12	0,12	0,11	0,14	0,07	0,03	0,08	0,08	0,08
NL	0,86	0,71	0,57	1,14	0,43	1	3,5	7	0,05	0,05	0,05	0,06	0,03	0,07	0,18	0,19	0,15
SC	3	2,5	2	4	1,5	3,5	1	2	0,18	0,18	0,16	0,21	0,11	0,23	0,05	0,06	0,09

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

TK	6	5	4	8	3	7	2	1	0,37	0,36	0,33	0,43	0,22	0,46	0,1	0,03	0,09
SUMA	16,3	14	12,2	18,7	13,6	15,2	19,5	36									

Nota: En la tabla se muestra los resultados de los cálculos de la metodología AHP para los vehículos eléctricos en base a la vida útil. Tomado de: (Autor, 2022)

Tabla 15

Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a la Movilidad.

vehículos	SUBCRITERIO MOVILIDAD								MATRIZ NORMALIZADA								PROMEDIO
	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK									
KS	1	1	0,8	2	0,67	1,33	0,5	0,57	0,13	0,29	0,1	0,27	0,1	0,17	0,1	0,11	0,11
DS	1	1	0,2	0,5	0,17	0,33	0,13	0,14	0,13	0,29	0,02	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,16
DD	0,8	0,2	1	2,5	0,83	1,67	0,63	0,71	0,1	0,06	0,12	0,33	0,13	0,21	0,13	0,14	0,15
AE	2	0,5	2,5	1	0,33	0,67	0,25	0,29	0,25	0,14	0,3	0,13	0,05	0,09	0,05	0,06	0,13
ZD	0,67	0,17	0,83	0,33	1	2	0,75	0,86	0,09	0,05	0,1	0,04	0,15	0,26	0,16	0,17	0,15
NL	1,33	0,33	1,67	0,67	2	1	0,38	0,43	0,17	0,1	0,2	0,09	0,3	0,13	0,08	0,08	0,10
SC	0,5	0,13	0,63	0,25	0,75	0,38	1	1,14	0,06	0,04	0,08	0,03	0,11	0,05	0,21	0,22	0,13
TK	0,57	0,14	0,71	0,29	0,86	0,43	1,14	1	0,07	0,04	0,09	0,04	0,13	0,06	0,24	0,19	0,14
SUMA	7,87	3,47	8,34	7,54	6,61	7,81	4,77	5,14									

Nota: En la tabla se muestra los resultados de los cálculos de la metodología AHP para los vehículos eléctricos en base a la movilidad. Tomado de: (Autor, 2022)

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Tabla 16

Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a los Costos de Mantenimiento.

vehículos	SUBCRITERIO COSTOS DE MANTENIMIENTO									MATRIZ NORMALIZADA							PROMEDIO
	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK									
KS	1	0,5	0,4	2	0,33	0,67	0,29	0,25	0,18	0,05	0,04	0,16	0,05	0,09	0,06	0,06	0,09
DS	0,5	1	0,8	4	0,67	1,33	0,57	0,5	0,09	0,11	0,07	0,31	0,1	0,17	0,12	0,11	0,08
DD	0,4	0,8	1	5	0,83	1,67	0,71	0,63	0,07	0,09	0,09	0,39	0,13	0,21	0,15	0,14	0,16
AE	2	4	5	1	0,17	0,33	0,14	0,13	0,37	0,43	0,45	0,08	0,03	0,04	0,03	0,03	0,18
ZD	0,33	0,67	0,83	0,17	1	2	0,86	0,75	0,06	0,07	0,08	0,01	0,15	0,26	0,18	0,17	0,16
NL	0,67	1,33	1,67	0,33	2	1	0,43	0,38	0,12	0,14	0,15	0,03	0,3	0,13	0,09	0,08	0,10
SC	0,29	0,57	0,71	0,14	0,86	0,43	1	0,88	0,05	0,06	0,06	0,01	0,13	0,06	0,2	0,19	0,13
TK	0,25	0,5	0,63	0,13	0,75	0,38	0,88	1	0,05	0,05	0,06	0,01	0,11	0,05	0,18	0,22	0,14
SUMA	5,44	9,37	11	12,8	6,61	7,81	4,88	4,5									

Nota: En la tabla se muestra los resultados de los cálculos de la metodología AHP para los vehículos eléctricos en base a los costos de mantenimiento. Tomado de: (Autor, 2022)

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Tabla 17

Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a los Costos de Adquisición.

vehículos	SUBCRITERIO COSTOS DE ADQUISICION									MATRIZ NORMALIZADA							PROMEDIO
	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK									
KS	1	0,5	0,4	2	0,33	0,67	0,29	0,25	0,18	0,05	0,04	0,16	0,05	0,09	0,06	0,06	0,09
DS	0,5	1	0,8	4	0,67	1,33	0,57	0,5	0,09	0,11	0,07	0,31	0,1	0,17	0,12	0,11	0,08
DD	0,4	0,8	1	5	0,83	1,67	0,71	0,63	0,07	0,09	0,09	0,39	0,13	0,21	0,15	0,14	0,10
AE	2	4	5	1	0,17	0,33	0,14	0,13	0,37	0,43	0,45	0,08	0,03	0,04	0,03	0,03	0,18
ZD	0,33	0,67	0,83	0,17	1	2	0,86	0,75	0,06	0,07	0,08	0,01	0,15	0,26	0,18	0,17	0,16
NL	0,67	1,33	1,67	0,33	2	1	0,43	0,38	0,12	0,14	0,15	0,03	0,3	0,13	0,09	0,08	0,10
SC	0,29	0,57	0,71	0,14	0,86	0,43	1	0,88	0,05	0,06	0,06	0,01	0,13	0,06	0,2	0,19	0,12
TK	0,25	0,5	0,63	0,13	0,75	0,38	0,88	1	0,05	0,05	0,06	0,01	0,11	0,05	0,18	0,22	0,13
SUMA	5,44	9,37	11	12,8	6,61	7,81	4,88	4,5									

Nota: En la tabla se muestra los resultados de los cálculos de la metodología AHP para los vehículos eléctricos en base a los costos de adquisición. Tomado de: (Autor, 2022)

Tabla 18

Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a las Emisiones.

vehículos	SUBCRITERIO EMISIONES									MATRIZ NORMALIZADA							PROMEDIO
	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK									
KS	1	1,2	1,5	0,75	2	0,86	3	6	0,06	0,09	0,12	0,04	0,15	0,06	0,15	0,17	0,29
DS	1,2	1	1,25	0,63	1,67	0,71	2,5	5	0,07	0,07	0,1	0,03	0,12	0,05	0,13	0,14	0,10
DD	1,5	1,25	1	0,5	1,33	0,57	2	4	0,09	0,09	0,08	0,03	0,1	0,04	0,1	0,11	0,08

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

AE	0,75	0,63	0,5	1	2,67	1,14	4	8	0,05	0,05	0,04	0,05	0,2	0,08	0,21	0,22	0,11
ZD	2	1,67	1,33	2,67	1	0,43	1,5	3	0,12	0,12	0,11	0,14	0,07	0,03	0,08	0,08	0,08
NL	0,86	0,71	0,57	1,14	0,43	1	3,5	7	0,05	0,05	0,05	0,06	0,03	0,07	0,18	0,19	0,15
SC	3	2,5	2	4	1,5	3,5	1	2	0,18	0,18	0,16	0,21	0,11	0,23	0,05	0,06	0,09
TK	6	5	4	8	3	7	2	1	0,37	0,36	0,33	0,43	0,22	0,46	0,1	0,03	0,09
SUMA	16,3	14	12,2	18,7	13,6	15,2	19,5	36									

Nota: En la tabla se muestra los resultados de los cálculos de la metodología AHP para los vehículos eléctricos en base a las emisiones. Tomado de: (Autor, 2022)

Tabla 19

Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base al Consumo.

vehículos	SUBCRITERIO CONSUMO									MATRIZ NORMALIZADA							PROMEDIO
	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK									
KS	1	0,71	1,25	0,63	1,67	0,83	2,5	5	0,07	0,04	0,1	0,03	0,12	0,06	0,13	0,14	0,28
DS	0,71	1	1,75	0,88	2,33	1,17	3,5	7	0,05	0,05	0,14	0,05	0,17	0,08	0,18	0,19	0,09
DD	1,25	1,75	1	0,5	1,33	0,67	2	4	0,09	0,1	0,08	0,03	0,1	0,05	0,1	0,11	0,08
AE	0,63	0,88	0,5	1	2,67	1,33	4	8	0,05	0,05	0,04	0,05	0,19	0,09	0,21	0,22	0,11
ZD	1,67	2,33	1,33	2,67	1	0,5	1,5	3	0,12	0,13	0,11	0,14	0,07	0,03	0,08	0,08	0,08
NL	0,83	1,17	0,67	1,33	0,5	1	3	6	0,06	0,06	0,05	0,07	0,04	0,07	0,15	0,17	0,15
SC	2,5	3,5	2	4	1,5	3	1	2	0,18	0,19	0,16	0,21	0,11	0,21	0,05	0,06	0,10
TK	5	7	4	8	3	6	2	1	0,37	0,38	0,32	0,42	0,21	0,41	0,1	0,03	0,08
SUMA	13,6	18,3	12,5	19	14	14,5	19,5	36									

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Nota: En la tabla se muestra los resultados de los cálculos de la metodología AHP para los vehículos eléctricos en base al consumo. Tomado de: (Autor, 2022)

Tabla 20

Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a la Batería.

vehículos	SUBCRITERIO BATERIAS									MATRIZ NORMALIZADA							PROMEDIO
	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK									
KS	1	1,6	2	1,14	2,67	1,33	4	8	0,05	0,1	0,16	0,07	0,19	0,09	0,21	0,22	0,27
DS	1,6	1	1,25	0,71	1,67	0,83	2,5	5	0,08	0,07	0,1	0,04	0,12	0,06	0,13	0,14	0,14
DD	2	1,25	1	0,57	1,33	0,67	2	4	0,06	0,13	0,08	0,03	0,1	0,05	0,1	0,11	0,08
AE	1,14	0,71	0,57	1	2,33	1,17	3,5	7	0,05	0,05	0,04	0,06	0,17	0,08	0,18	0,19	0,10
ZD	2,67	1,67	1,33	2,33	1	0,5	1,5	3	0,13	0,11	0,1	0,13	0,07	0,03	0,08	0,08	0,08
NL	1,33	0,83	0,67	1,17	0,5	1	3	6	0,06	0,05	0,05	0,07	0,04	0,07	0,15	0,17	0,14
SC	4	2,5	2	3,5	1,5	3	1	2	0,19	0,16	0,16	0,2	0,11	0,21	0,05	0,06	0,09
TK	8	5	4	7	3	6	2	1	0,38	0,33	0,31	0,4	0,21	0,41	0,1	0,03	0,08
SUMA	21	15,3	12,8	17,4	14	14,5	19,5	36									

Nota: En la tabla se muestra los resultados de los cálculos de la metodología AHP para los vehículos eléctricos en base las baterías. Tomado de: (Autor, 2022)

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Tabla 21

Cálculos del Método AHP para vehículos eléctrico en base a los Subcriterios y Resultados Finales.

Vehículos	CALCULO FINAL								TOTAL
	A	U	M	CM	CA	E	C	B	
KS	0,27	0,29	0,11	0,09	0,09	0,29	0,28	0,27	0,2180
DS	0,14	0,10	0,16	0,08	0,08	0,10	0,09	0,14	0,1115
DD	0,08	0,08	0,15	0,16	0,10	0,08	0,08	0,08	0,1044
AE	0,10	0,11	0,13	0,18	0,18	0,11	0,11	0,10	0,1276
ZD	0,08	0,08	0,15	0,16	0,16	0,08	0,08	0,08	0,1077
NL	0,14	0,15	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,14	0,1315
SC	0,09	0,09	0,13	0,13	0,12	0,09	0,10	0,09	0,1038
TK	0,08	0,09	0,14	0,14	0,13	0,09	0,08	0,08	0,1022
SUBC	0,16	0,15	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,09	

Nota: En la tabla se muestra los resultados de los cálculos finales de la metodología AHP para los vehículos eléctricos en base a los subcriterios. Tomado de: (Autor, 2022)

10.4. Anexo 4: Tabla de resultados método ELECTRE

Tabla 22

Maximización y minimización de Criterios Principales.

Función	Criterios Principales	Valor
Maximizar	Tecnológico y técnico	0,22
Maximizar	Medio Ambiental	0,21

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Minimizar	Economía	0,2
Minimizar	Comodidad	0,18
Minimizar	Movilidad	0,19
	Total	1

Nota: En la tabla se muestra la maximización y minimización de los criterios principales. Tomado de: (Autor, 2022)

Tabla 23

Maximización y minimización de Subcriterios.

Función	Criterios Principales	Valor
Maximizar	Autonomía (A)	0,16
Maximizar	Vida Útil (U)	0,15
Minimizar	Movilidad (M)	0,11
Minimizar	Costos de Mantenimiento (CM)	0,12
Maximizar	Costos de Adquisición (CA)	0,12
Minimizar	Emisiones (E)	0,13
Minimizar	Consumo (C)	0,13
Maximizar	Baterías (B)	0,09
	Total	1

Nota: En la tabla se muestra la maximización y minimización de los subcriterios. Tomado de: (Autor, 2022)

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Tabla 24

Descripción de alternativas por cada subcriterio.

Vehículos	Autonomía	Vida Útil	Movilidad	Costos Mantenimiento	de Costos Adquisición	de Emisiones	Consumo	Baterías
Kia (Soul)	212 km	6	4	\$3.000	\$30.000	6	CT5h	8
Dongfeng Rich) (Serie)	300 km	5	1	\$4.200	\$42.000	5	CT8h	5
Dayang (DY-GD04B)	100 km	4	5	\$1.200	\$12.000	4	CT5h	4
Audi (E-Tron)	417 km	8	2	\$7.000	\$70.000	8	CT4h	7
Zhidou (D1)	100 km	3	6	\$1.000	\$10.000	3	CT7h	3
Nissan (Leaf)	280 km	7	3	\$4.000	\$40.000	7	CT8h	6
SOCO (Moto)	110 km	2	8	\$500	\$5.000	2	CT6h	2
TEKNO (Moto)	55 km	1	7	\$120	\$1.200	1	CT6h	1
Peso Criterio	0,16	0,15	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,09
Rango	245 km	7	7	\$6.880	\$68.000	7	CT4h	7

Nota: En la tabla se muestra las diferentes alternativas definido en base a los subcriterios definidos previamente. Tomado de: (Autor, 2022)

Tabla 25

Cálculos del Método ELECTRE para vehículos eléctrico en base a los Subcriterios, Maximización y Minimización

Vehículos	Autonomía	Vida Útil	Movilidad	Costos Mantenimiento	de Costos Adquisición	de Emisiones	Consumo	Baterías
-----------	-----------	-----------	-----------	----------------------	-----------------------	--------------	---------	----------

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Kia (Soul)	0,64	0,71	0,57	0,58	0,50	0,29	0,75	1,00
Dongfeng (Serie Rich)	1,00	0,57	1,00	0,41	0,70	0,43	0	0,57
Dayang (DY-GD04B)	0,18	0,43	0,43	0,84	0,19	0,57	0,75	0,43
Audi (E-Tron)	1,48	1,00	0,86	0,00	1,19	0,00	1	0,86
Zhidou (D1)	0,18	0,29	0,29	0,87	0,15	0,71	0,25	0,29
Nissan (Leaf)	0,92	0,86	0,71	0,44	0,67	0,14	0	0,71
SOCO (Moto)	0,22	0,14	0,00	0,94	0,07	0,86	0,5	0,14
TEKNO (Moto)	0,00	0,00	0,14	1,00	0,00	1,00	0,5	0,00

Nota: En la tabla se muestran los cálculos del método ELECTRE en base a los subcriterios. Tomado de: (Autor, 2022)

Tabla 26

Matriz de decisión normalizada ponderada.

Vehículos	Autonomía	Vida Útil	Movilidad	Costos Mantenimiento	de Costos Adquisición	de Emisiones	Consumo	Baterías
Kia (Soul)	0,10	0,11	0,06	0,07	0,06	0,04	0,10	0,09
Dongfeng (Serie Rich)	0,16	0,09	0,11	0,05	0,08	0,06	0,00	0,05
Dayang (DY-GD04B)	0,03	0,06	0,05	0,10	0,02	0,07	0,10	0,04
Audi (E-Tron)	0,24	0,15	0,09	0,00	0,14	0,00	0,13	0,08

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Zhidou (D1)	0,03	0,04	0,03	0,10	0,02	0,09	0,03	0,03
Nissan (Leaf)	0,15	0,13	0,08	0,05	0,08	0,02	0,00	0,06
SOCO (Moto)	0,04	0,02	0,00	0,11	0,01	0,11	0,07	0,01
TEKNO (Moto)	0,00	0,00	0,02	0,12	0,00	0,13	0,07	0,00
Peso Criterio	0,16	0,15	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,09

Nota: En la tabla se muestra la matriz normalizada ponderada del método ELECTRE. Tomado de: (Autor, 2022)

Tabla 27

Matriz de Concordancia de Vehículos Eléctricos.

MATRIZ DE CONCORDANCIA								
Vehículos	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK
KS	1	0,51	0,31	0,66	0,24	0,53	0,24	0,24
DS	0,49	1	0,37	0,64	0,37	0,42	0,24	0,24
DD	0,70	0,63	1	0,75	0,32	0,62	0,24	0,24
AE	0,34	0,36	0,25	1	0,24	0,24	0,24	0,24
ZD	0,76	0,63	0,68	0,76	1	0,62	0,24	0,24
NL	0,47	0,59	0,38	0,76	0,38	1	0,24	0,24
SC	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	1	0,42
TK	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,59	1

Nota: En la tabla se muestran los resultados de la matriz de concordancia del método ELECTRE. Tomado de: (Autor, 2022)

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Tabla 28

Matriz de Dominancia Concordante de Vehículos Eléctricos.

MATRIZ DE DOMINANCIA CONCORDANTE								
Vehículos	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK
KS		1	0	1	0	1	0	0
DS	0		0	1	0	0	0	0
DD	1	1		1	0	1	0	0
AE	0	0	0		0	0	0	0
ZD	1	1	1	1		1	0	0
NL	0	1	0	1	0		0	0
SC	1	1	1	1	1	1		0
TK	1	1	1	1	1	1	1	
Suma	4	6	3	7	2	5	1	0

Nota: En la tabla se muestran los resultados de la matriz de dominancia concordante del método ELECTRE. Tomado de: (Autor, 2022)

Tabla 29

Matriz de Discordancia de Vehículos Eléctricos.

MATRIZ DE DISCORDANCIA								
------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Vehículos	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK
KS	1	0,60	0,57	1,00	0,86	0,40	0,78	0,82
DS	1,00	1	0,77	1,00	0,86	0,40	0,58	0,44
DD	1,00	1,00	1	1,00	0,29	1,00	0,80	1,00
AE	0,54	0,46	0,48	1	0,48	0,38	0,55	0,54
ZD	1,00	1,00	1,00	1,00	1	1,00	1,00	1,00
NL	1,00	1,00	0,83	1,00	0,58	1	0,82	0,73
SC	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	0,50
TK	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1

Nota: En la tabla se muestran los resultados de la matriz de discordancia del método ELECTRE. Tomado de: (Autor, 2022)

Tabla 30

Matriz de Dominancia Discordante de Vehículos Eléctricos.

MATRIZ DE DOMINANCIA DISCORDANTE								
Vehículos	KS	DS	DD	AE	ZD	NL	SC	TK
KS		1	1	0	0	1	1	1
DS	0		1	0	0	1	1	1
DD	0	0		0	1	0	1	0
AE	1	1	1		1	1	1	1
ZD	0	0	0	0		0	0	0
NL	0	0	0	0	1		1	0
SC	0	0	0	0	0	0		1
TK	0	0	0	0	0	0	0	

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Suma	1	1	2	0	3	2	4	3
------	---	---	---	---	---	---	---	---

Nota: En la tabla se muestran los resultados de la matriz de dominancia discordante del método ELECTRE. Tomado de: (Autor, 2022)

10.5. Anexo 5: Tabla de resultados método Programación por Compromiso

Tabla 31

Descripción de alternativas, maximización y minimización, por cada subcriterio.

Vehículos	SUBCRITERIOS								
	Autonomía	Vida Útil	Movilidad	Costos de Mantenimiento	Costos de Adquisición	de Emisiones	Consumo	Baterías	
Startup Ideal	417	8	-1	\$-120	\$1.200	1	CT4h	8	
Kia (Soul)	212	6	-4	\$-3.000	\$30.000	6	CT5h	8	
Dongfeng (Serie Rich)	300	5	-1	\$-4.200	\$42.000	5	CT8h	5	
Dayang (DY-GD04B)	100	4	-5	\$-1.200	\$12.000	4	CT5h	4	
Audi (E-Tron)	417	8	-2	\$-7.000	\$70.000	8	CT4h	7	
Zhidou (D1)	100	3	-6	\$-1.000	\$10.000	3	CT7h	3	
Nissan (Leaf)	280	7	-3	\$-4.000	\$40.000	7	CT8h	6	
SOCO (Moto)	110	2	-8	\$-500	\$5.000	2	CT6h	2	
TEKNO (Moto)	55	1	-7	\$-120	\$1.200	1	CT6h	1	

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Nota: En la tabla se muestra las diferentes alternativas definido en base a los subcriterios definidos previamente, maximizado y minimizado. Tomado de: (Autor, 2022)

Tabla 32

Descripción de alternativas, maximización y minimización, por cada subcriterio sintetizado.

Vehículos	SUBCRITERIOS								
	Autonomía	Vida Útil	Movilidad	Costos Mantenimiento	de Costos Adquisición	de Emisiones	Consumo	Baterías	
Startup Ideal	8	8	-1	\$-1	\$-1	1	8	8	
Kia (Soul)	6	6	-4	\$-5	\$-5	6	7	8	
Dongfeng (Serie Rich)	7	5	-1	\$-7	\$-7	5	4	5	
Dayang (DY-GD04B)	4	4	-5	\$-4	\$-4	4	7	4	
Audi (E-Tron)	8	8	-2	\$-8	\$-8	8	8	7	
Zhidou (D1)	3	3	-6	\$-3	\$-3	3	5	3	
Nissan (Leaf)	5	7	-3	\$-6	\$-6	7	4	6	
SOCO (Moto)	2	2	-8	\$-2	\$-2	2	6	2	
TEKNO (Moto)	1	1	-7	\$-1	\$-1	1	6	1	
Maximo	8	8	-1	-1	-1	8	8	8	
Minimo	1	1	-8	-8	-8	1	4	1	

Nota: En la tabla se muestra las diferentes alternativas definido en base a los subcriterios definidos previamente, maximizado y minimizado sintetizada. Tomado de: (Autor, 2022)

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Tabla 33

Matriz Normalizada por método de Programación por Compromiso.

Vehículos	MATRIZ NORMALIZADA								
	Autonomía	Vida Útil	Movilidad	Costos de Mantenimiento	Costos de Adquisición	de Emisiones	Consumo	Baterías	
Kia (Soul)	0,29	0,29	0,43	0,57	0,57	0,29	0,25	0,00	
Dongfeng (Serie Rich)	0,14	0,43	0,00	0,86	0,86	0,43	1,00	0,43	
Dayang (DY-GD04B)	0,57	0,57	0,57	0,43	0,43	0,57	0,25	0,57	
Audi (E-Tron)	0,00	0,00	0,14	1,00	1,00	0,00	0,00	0,14	
Zhidou (D1)	0,71	0,71	0,71	0,29	0,29	0,71	0,75	0,71	
Nissan (Leaf)	0,43	0,14	0,29	0,71	0,71	0,14	1,00	0,29	
SOCO (Moto)	0,86	0,86	1,00	0,14	0,14	0,86	0,50	0,86	
TEKNO (Moto)	1,00	1,00	0,86	0,00	0,00	1,00	0,50	1,00	
Peso Criterios	0,16	0,15	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,09	

Nota: En la tabla se muestra la matriz normalizada del método Programación por Compromiso. Tomado de: (Autor, 2022)

Tabla 34

Matriz Normalizada por los pesos de los Subcriterios.

MATRIZ NORMALIZADA POR LOS PESOS DE LOS SUBCRITERIOS								
SUBCRITERIOS								

SELECCIÓN DE MOVILIDAD ELECTRICA

Vehículos	Autonomía	Vida Útil	Movilidad	Costos Mantenimiento	de Costos Adquisición	de Emisiones	Consumo	Baterías
Kia (Soul)	0,05	0,04	0,05	0,07	0,07	0,04	0,03	0,00
Dongfeng (Serie Rich)	0,02	0,06	0,00	0,10	0,10	0,06	0,13	0,04
Dayang (DY-GD04B)	0,09	0,09	0,06	0,05	0,05	0,07	0,03	0,05
Audi (E-Tron)	0,00	0,00	0,02	0,12	0,12	0,00	0,00	0,01
Zhidou (D1)	0,11	0,11	0,08	0,03	0,03	0,09	0,10	0,06
Nissan (Leaf)	0,07	0,02	0,03	0,09	0,09	0,02	0,13	0,03
SOCO (Moto)	0,14	0,13	0,11	0,02	0,02	0,11	0,07	0,08
TEKNO (Moto)	0,16	0,15	0,09	0,00	0,00	0,13	0,07	0,09

Nota: En la tabla se muestra la matriz normalizada por el peso de cada subcriterio que se aplica en el método Programación por Compromiso. Tomado de: (Autor, 2022)