



# **ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA**

**ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL**

**TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: INVESTIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE**

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VEHÍCULOS DE PASAJEROS**

**CATEGORÍA M EN ECUADOR MEDIANTE EL ANÁLISIS**

**COMPARATIVO DE LA PROGRAMACIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS**

**RUTINAS DE MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO BYD**

**(E5) CON SU SIMILAR DE COMBUSTIÓN INTERNA**

**AUTOR: GUAMÁN LAICA, ROBERTO ALEXANDER**

**DIRECTOR: ING. ZAMBRANO LEÓN, VÍCTOR DANILO MSc.**

**LATACUNGA**

**2019**



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación “**INVESTIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VEHÍCULOS DE PASAJEROS CATEGORÍA M EN ECUADOR MEDIANTE EL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PROGRAMACIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS RUTINAS DE MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO BYD (E5) CON SU SIMILAR DE COMBUSTIÓN INTERNA.**” fue realizado por el señor: **Guamán Laica, Roberto Alexander** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por las herramientas de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 28 de noviembre del 2019.**



Ing. Zambrano León, Víctor Danilo

CI: 0201740701



## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

#### **AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Guamán Laica, Roberto Alexander** declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“INVESTIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VEHÍCULOS DE PASAJEROS CATEGORÍA M EN ECUADOR MEDIANTE EL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PROGRAMACIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS RUTINAS DE MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO BYD (E5) CON SU SIMILAR DE COMBUSTIÓN INTERNA.”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

**Latacunga, 28 de noviembre del 2019**

**Guamán Laica, Roberto Alexander**

CI: 0503831471



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Guamán Laica, Roberto Alexander** declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“INVESTIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VEHÍCULOS DE PASAJEROS CATEGORÍA M EN ECUADOR MEDIANTE EL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PROGRAMACIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS RUTINAS DE MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO BYD (E5) CON SU SIMILAR DE COMBUSTIÓN INTERNA.”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Latacunga, 28 de noviembre del 2019**



Guamán Laica, Roberto Alexander

CI: 0503831471

## DEDICATORIA

Esto va dedicado a mi madre, Nancy Laica, por todo el sacrificio que ha hecho día a día para que pueda alcanzar mi tan anhelada meta, por enseñarme que nunca hay que darse por vencido, porque siempre hay una luz de esperanza para poder cumplir todas las metas propuestas. Te lo dedico con todo el cariño del mundo.

A mi padre, Segundo Guamán, por llevarme en las madrugadas a la universidad, a mis hermanos Jefferson y Kevin Guamán por todo su apoyo, a mi hermanita que está en el cielo y la recuerdo siempre, Emily Guamán, a mi cuñada, Karina y a mis sobrinos Viviana y Mateo.

También quiero dedicar esto, a mis abuelitas: Carmen Gualpa y Rosa Jaya, por todos sus consejos y por siempre recibirme con los brazos abiertos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la Santísima Virgen de Baños, por llenarme de fuerza y sabiduría para culminar mi carrera, por darme a la mejor mamá del mundo y sobre todo por bendecirme con una hermosa familia.

Madre, jamás me alcanzarán las palabras para agradecerte todo lo que has hecho por mí, gracias por confiar en que lo podía lograr.

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a todos mis tíos, tías, primos y primas por sus palabras de apoyo durante toda esta etapa que fue dura, pero no imposible, en especial a mis tíos: Isafás Pulluquitín, Berta Laica, Kleber Laica y Samira Campos, por todos sus buenos consejos, por enseñarme a luchar día a día y conseguir mis sueños, pero sobre todo por enseñarme a construir una buena familia.

A una gran persona, Karen, por apoyarme siempre, por sacarme una sonrisa aún en mis días más grises, por ser parte de esta dura pero bonita etapa que por fin logre culminar.

A todos mis profesores a lo largo de mi carrera, por transmitir sus conocimientos y formarme como un gran profesional.

Agradezco infinitamente a mis amigos Daniel, Manuel Cristian, Gabriel y Jeff por su sincera amistad y por estar desde el comienzo en esta lucha por llegar a ser un gran Ingeniero Automotriz.

Y por último quiero agradecer a las instituciones donde realicé mis pasantías, experiencias que ayudaron a fortalecer mis conocimientos, un millón de gracias a Tecnillantas Steeven y a su gerente general, Edgar Tonato y a su esposa Estela Toapanta por recibirme con los brazos abiertos y enseñarme lo que considero mi profesión y mi futuro negocio y como no a Multiservicios Kleber, por confiar en mi como su asesor de servicio.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

### CARÁTULA

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xix
RESUMEN .....	xx
ABSTRACT .....	xxi

### CAPÍTULO I

#### MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.	Antecedentes investigativos .....	1
1.2.	Planteamiento del problema .....	3
1.3.	Descripción resumida del proyecto .....	5
1.4.	Justificación e importancia .....	6
1.5.	Objetivos del proyecto .....	8
1.5.1.	Objetivo general .....	8
1.5.2.	Objetivos específicos .....	8
1.6.	Metas .....	9

1.7.	Hipótesis .....	9
1.8.	Variables de investigación .....	10
1.8.1.	Variable independiente .....	10
1.8.2.	Variable dependiente .....	10
1.9.	Metodología de la investigación .....	11

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Eficiencia energética por tipo de vehículo .....	14
2.2.	La economía del vehículo eléctrico desde un punto de vista prospectivo .....	15
2.3.	Clasificación vehicular.....	16
2.4.	Vehículo eléctrico .....	17
2.5.	Ventas anuales de vehículos eléctricos .....	17
2.6.	BYD .....	18
2.6.1.	Vehículo eléctrico BYD e5 .....	19
a)	Ventajas.....	19
2.7.	Formatos de mantenimiento.....	20
2.7.1.	Ficha técnica del vehículo.....	20
2.7.2.	Orden de trabajo.....	21
2.7.3.	Check list – Comprobación sistemática de actividades .....	22
2.8.	Mantenimiento .....	23
2.8.1.	Mantenimiento preventivo .....	23
2.8.2.	Mantenimiento preventivo por tiempo.....	23
2.8.3.	Kit de reemplazo .....	23
2.8.4.	Repuesto.....	24

2.8.5.	Costo de mantenimiento .....	24
2.8.6.	Mano de obra disponible.....	24
2.9.	Costo de combustible vs costo de energía eléctrica.....	25
2.10.	Herramientas de registro y análisis .....	25
2.10.1.	Gráfica del proceso operativo .....	25
2.10.2.	Diagrama de flujo del proceso .....	26
2.10.3.	Diagrama de flujo o recorrido.....	29
2.11.	Procedimiento sistemático para la medición de trabajo.....	30
2.12.	Estudio de tiempos .....	30
2.12.1.	Requerimientos de estudios de tiempos .....	30
2.12.2.	Equipo para el estudio de tiempos .....	30
2.12.3.	Métodos generales para medir el tiempo estándar .....	31
a)	Estimación.....	31
b)	Registros históricos .....	31
c)	Tabla de datos normalizada .....	32
d)	Sistema de tiempos predeterminado .....	32
e)	Muestreo .....	33
f)	Cronometraje.....	33
2.12.4.	Posición del observador .....	33
2.12.5.	Inicio del estudio.....	34
a)	Método de regreso a cero .....	34
b)	Método de tiempo continuo .....	34
2.12.6.	Ciclos de estudio .....	35
2.12.7.	Calificación del desempeño .....	35

a)	Calificación de la velocidad.....	36
2.12.8.	Suplementos u holguras .....	36
2.12.9.	Tiempo observado.....	38
2.12.10.	Tiempo normal .....	38
2.12.11.	Tiempo estándar .....	39

### **CAPÍTULO III**

#### **DISEÑO DE LA PROPUESTA DE PROGRAMACIÓN PARA EL SERVICIO POST VENTA PARA EL VEHÍCULO ELÉCTRICO e5 DE LA MARCA BYD**

3.1.	BYD e-Motors .....	41
3.2.	Modelo comercializado.....	41
3.3.	Clientes .....	42
3.4.	Adquisición de los vehículos eléctricos.....	43
3.5.	Beneficios de la compra de los vehículos eléctricos.....	44
3.5.1.	Beneficio ambiental .....	44
3.5.2.	Beneficio gubernamental .....	44
3.5.3.	Beneficio municipal .....	45
3.5.4.	Electrolineras .....	45
3.6.	Financiamiento.....	46
3.7.	Servicio post venta.....	47
3.7.1.	Talleres de servicio .....	47
3.7.2.	Repuestos e insumos .....	48
3.7.3.	Personal técnico .....	48
3.8.	Planificación del servicio post venta.....	49
3.8.1.	Cálculo de áreas operativas y de apoyo para un taller propio.....	49

3.8.2.	Formatos .....	52
a)	Ficha técnica .....	53
b)	Orden de trabajo.....	56
c)	Check list .....	58
d)	Control de calidad .....	59
e)	Facturación.....	62
f)	SCI (Customer Satisfaction Score) .....	63
3.8.3.	Mantenimiento .....	64
a)	Programa de mantenimiento preventivo vehículo eléctrico e5.....	64
b)	Programa de mantenimiento vehículo con MCI .....	68
3.8.4.	Kits de reemplazo .....	71
a)	Kit de reemplazo vehículo eléctrico BYD e5 .....	71
b)	Kit de reemplazo vehículo con MCI.....	72
3.8.5.	Costos de mantenimiento .....	73
a)	Repuestos vehículo eléctrico BYD e5 .....	74
b)	Repuestos vehículo con MCI.....	74
c)	Insumos vehículo eléctrico e5.....	76
d)	Insumos vehículo con MCI.....	77
3.8.6.	Tiempo de ejecución de trabajo .....	79
a)	Tiempo de ejecución de trabajo vehículo eléctrico e5 por kilometraje .....	79
b)	Tiempo de ejecución de trabajo vehículo con MCI por kilometraje .....	80
3.8.7.	Costo de tiempo de ejecución del mantenimiento .....	82
a)	Costo de tiempo de ejecución vehículo eléctrico e5.....	82
b)	Costo de tiempo de ejecución vehículo con MCI .....	82

3.8.8.	Autonomía.....	83
a)	Consumo de energía vehículo eléctrico e5 .....	83
b)	Consumo de combustible vehículo con MCI.....	84

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE TIEMPOS Y PROCESOS DE EJECUCIÓN DE LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE VEHÍCULOS CATEGORÍA M EN ESTUDIO**

4.1.	Diagrama de flujo .....	85
4.1.1.	Diagrama de flujo del vehículo eléctrico BYD e5.....	86
4.1.2.	Diagrama de flujo del vehículo con MCI .....	87
4.2.	Diagrama de procesos .....	89
4.2.1.	Diagrama de procesos vehículo eléctrico BYD e5 .....	89
4.2.2.	Diagrama de procesos vehículo con MCI.....	93
4.3.	Procedimiento sistemático para la medición de trabajo.....	94
4.3.1.	Selección de trabajo .....	95
4.3.2.	Toma de datos .....	96
4.3.3.	Registro de información.....	96
4.3.4.	Validación de datos.....	96
4.3.5.	Estandarización de tiempos.....	97
4.4.	Estudio de tiempos.....	97
4.4.1.	Requerimientos para el estudio de tiempos .....	97
4.4.2.	Equipo utilizado en el estudio de tiempos .....	97
4.4.3.	Métodos generales utilizados para medir el tiempo estándar .....	98
a)	Registros históricos.....	98

b)	Tabla de datos normalizada .....	98
c)	Cronometraje.....	98
4.4.4.	Posición del observador .....	99
4.4.5.	Inicio de estudio .....	99
a)	Método de regreso a cero .....	99
4.4.6.	Ciclos de estudio .....	99
4.4.7.	Calificación de desempeño .....	101
a)	Calificación de la velocidad.....	101
4.4.8.	Suplementos y holguras .....	101
4.4.9.	Tiempos observados.....	102
4.4.10.	Cálculo de tiempos normales .....	103
4.4.11.	Cálculo de tiempos estándar .....	104
4.5.	Comparación vehículo eléctrico BYD e5 vs su similar de combustión interna ..	106
4.5.1.	Costo de adquisición .....	106
4.5.2.	Intervalo de mantenimiento y tiempos estándar por ejecución de las tareas .....	108
4.5.3.	Costo de repuestos .....	112
4.5.4.	Costo de insumos .....	116
4.5.5.	Costo de mano de obra.....	120
4.5.6.	Costo total del mantenimiento preventivo .....	124
4.5.7.	Autonomía.....	128
4.5.8.	Comparación total.....	129
4.5.9.	Costo de la flota existente en Loja.....	132
4.5.10.	Rentabilidad entre el vehículo BYD e5 y su similar de combustión interna .....	138

**CAPÍTULO V****MARCO ADMINISTRATIVO**

1.1.	Recursos .....	139
1.1.1.	Recursos humanos .....	139
1.1.2.	Recursos materiales .....	140
1.1.3.	Recursos tecnológicos.....	140
1.2.	Costo neto del proyecto .....	141
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>142</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>146</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>147</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>152</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de la variable independiente .....	10
<b>Tabla 2.</b> Operacionalización de la variable dependiente .....	10
<b>Tabla 3.</b> Metodología de la investigación .....	13
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de los vehículos según sus características constructivas.....	16
<b>Tabla 5.</b> Ventas anuales de vehículos eléctricos por segmentos .....	17
<b>Tabla 6.</b> Ventas anuales de vehículos eléctricos en principales provincias .....	17
<b>Tabla 7.</b> Venta de vehículos eléctricos por marca y modelo.....	17
<b>Tabla 8.</b> Número recomendado de ciclos de observación .....	35
<b>Tabla 9.</b> Guía para calificar la velocidad.....	36
<b>Tabla 10.</b> Consideración de todos los suplementos existentes.....	37
<b>Tabla 11.</b> Análisis para la adquisición de vehículos eléctricos en la ciudad de Loja.....	43
<b>Tabla 12.</b> Financiamiento por parte de la CFN .....	47
<b>Tabla 13.</b> Número de bahías y operarios necesarios para el taller propuesto .....	49
<b>Tabla 14.</b> Reparto del área de colisiones en bahías .....	50
<b>Tabla 15.</b> Cálculo del área operativa .....	50
<b>Tabla 16.</b> Cálculo área de apoyo .....	51
<b>Tabla 17.</b> Cálculo área necesaria.....	51
<b>Tabla 18.</b> Significado de las siglas en el mantenimiento .....	64
<b>Tabla 19.</b> Significado de las siglas en el mantenimiento del vehículo con MCI .....	68
<b>Tabla 20.</b> Costo de tiempo de ejecución de mantenimiento vehículo e5 .....	82
<b>Tabla 21.</b> Costo de tiempo de ejecución de mantenimiento vehículo con MCI.....	83
<b>Tabla 22.</b> Costo de consumo eléctrico del vehículo e5 .....	84

<b>Tabla 23.</b> Costo de consumo de combustible del vehículo con MCI.....	84
<b>Tabla 24.</b> Ciclos de observación.....	100
<b>Tabla 25.</b> Tiempos observados en la visita de campo .....	102
<b>Tabla 26.</b> Cálculo tiempos normales en base a los tiempos observados .....	103
<b>Tabla 27.</b> Cálculo tiempos normales con registro históricos.....	104
<b>Tabla 28.</b> Cálculo de tiempos estándares .....	104
<b>Tabla 29.</b> Costo de los vehículos.....	107
<b>Tabla 30.</b> Tiempo estándar de mantenimiento eléctrico vs MCI .....	108
<b>Tabla 31.</b> Tiempo estándar total eléctrico vs MCI al final de los 120000 km .....	111
<b>Tabla 32.</b> Costo de repuestos eléctrico vs MCI.....	112
<b>Tabla 33.</b> Costo de repuestos eléctrico vs MCI al final de los 120000 km .....	115
<b>Tabla 34.</b> Costo de insumos eléctrico vs MCI.....	116
<b>Tabla 35.</b> Costo de insumos eléctrico vs MCI al final de los 120000 km.....	119
<b>Tabla 36.</b> Costo de mano de obra eléctrico vs MCI .....	120
<b>Tabla 37.</b> Costo de mano de obra eléctrico vs MCI al final de los 120000 km .....	123
<b>Tabla 38.</b> Costo total del mantenimiento eléctrico vs MCI.....	124
<b>Tabla 39.</b> Costo del mantenimiento vehículo eléctrico vs MCI al final de los 120000 km .	127
<b>Tabla 40.</b> Costo de consumo de energía eléctrica y combustible.....	128
<b>Tabla 41.</b> Comparación entre el vehículo eléctrico vs MCI.....	130
<b>Tabla 42.</b> Costo total del vehículo eléctrico vs MCI a los 360000 km .....	131
<b>Tabla 43.</b> Costo de mantenimiento a los 360000 km para la flota existente en Loja.....	132
<b>Tabla 44.</b> Recursos humanos.....	139
<b>Tabla 45.</b> Recursos materiales.....	140
<b>Tabla 46.</b> Recursos tecnológicos .....	141

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Árbol de problemas.....	3
<b>Figura 2.</b> Ficha técnica Kia Sportage R 2019 .....	20
<b>Figura 3.</b> Modelo orden de trabajo .....	21
<b>Figura 4.</b> Orden de trabajo manual - control de actividades en el mantenimiento.....	22
<b>Figura 5.</b> Símbolos de un diagrama de flujo .....	26
<b>Figura 6.</b> Símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME.....	27
<b>Figura 7.</b> Símbolos no estándares de los diagramas de procesos .....	27
<b>Figura 8.</b> Diagrama de flujo de proceso para la preparación de correo directo .....	28
<b>Figura 9.</b> Diagrama del flujo de proceso para la inspección en campo LUX .....	29
<b>Figura 10.</b> Tipos de holgura .....	37
<b>Figura 11.</b> Estudio de tiempos con calificación global .....	40
<b>Figura 12.</b> Flota eléctrica BYD en la ciudad de Loja.....	42
<b>Figura 13.</b> Ubicación Geográfica vehículos eléctricos BYD y electrolinera en Loja.....	43
<b>Figura 14.</b> Electrolinera en la ciudad de Loja .....	46
<b>Figura 15.</b> Distribución del taller propuesto .....	52
<b>Figura 16.</b> Ficha técnica propuesta vehículo Eléctrico BYD e5 .....	54
<b>Figura 17.</b> Ficha técnica del vehículo de combustión interna propuesta .....	56
<b>Figura 18.</b> Orden de trabajo propuesta.....	57
<b>Figura 19.</b> Check list BYD e5 propuesto .....	58
<b>Figura 20.</b> Proceso control de calidad .....	60
<b>Figura 21.</b> Formato control de calidad BYD e5 .....	61
<b>Figura 22.</b> Modelo de factura propuesto acorde al modelo del SRI.....	62

<b>Figura 23.</b> Índice de satisfacción del cliente propuesto .....	63
<b>Figura 24.</b> Programa de mantenimiento preventivo vehículo eléctrico e5.....	67
<b>Figura 25.</b> Programa de mantenimiento preventivo vehículo con MCI.....	70
<b>Figura 26.</b> Kit de reemplazo vehículo eléctrico BYD e5 .....	72
<b>Figura 27.</b> Kit de reemplazo vehículo con MCI.....	73
<b>Figura 28.</b> Costo de repuestos vehículo eléctrico e5 .....	74
<b>Figura 29.</b> Costo de repuestos vehículo con MCI.....	75
<b>Figura 30.</b> Insumos utilizados en el mantenimiento del vehículo eléctrico e5 .....	76
<b>Figura 31.</b> Insumos utilizados en el mantenimiento del vehículo con MCI.....	78
<b>Figura 32.</b> Tiempo de ejecución del mantenimiento del vehículo eléctrico e5.....	79
<b>Figura 33.</b> Tiempo de ejecución del mantenimiento vehículo con MCI.....	81
<b>Figura 34.</b> Proceso de obtención y registro de tiempos y distancias.....	85
<b>Figura 35.</b> Inspección líquido refrigerante en el sub-tanque.....	86
<b>Figura 36.</b> Inspección bandeja de la batería de alta tensión y barra de impacto .....	87
<b>Figura 37.</b> Diagrama de flujo inspección nivel de aceite .....	88
<b>Figura 38.</b> Diagrama de flujo inspección líquido refrigerante .....	89
<b>Figura 39.</b> Diagrama de procesos cambio de refrigerante de accionamiento eléctrico.....	90
<b>Figura 40.</b> Diagrama de procesos propuesto para la operación de mantenimiento.....	91
<b>Figura 41.</b> Diagrama de proceso cambio de aceite del vehículo con MCI .....	93
<b>Figura 42.</b> Procedimiento sistemático para estandarizar el tiempo.....	94
<b>Figura 43.</b> Croquis del taller autorizado por BYD en la ciudad de Loja .....	100
<b>Figura 44.</b> Resumen análisis de tiempos .....	105
<b>Figura 45.</b> Comparativa de costos de los vehículos por modelo.....	107
<b>Figura 46.</b> Comparativa tiempos estándar vs frecuencia de mantenimiento.....	109

<b>Figura 47.</b> Comparativa tiempo estándar total empleado en los 120000 km.....	111
<b>Figura 48.</b> Comparativa de costo de repuestos.....	113
<b>Figura 49.</b> Comparativa de costos de repuestos al final de los 120000 km .....	115
<b>Figura 50.</b> Comparativa costos de insumos.....	117
<b>Figura 51.</b> Comparativa costos de insumos al final de los 120000 km.....	119
<b>Figura 52.</b> Comparativa del costo de mano de obra.....	121
<b>Figura 53.</b> Costo de mano de obra al final de los 120000 km.....	123
<b>Figura 54.</b> Comparativa del costo total del mantenimiento .....	125
<b>Figura 55.</b> Comparativa del costo de mantenimiento total al final de los 120000 km.....	127
<b>Figura 56.</b> Comparativo costo de energía eléctrica y combustible .....	129
<b>Figura 57.</b> Comparativa costo total vehículo eléctrico vs MCI al final de los 120000 km...	130
<b>Figura 58.</b> Comparativo costo total del vehículo eléctrico vs MCI a los 360000 km.....	131
<b>Figura 59.</b> Costo de adquisición de la flota eléctrico vs MCI.....	133
<b>Figura 60.</b> Tiempo de ejecución de mantenimiento de la flota eléctrico vs MCI.....	134
<b>Figura 61.</b> Costo de mantenimiento de la flota eléctrico vs MCI .....	135
<b>Figura 62.</b> Costo de energía eléctrica vs costo de combustible en la flota.....	135
<b>Figura 63.</b> Costo total de la flota a los 120000 km eléctrico vs MCI .....	136
<b>Figura 64.</b> Costo total de la flota a los 360000 km eléctrico vs MCI .....	137

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<i>Ecuación 1.</i> Fórmula para calcular el tiempo normal.....	38
<i>Ecuación 2.</i> Fórmula de tiempo normal para registros históricos .....	39
<i>Ecuación 3.</i> Fórmula para calcular el tiempo estándar.....	39

## **RESUMEN**

La investigación tuvo como finalidad la comparación de costos de mantenimiento preventivo del vehículo eléctrico BYD e5 con su similar de combustión interna en un periodo de 120000 km, con base en un recorrido de 250 km diarios en ambos automotores, trabajando entre 10 y 12 horas. Los parámetros de estudio fueron los tiempos estándares por actividad de mantenimiento y costos de: adquisición, repuestos, insumos, mano de obra y autonomía. Dentro de esta última se realizó un análisis de costo de energía eléctrica por carga de batería para el automotor eléctrico y un costo de combustible para el MCI. Obteniendo como resultado para el periodo en mención que el auto eléctrico tiene un costo de mantenimiento inferior al de combustión interna, a continuación se realizó la suma del costo de adquisición y del mantenimiento obteniendo que el vehículo eléctrico es más costoso en el periodo mencionado, para establecer el kilometraje en el cual este automotor empieza a ser más rentable se realizó una proyección, en la que se obtuvo que a partir de los 360000 km se equipara el costo de adquisición y mantenimiento. Con sustento en la metodología de medición y comparación se evidencia falencias en los técnicos encargados del mantenimiento del vehículo eléctrico, en lo que respecta al sistema de propulsión y en las baterías de alta tensión, por ende, se propone una propuesta de mejora en los procesos de mantenimiento, evitando transportes innecesarios de herramientas, repuestos e insumos, evitando demoras para reducir el tiempo y distancias recorridas.

## **PALABRAS CLAVES**

- ❖ **VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**
- ❖ **VEHÍCULO MCI**
- ❖ **VEHÍCULOS - MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

## **ABSTRACT**

The purpose of the research was to compare the preventive maintenance costs of the BYD e5 electric vehicle and the internal combustion over a period of 120000 km, based on a 250 km daily journey in both cars, working between 10 and 12 Hours. The study parameters were the standard times by maintenance activity and costs of: procurement, spare parts, inputs, labor and autonomy. Within this there was, an analysis of the cost of electric power due to having low battery price. There was also an analysis for the cost of fuel for ICE. The result obtained for the period in mention that the electric car has a lower maintenance cost than internal combustion, then the sum of the cost of acquisition and maintenance showed that the electric vehicle more expensive in the aforementioned period, to establish the mileage in which this car begins to become more profitable, a projection was made, which showed that from 360000 km the cost of acquisition and maintenance is equalized. In the methodology comparison of the substance measurement, there are gaps in the work that the technicians were responsible for, this included the electric vehicle, in terms of the propulsion system and in high voltage batteries, therefore, a proposal for improvement is proposed in the maintenance has been provided in order to avoid unnecessary transport which carry tools, spare parts and supplies. This would decrease the delays and reduce the time and distances traveled.

## **KEY WORDS**

- ❖ **ELECTRIC VEHICLE**
- ❖ **ICE VEHICLE**
- ❖ **VEHICLE - PREVENTIVE MAINTENANCE**

## CAPÍTULO I

### MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Antecedentes investigativos

BYD Auto se ha transformado en la marca de autos nacionales de China con mayor innovación y lidera el campo de vehículos eléctricos con tecnología única. En el campo de nueva energía, BYD ha desarrollado productos de tecnología verde tales como las plantas solares, estaciones de recarga de energía, vehículos eléctricos e iluminación LED, etc. (BYD Motors, 2016).

La división de vehículos eléctricos y energía limpia de BYD llegó en 2017 al Ecuador, con el objetivo de ayudar a construir un país más sostenible. Desde esa fecha, se han realizado exitosas pruebas de buses eléctricos en Guayaquil, Quito, Cuenca y Loja con el apoyo de autoridades y la ciudadanía. Además, desde 2017 en Loja, se encuentran funcionando 35 taxis eléctricos, la primera flota 100% eléctrica del país. (BYD Motors, 2016).

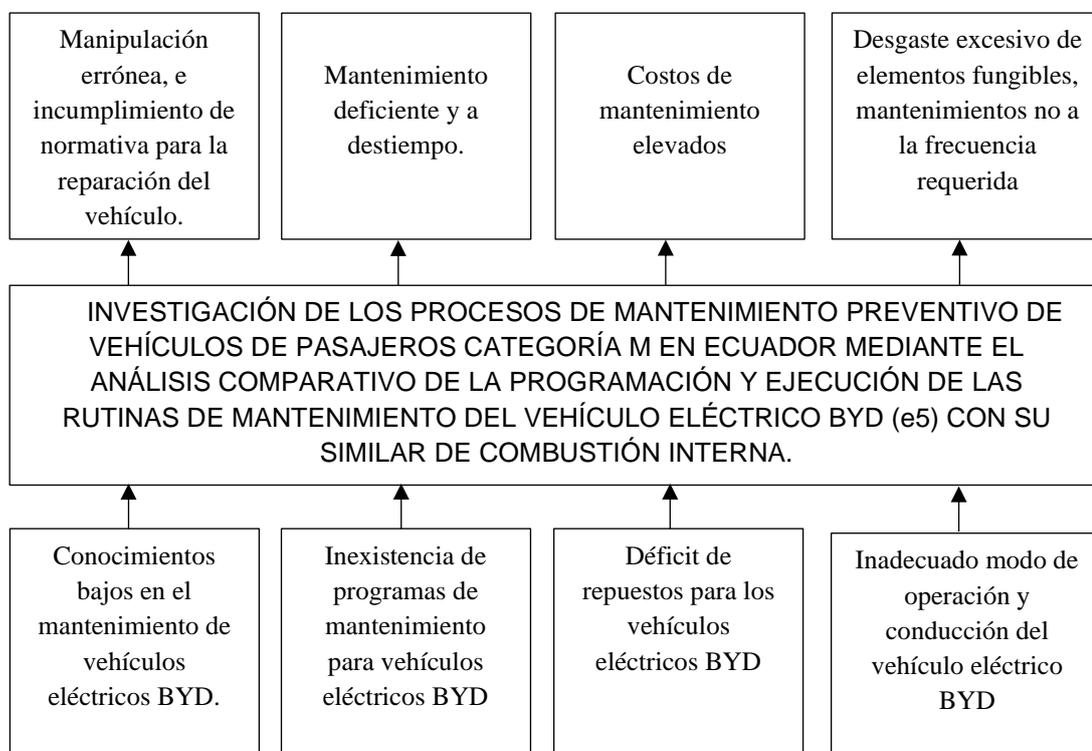
La flota de taxis tipo Sedan en la ciudad de Loja, tienen una autonomía nominal de 400 Km para un camino plano a una velocidad entre 50 a 60 Km/h, pero como el vehículo es usado para taxi tiene una autonomía de 320 y 350 Km, con una potencia de 150 KW equivalente a 2000 cc. Para cargar la batería en casa de 0 a 100% se necesita un tiempo de

6.5 h, mientras que para cargarlo en una electrolinera se necesita un tiempo de 1 h 15 minutos (Burbano & Coyago, 2019)

Actualmente en el país existen 35 unidades, llevan circulando 2 años equivalentes a 4,3 Millones de Km, ahorrando al país 226.800 galones de combustible extra que se reporta de cada uno de los bolsillos del pueblo ecuatoriano, han consumido 1GWh, un ahorro de subsidio 117,936 USD, su consumo eléctrico es de 83,225 USD. El costo del taxi eléctrico es de \$ 34,900 se puede adquirir con una entrada de \$ 6,980, el valor de financiamiento es de \$ 27,920 con un tiempo de financiamiento de 60 meses a una tasa de interés del 9,8% por ser vehículo eléctrico en Ecuador, la cuota mensual es de \$590, los gastos mensuales: gasolina, mantenimiento, llantas implica un valor de \$ 225, El costo total mensual para taxista es de \$ 815. (Burbano & Coyago, 2019)

En el país se promocionan cinco modelos de autos eléctricos: Twizy y Zoe, de Renault; Leaf de Nissan; Bolt de Chevrolet; E5 de BYD y Soul de Kia. Los precios de estos automotores oscilan entre USD 14 990 y 34 990, según las características de cada modelo. El más económico es el Twizy, cuyo precio varía dependiendo de si es individual o biplaza. (Castillo & Serrano, 2018)

## 1.2. Planteamiento del problema



*Figura 1.* Árbol de problemas

Los vehículos eléctricos van ingresando al país y ocupan un lugar en el mercado automovilístico, “En Ecuador se han vendido 6581 vehículos híbridos y 240 autos eléctricos desde el 2015, gracias a los incentivos tributarios aprobados para el segmento desde ese año” (Castillo & Serrano, 2018), este valor no representan un elevado número en el mercado automovilístico, actualmente en la asamblea se trata la mejora de incentivos para estos vehículos.

Uno de los inconveniente de los vehículos eléctricos es la autonomía baja que presentan debido a que los vehículos de combustión interna pueden recorrer largas distancias y cuando

requieran recargar su combustible no se demora más de 5 minutos encontrando abastecimientos en cualquier parte, para continuar su recorrido hasta el lugar de destino a diferencia de los vehículos eléctricos que necesariamente tienen que ser recargados por varias horas antes de volver a operar con su energía al 100 % aproximadamente de 2 a 3 horas de carga.

Con esta consideración de batería – distancia presenta bajas prestaciones, se utilizan otros parámetros para que los vehículos eléctricos sean elegidos por encima de un vehículo convencional, un parámetro importante es la relación costo – mantenimiento, ya que un vehículo eléctrico requiere menor mantenimiento a un vehículo de combustión interna que si se suma el valor del mismo al costo inicial del vehículo, se puede obtener que el vehículo convencional es más caro que uno eléctrico.

Se debe tener en cuenta que un vehículo eléctrico difiere de un convencional en la forma de manejo, esta caracteriza determina el desgaste de los materiales fungibles y la frecuencia de mantenimiento, los procesos de mantenimiento preventivo de un vehículo eléctrico son más rápidos si se tiene en stock los repuestos necesarios para el mismo.

El déficit de repuestos dificulta que los tiempos de mantenimiento se cumplan y a su vez eleva el costo del mismo, un factor positivo es que los vehículos eléctricos requieren mantenimiento cada 20000 Km, y necesitan mantenimiento de los siguientes sistemas: suspensión, dirección, frenos, adicional a esto requiere revisión del líquido refrigerante ahorrando así el costo de sustitución de aceite y filtro de motor.

Por lo tanto, la Empresa BYD e-Motors Ecuador S.A y la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga establecen una relación con la finalidad de justificar y validar la operación de vehículos eléctricos en el país, mediante el estudio de la autonomía del vehículo eléctrico e5 y la comparación del costo – mantenimiento con su similar de combustión interna. Dicho estudio debe ser avalado por un ente público; que en este caso es la Universidad.

### **1.3. Descripción resumida del proyecto**

El presente proyecto tiene como finalidad comparar técnica y económicamente el proceso de mantenimiento preventivo de dos vehículos de acuerdo a su categorización M (Vehículos con motor con al menos cuatro ruedas para el transporte de pasajeros).

Se fundamentará con información técnica y científica de fuentes bibliográficas confiables relacionados con la planificación, programación, ejecución y control de actividades de mantenimiento.

Se levantará información en base a los planes de programación y ejecución de mantenimiento preventivo del vehículo eléctrico BYD e5 y de su similar de motor de combustión interna.

Se tomará datos de tiempos y distancias recorridas en la ejecución de las tareas de mantenimiento en el taller autorizado por BYD en la ciudad de Loja, así como registrar el uso de insumos y repuestos necesarios para el mantenimiento, según las operaciones realizadas en el establecimiento.

Se estandarizará los tiempos de ejecución de las actividades de mantenimiento realizadas en el taller autorizado por BYD en la ciudad de Loja, acorde al programa de mantenimiento preventivo establecido por la empresa de manufactura, se establecerá el tiempo mínimo necesario para estas operaciones y el costo de mano de obra acorde al tiempo empleado.

Se analizará el uso de insumos y repuestos en las actividades de mantenimiento, así como también la disponibilidad de los mismos.

Se comparará el vehículo BYD e5 con su similar de motor de combustión interna en un ciclo de 120000 km, de acuerdo al costo de mantenimiento preventivo, tiempos de ejecución, recursos utilizados y costo de adquisición.

#### **1.4. Justificación e importancia**

La presente investigación nace entre el interés mutuo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga y la empresa privada BYD e-Motors Ecuador S.A, con el propósito de realizar una investigación de movilidad eléctrica enfocada en el transporte público del país.

La investigación tiene como principal objetivo buscar una validación y verificación de la tecnología de vehículos 100% eléctricos, que actualmente se encuentran circulando en diferentes provincias del Ecuador, siendo Loja la ciudad con la primera flota de vehículos eléctricos BYD e5.

En la actualidad los fabricantes de vehículos desarrollan e incorporan nuevas tecnologías que disminuyen los gases nocivos que emanan los motores de combustión interna, por ende, optan por nuevas tecnologías como motores eléctricos que muevan el tren motriz, con el único fin de eliminar los gases contaminantes y ayudar al medio ambiente.

Por tal motivo empresas como BYD e-Motors Ecuador S.A están apostando por proyectos que ayudan a reducir la contaminación provocada por motores de combustión interna, para de esta forma crear un país mayormente sustentable y sostenible que en un futuro cercano desplace los vehículos equipados con MCI por vehículos con tecnología 100% eléctrica.

Los vehículos eléctricos brindan grandes beneficios al consumidor, por ejemplo reducción de los intervalos de mantenimiento, un menor costo del mismo en comparación a uno equipado con MCI.

El propósito de los vehículos eléctricos es asentarse en la industria automotriz y elevar sus ventas, con el único fin de reducir los gases contaminantes emitidos y generados por los autos equipados con MCI.

## **1.5. Objetivos del proyecto**

### **1.5.1. Objetivo general**

Investigar los procesos de mantenimiento preventivo de vehículos de pasajeros categoría M en Ecuador mediante el análisis comparativo de la programación y ejecución de las rutinas de mantenimiento del vehículo eléctrico BYD (e5) con su similar de combustión interna.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- ❖ Fundamentar técnica y científicamente en base a fuentes bibliográficas confiables aspectos referentes a la planificación, programación y ejecución del proceso de mantenimiento preventivo.
- ❖ Establecer la metodología de investigación que permita recolectar y analizar los tiempos, distancias, repuestos e insumos que se requieren en el mantenimiento preventivo de los vehículos en estudio.
- ❖ Solicitar y buscar información referente al vehículo de combustión interna en estudio y levantar información del auto eléctrico BYD e5.
- ❖ Tomar datos de tiempos, distancias, repuestos e insumos que necesitan los técnicos capacitados para la ejecución del mantenimiento preventivo del vehículo eléctrico e5.
- ❖ Analizar las rutinas de mantenimiento de los vehículos de estudio de acuerdo a los procesos de mantenimiento preventivo.

- ❖ Analizar la cantidad de insumos y materiales fungibles utilizados en el proceso de mantenimiento preventivo de los vehículos en estudio.
- ❖ Comparar costos de repuestos, insumos, mano de obra, consumo de energía eléctrica y combustible para los vehículos en estudio.
- ❖ Comparar el costo de mantenimiento preventivo de los vehículos en estudio, al finalizar un ciclo de 120000 km, determinando que auto tiene el menor costo de mantenimiento.
- ❖ Comparar el costo total de los vehículos en estudio al finalizar un ciclo de 120000 km, determinando que auto es más rentable.

## **1.6. Metas**

Determinar si el proceso de mantenimiento preventivo del vehículo eléctrico BYD e5 es más económico en comparación al auto convencional.

## **1.7. Hipótesis**

El vehículo eléctrico BYD e5 tendrá un menor costo de mantenimiento preventivo en un ciclo de 120000 km, en comparación con su similar de combustión interna.

## 1.8. Variables de investigación

### 1.8.1. Variable independiente

Costo total del mantenimiento preventivo en un ciclo

**Tabla 1.**  
*Operacionalización de la variable independiente*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos
Cantidad de dinero invertida en el proceso de mantener y prolongar la vida útil del automotor.	Académico, tecnológico	Preventivo	Frecuencia de mantenimiento	Especificaciones	Manual del fabricante
		Registros	Formatos	Personalización	Protocolo de comunicación

### 1.8.2. Variable dependiente

Comparación entre el vehículo eléctrico BYD e5 y su similar de MCI

**Tabla 2.**  
*Operacionalización de la variable dependiente*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos	
Son los siguientes vehículos: eléctrico BYD e5 y su similar de combustión interna.	Clasificación de vehículos	Eléctrico	Km	Autonomía	Manual del propietario Ficha técnica Plan de mantenimiento	
			KWh/h	Consumo		
			s	Tiempo empleado en mantenimiento		
			\$	Costo		
	MCI			Km	Autonomía	Manual del propietario Ficha técnica Plan de mantenimiento
				Gal/km	Consumo	
				s	Tiempo empleado en mantenimiento	
				\$	Costo	

## **1.9. Metodología de la investigación**

Durante la investigación se asoció diversos métodos de investigación que relacionan su conocimiento y dinámica.

### **❖ Método experimental**

Este método ayudó a obtener los tiempos y distancias que realiza un técnico, cuando ejecuta las operaciones de mantenimiento preventivo establecido en el programa de mantenimiento de los vehículos eléctricos e5, cabe recalcar que los mismos se obtuvieron a través de la visita de campo.

### **❖ Método deductivo**

Este método permitió analizar a través de los tiempos observados evidenciados, el tiempo estándar de un técnico al momento de realizar una tarea de mantenimiento específica, por ejemplo: cambio de aceite de la transmisión, alineación y balanceo, limpieza de contactos, entre otras actividades que se ejecuta en el programa de mantenimiento preventivo, con el fin de prolongar la vida útil del vehículo.

### **❖ Método inductivo**

Con la ayuda de una operación de moldeo de matriz, este método ayudó a establecer los tiempos estándar de un técnico en la ejecución de las tareas de mantenimiento.

### ❖ **Método comparativo**

Este método permitió establecer entre los vehículos en estudio, cual tiene el mantenimiento preventivo más costoso, en base a sus planes de mantenimiento preventivo programado, el valor de sus repuestos e insumos, el costo de la mano de obra y su autonomía.

### ❖ **Método científico**

Este método ayudó a tabular los tiempos observados con el método experimental, utilizando una operación de moldeo de matriz, en la misma que se calcularon los tiempos estándar de las tareas de mantenimiento preventivas estudiadas.

### ❖ **Método de síntesis**

Este método con la ayuda de un cronómetro permitió, evidenciar el tiempo de ejecución de una tarea específica de mantenimiento, este tiempo se conoce como tiempo de observación.

### ❖ **Método de la medición**

Este método se empleó para obtener los tiempos de cada tarea ejecutada por un técnico, en el mantenimiento preventivo programado para los vehículos eléctricos e5.

**Tabla 3.**  
*Metodología de la investigación*

<b>Metodología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Equipo</b>	<b>Laboratorio</b>
Metodología experimental	Este método ayudó a obtener los tiempos y distancias que realiza un técnico, cuando ejecuta las operaciones de mantenimiento preventivo establecido en el programa de mantenimiento de los vehículos eléctricos e5, cabe recalcar que los mismos se obtuvieron a través de la visita de campo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Cronómetro</li> <li>❖ Flexómetro</li> <li>❖ Cámara de video</li> <li>❖ Grabadora de voz</li> <li>❖ Computadora</li> </ul>	Taller autorizado por BYD para el mantenimiento preventivo.
Método deductivo	Este método permitió analizar a través de los tiempos observados evidenciados, el tiempo estándar de un técnico al momento de realizar una tarea de mantenimiento específica, por ejemplo: cambio de aceite de la transmisión, alineación y balanceo, limpieza de contactos, entre otras actividades que se ejecuta en el programa de mantenimiento preventivo, con el fin de prolongar la vida útil del vehículo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Cronómetro</li> <li>❖ Flexómetro</li> <li>❖ Cámara de video</li> <li>❖ Grabadora de voz</li> <li>❖ Computadora</li> </ul>	Taller autorizado por BYD para el mantenimiento preventivo.
Método inductivo	Con la ayuda de una operación de moldeo de matriz, este método ayudó a establecer los tiempos estándar de un técnico en la ejecución de las tareas de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Cronómetro</li> <li>❖ Flexómetro</li> <li>❖ Cámara de video</li> <li>❖ Grabadora de voz</li> <li>❖ Computadora</li> </ul>	Taller autorizado por BYD para el mantenimiento preventivo.
Método comparativo	Este método permitió establecer entre los vehículos en estudio, cual tiene el mantenimiento preventivo más costoso, en base a sus planes de mantenimiento preventivo programado, el valor de sus repuestos e insumos, el costo de la mano de obra y su autonomía.	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Cronómetro</li> <li>❖ Flexómetro</li> <li>❖ Cámara de video</li> <li>❖ Grabadora de voz</li> <li>❖ Computadora</li> </ul>	Taller autorizado por BYD para el mantenimiento preventivo.
Método científico	Este método ayudó a tabular los tiempos observados con el método experimental, utilizando una operación de moldeo de matriz, en la misma que se calcularon los tiempos estándar de las tareas de mantenimiento preventivas estudiadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Cronómetro</li> <li>❖ Flexómetro</li> <li>❖ Cámara de video</li> <li>❖ Grabadora de voz</li> <li>❖ Computadora</li> </ul>	Taller autorizado por BYD para el mantenimiento preventivo.
Método de síntesis	Este método con la ayuda de un cronómetro permitió, evidenciar el tiempo de ejecución de una tarea específica de mantenimiento, este tiempo se conoce como tiempo de observación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Cronómetro</li> <li>❖ Flexómetro</li> <li>❖ Cámara de video</li> <li>❖ Grabadora de voz</li> <li>❖ Computadora</li> </ul>	Taller autorizado por BYD para el mantenimiento preventivo.
Método de la medición	Este método se empleó para obtener los tiempos de cada tarea ejecutada por un técnico, en el mantenimiento preventivo programado para los vehículos eléctricos e5.	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Cronómetro</li> <li>❖ Flexómetro</li> <li>❖ Cámara de video</li> <li>❖ Grabadora de voz</li> <li>❖ Computadora</li> </ul>	Taller autorizado por BYD para el mantenimiento preventivo.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Eficiencia energética por tipo de vehículo

Un vehículo convencional de gasolina (ICE), con motor de combustión interna, tiene una eficiencia global del 25%. Es decir, de la energía del combustible introducido en el vehículo sólo se obtiene en forma de energía mecánica para el movimiento de las ruedas el 25%, desaprovechándose el 75% restante de la energía. (Laverón, Muñoz, & Sáenz, 2010)

El vehículo híbrido (HEV), la introducción de un motor eléctrico, además del convencional contribuye a la mejora de la eficiencia hasta alcanzar una eficiencia energética del 30%. Esto es debido a que el motor eléctrico permite recuperar, en frenadas o pendientes descendientes suficientemente escarpadas, parte de la energía cinética, almacenarla en la batería y posteriormente utilizarla para mover el coche a través del motor eléctrico. (Laverón, Muñoz, & Sáenz, 2010)

El vehículo eléctrico puro (BEV), las estimaciones muestran una eficiencia que alcanza el 77% si la electricidad que carga las baterías del BEV tiene un origen plenamente renovable y un 42% si el mix de generación eléctrica está basado en gas natural. Finalmente, la eficiencia del PHEV es una combinación de la del motor convencional, con una eficiencia del 25% y de la del motor eléctrico, que se sitúa entre el 42% y el 77%, considerando todos los elementos anteriormente citados. Así, se obtiene una eficiencia para el PHEV entre el

31-49%, según la utilización de los mismos, muy superior a la del vehículo convencional o el híbrido tradicional. (Laverón, Muñoz, & Sáenz, 2010)

## **2.2. La economía del vehículo eléctrico desde un punto de vista prospectivo**

Según un estudio publicado en la revista española REVE (Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico) realizado por Laverón Muñoz y Sáenz en el año 2010, menciona lo siguiente:

El costo de operación de un vehículo convencional registra un costo muy superior al vehículo eléctrico. Considerando un consumo del vehículo convencional de 7 litros por cada 100 kilómetro y un precio de la gasolina de 1,69 dólares por litro, se obtiene un coste de 0,17 dólares por kilómetro, cifra muy superior a los 0,01 dólares por kilómetro del BEV. Para este último, se ha considerado un consumo de 0,15 kWh por kilómetro y un precio de la electricidad de 80 dólares por cada MWh. Considerando los valores de costes de mantenimiento en el entorno de los incluidos en el informe de McKindsey, se obtendría un coste total de operación por kilómetro de 0,21 dólares para el vehículo convencional, muy superior a los 0,16 dólares del vehículo eléctrico puro. (Laverón, Muñoz, & Sáenz, 2010)

En efecto considerando todos los costos, de producción y de operación, el vehículo eléctrico será más económico en el futuro. Por ende, aunque el vehículo eléctrico es más caro a la hora de adquirirlo, a medida que el kilometraje aumente compensará dicho costo inicial.

El impacto de las emisiones de CO<sub>2</sub>, si se considera un vehículo convencional relativamente eficiente, con un consumo de 7 litros de gasolina cada 100 kilómetros, se

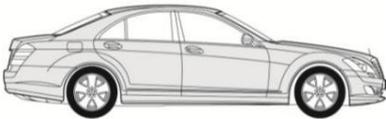
obtendrían unas emisiones de algo más de 16 kg de CO<sub>2</sub> por cada 100 kilómetros. A la hora de calcular las emisiones del vehículo eléctrico habrá que tener en cuenta el parque generador que produce la electricidad de la que se suministra y sus emisiones asociadas. Teniendo en cuenta estos elementos, las emisiones de un vehículo eléctrico se situarían en algo más de 3 kg de CO<sub>2</sub> por cada 100 kilómetros, menos de una quinta parte de las emisiones de un vehículo convencional. (Laverón, Muñoz, & Sáenz, 2010)

### 2.3. Clasificación vehicular

En el Ecuador, la clasificación de los vehículos está bajo la Norma Técnica Ecuatoriana: NTE INEN 2656:2012, la misma que establece la identificación de los vehículos mediante características generales de diseño y uso.

En siguiente tabla se muestra la clasificación en la que se engloba los vehículos de estudio:

**Tabla 4.**  
*Clasificación de los vehículos según sus características constructivas*

Código	Subclase	Clase	Descripción
SED	M1	<p><b>SEDAN</b></p> 	Un sedán tiene un techo fijo hasta el parabrisas trasero, consta de tres volúmenes. Tiene 4 puertas y consta de 5 plazas.

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012, pág. 4)

## 2.4. Vehículo eléctrico

Ricardo Rosales, director de KIA Motors Ecuador explicó “Un auto eléctrico no tiene piezas de desgaste como el auto a combustión, no necesita cambio de aceite, de motor, de refrigerante. El ahorro de mantenimiento es de 90% comparado con uno tradicional” (El Comercio, 2019)

## 2.5. Ventas anuales de vehículos eléctricos

**Tabla 5.**  
*Ventas anuales de vehículos eléctricos por segmentos*

En unidades / porcentaje de participación 2016 -2018							
Año	Automóviles	%	SUV	%	Camionetas	%	Total
2016	56	51.38	53	48.62	0	0.00	109
2017	96	78.05	20	16.26	7	5.69	123
2018	96	78.05	33	25.38	1	0.77	130

Fuente: (AEADE, 2018, pág. 81)

**Tabla 6.**  
*Ventas anuales de vehículos eléctricos en principales provincias*

En unidades / porcentaje de participación 2016 -2018													
Año	Guayas	%	Pichincha	%	Galápagos	%	Imbabura	%	Tungurahua	%	Otras provincias	%	Total
2016	21	19.27	62	56.88	9	8.26	-	0.00	4	3.67	13	11.93	109
2017	49	39.84	20	16.26	2	1.63	14	11.38	-	0.00	38	30.89	123
2018	76	58.46	31	23.85	7	5.38	6	4.62	3	2.31	7	5.38	130

Fuente: (AEADE, 2018, pág. 81)

**Tabla 7.**  
*Venta de vehículos eléctricos por marca y modelo*

En unidades 2016-2018				
Marca	Modelo	2016	2017	2018
DAYANG	DY-GD04B AC 3P 4X2 TA EV	-	13	67

CONTINÚA 

KIA	SOUL AC 5P 4X2 TA EV	53	20	33
DAYANG	CHOK CROSS AC 5P 4X2 TA EV	-	-	13
DAYANG	DY-GD04A AC 2P 4X2 TA EV	15	33	7
RENAULT	TWIZY URB X09 MOKA AC 2P 4X2 TA EV	23	13	6
BYD	BYD 7005BEV AC 4P 4X2 TA EV	-	36	3
DAYANG	DY-GD02B AC CS 4X2 TA EV	7	7	1
DAYANG	DY-GD02B AC 2P 4X2 TA EV	-	1	-
RENAULT	TWIZY TEC X0Gtec80 2p 4X2 TA EV	6	-	-
VOLKSWAGEN	E-GOLF BE11B1 AC 5P 4X2 TA EV	1	-	-
DAYANG	DY-GD0A AC 4P 4X2 TA EV	2	-	-
RENAULT	TWIZY CARGO X0gCARB0 2P 4X2 TA EV	1	-	-
RENAULT	TWIZY URB X0g MOKA 2P TA	1	-	-
Total		109	123	130

Fuente: (AEADE, 2018, pág. 81)

Según la AEDA (2018) “En el 2018 se vendieron 130 vehículos eléctricos. Es decir, siete más que en el año previo. Desde enero hasta abril de este 2019 se han vendido 21 eléctricos, a diferencia de los 443 híbridos y 41 758 vehículos convencionales” (Alarcón, 2019)

## 2.6. BYD

“BYD e-Motors Ecuador es la división de BYD Global dedicada a la venta de vehículos eléctricos como autos, buses camiones, montacargas, y monorraíles urbanos, así como paneles solares y sistemas de almacenamiento de energía” (BYD e-Motors Ecuador, 2016)

La oficina corporativa de BYD, quienes también ofrecen vehículos eléctricos en Ecuador, explica que la idea es reutilizar sus baterías. Estas, dicen, tienen un promedio de vida útil de 15 años. Al cumplir este plazo, la batería aún cuenta con un 40% de su capacidad de uso, por lo que pueden tener una segunda vida útil. (Alarcón, 2019)

“Una vez que cumplen su ciclo, se puede reciclar más del 85% de sus componentes fundamentales, para lo cual tienen una fábrica de reciclaje de estas” (Alarcón, 2019)

### **2.6.1. Vehículo eléctrico BYD e5**

El e5 es el auto ideal para recorridos urbanos. Su batería de hierro fosfato le otorga un rendimiento superior a la de otros vehículos eléctricos. Es cómodo, seguro y ahorrará miles de dólares en carga eléctrica versus combustible y mantenimiento. Es una máquina de potencia, con la fuerza para subir las cuestas más empinadas (BYD e-Motors Ecuador, 2016).

#### ***a) Ventajas***

- ❖ No requiere cambios de batería
- ❖ No requiere cambios de aceite.
- ❖ Mantenimiento cada 20.000 km (Inspecciones de ser necesarias cada 10.000 km) vs 5.000 km en autos a combustible.
- ❖ Las baterías de BYD aún mantienen 80% de su capacidad después de 4.000 ciclos de carga, que se cumplen en aproximadamente 15 años.
- ❖ Los vehículos BYD son amigables con el medio ambiente.
- ❖ Producen cero emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, nuestras baterías de hierro-fosfato no contienen materiales tóxicos, a diferencia de otras baterías para vehículos eléctricos. (BYD e-Motors Ecuador, 2016)

## 2.7. Formatos de mantenimiento

Son todos los documentos que permiten levantar los datos del cliente y del vehículo, con el fin de llevar un historial de reparaciones, repuestos e insumos utilizados, para sus próximos mantenimientos de acuerdo al manual de usuario o servicios solicitados directamente del cliente. (Jarrin & Mena, 2019, pág. 25)

### 2.7.1. Ficha técnica del vehículo

Es un documento elaborado por el fabricante, con la finalidad de presentar especificaciones del vehículo como: torque, potencia, dimensiones, equipamiento, color etc.

**FICHA TÉCNICA**

**GARANTÍA**

- 5 años o 100.000 kilómetros

**MOTOR**

- 2.0L DOHC 16V
- Sistema CVT DUAL (control de válvulas variable en el tiempo)
- Potencia máxima: 158 HP@6200 RPM
- Torque máximo: 19.6 Kg·m@4000 RPM
- Cilindraje: 1998 cc
- Combustible: gasolina

- 2.0L Diesel 16V
- Turbo compresor de geometría variable (VGT) Common Rail
- Potencia máxima: 177 HP@4000 RPM
- Torque máximo: 40 Kg·m@1800-2500 RPM
- Cilindraje: 1995 cc
- Combustible: diesel

**DIRECCIÓN**

- Hidráulica sensible a la velocidad

**TRANSMISIÓN**

- Manual de 5 velocidades
- Manual de 6 velocidades\*\*
- Automática secuencial de 6 velocidades\*\*

**SUSPENSIÓN**

- Delantera tipo Mc Pherson con espirales de carga lateral para mayor control
- Trasera independiente tipo Multi-link (múltiples apoyos) para mayor confort
- Amortiguadores con sistema HPD de amplitud selectiva que incrementa la suavidad en autopistas y en terrenos rugosos ofrecen mayor agarre y estabilidad

**TRACCIÓN**

- Sistema 4X2
- Sistema Dynamax® de tracción total 4X4\*\*

**FRENOS**

- Hidráulicos con circuito independiente en diagonal servoasistidos
- Delanteros: disco ventilado
- Traseros: disco sólido

**DIMENSIONES**

- Largo: 4440 mm
- Ancho: 1855 mm (no incluye espejos)

**SEGURIDAD**

- Columna de dirección collapsible
- Barras protectoras de impacto en las cuatro puertas
- Panorámico delantero tipo laminado
- Cinturones de seguridad delanteros retráctiles e inerciales de tres puntos con pretensiones
- Cinturones de seguridad posteriores retráctiles e inerciales de tres puntos (derecho e izquierdo) y central de dos puntos
- Bolsa de aire (airbag) contra impacto conductor
- Bolsa de aire (airbag) contra impacto copiloto\*\*
- Bolsas de aire (airbags) laterales (2)\*\*
- Bolsas de aire (airbags) tipo cortina (2)\*\*
- Apoyacabezas activos\*\*
- ABS (sistema antibloqueo de freno)
- EBD (sistema electrónico de distribución de freno)
- BAS (sistema de asistencia de frenado)\*\*
- TCS (sistema de control de tracción)\*\*
- DBC (sistema de control de descenso en pendientes)\*\*
- HAC (sistema de control de ascenso en pendientes)\*\*
- ESC (sistema de control electrónico de estabilidad)\*\*

**EQUIPAMIENTO**

- Sistema de luces con opción de encendido automático (se encienden con baja luminosidad natural)\*\*
- Espejos eléctricos
- Espejos abatibles eléctricamente tipo alas de gaviota\*\*
- Espejos con direccionales en LED\*\*
- Vidrios eléctricos con sistema de apertura de un toque para conductor\*
- Vidrios traseros oscurecidos para mayor privacidad
- Luces traseras en LED\*\*
- Luces LED de circulación diurna\*\*
- Freno stop en LED\*\*
- Techo panorámico eléctrico\*\*
- Puntos de anclaje para sillas de seguridad de niños (sistema ISOFIX)
- Bloqueo central con mando a distancia\*\*
- Parasoles con espejos, iluminación y extensibles\*\*
- Control de audio en el volante
- Portagafas
- Computador a bordo multifuncional\*\*
- Sensor de reversa (ultrasonido) visual y sonoro de obstáculos con indicador de distancia\*\*
- Puertas recubiertas en cuero\*\*
- Volante en cuero\*\*
- Volante ajustable en altura
- Palanca de cambios en cuero\*\*
- Manijas exteriores cromadas\*\*
- Radio CD-MP3- 4 parlantes y 2 tweeters
- Puerto USB + AUX
- Bluetooth\*\*
- Aire acondicionado silencioso de alto desempeño\*
- Aire acondicionado dual electrónico\*\*
- Explosoras
- Doble farola halógena
- Spoiler trasero\*\*
- Cubre equipaje\*\*

**Figura 2.** Ficha técnica Kia Sportage R 2019

Fuente: (KIA, 2019)

### 2.7.2. Orden de trabajo

Según Tavarez (2000) establece que:

Las Ordenes de Trabajo (OT) son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posee etc., sin embargo, existe una serie de datos comunes en cualquier ramo industrial o de servicios, que deben estar presentes en este instrumento de información, como: el número consecutivo, el tipo de la actividad de mantenimiento, la prioridad, los registros de historial, si los instrumentos de supervisión actuaron correctamente o no, si la intervención perjudicó la producción, el período de indisponibilidad del equipo y la duración real del mantenimiento.

(pág. 44)

<b>ORDEN DE TRABAJO</b>			Nº
PRIORIDAD:		CUENTA Nº	
REQUERIDO POR:	APROBADO POR:	FECHA:	
EQUIPO:			
DESCRIPCION DEL PROBLEMA:			
SUPERVISOR:		SECCION:	FECHA:
MATERIAL Y HERRAMIENTAS ESPECIALES NECESARIAS:			
COORDINADO POR:		DEPARTAMENTO:	
Nº DE ORDEN DE IMPEDIMENTO DE LA OPERACION:		TIEMPO:	FECHA:
REGRESO A OPERACION: FECHA		HORA:	SUPERVISOR:
SERVICIO VERIFICADO: <input type="checkbox"/>		RESPONSABLE	
SUMARIO DEL SERVICIO EJECUTADO:			
FECHA DE TERMINACION DEL SERVICIO:			HORA:
COMENTARIOS SOBRE EL PROBLEMA:			
Horas-hombre estimadas	Horashombre reales	Nombres	Comentarios relativos al consumo de Horas-hombre

**Figura 3.** Modelo orden de trabajo

Fuente: (Tavarez, 2000, pág. 45)

### 2.7.3. Check list – Comprobación sistemática de actividades

Se considera como formato de control e inspección rápida, que garantiza el control de calidad de las actividades que se han realizado en un mantenimiento, en caso de no cumplir con alguna actividad o no este dentro del marco de calidad no puede pasar el vehículo al área de entrega.

10K		DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES	OK	NA	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
			✓	na	KM	KM	KM	KM	KM	KM	KM	KM	KM	KM	
REEMPLAZAR	<b>MOTOR</b>														
		ACEITE Y FILTRO DE ACEITE DE MOTOR.			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
		JUNTA TÓRICA DEL TAPÓN DEL CARTER.			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
		FILTRO DE AIRE DEL MOTOR.			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
		FILTRO DE COMBUSTIBLE.			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
		CORREA DE DISTRIBUCIÓN Y TENSOR.													100
		CORREA DE ACCESORIOS Y TENSOR.													100
		LUBRICANTE DE LA TRANSMISIÓN MANUAL.			20					70					
		LUBRICANTE DE LA TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA.						50							100
		<b>SUSPENSIÓN, DIRECCIÓN, FRENSOS Y NEUMÁTICOS</b>													
		LUBRICANTE DEL EJE DELANTERO (DIFERENCIAL - SÓLO PARA VEHÍCULOS 4X4) Y EL LUBRICANTE DEL EJE TRASERO (DIFERENCIAL).													100
		LUBRICANTE DE LA CAJA DE TRANSFERENCIA (SÓLO PARA VEHÍCULOS 4X4).											80		
		LÍQUIDO DE FRENSOS/EMBRAGUE. (EMBRAGUE - SÓLO VEHÍCULOS M/T).					30			60				90	
		GRASA DEL ANILLO DE RETENCIÓN DEL CARDÁN.						40						80	
		GRASA Y RETENES DE LOS RODAMIENTOS DE RUEDA DELANTEROS SIEMPRE QUE SE EFECTUÉ UNA REPARACIÓN QUE IMPLIQUE DESMONTAR EL CUBO DE RUEDA.						40						80	
	<b>CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO</b>														
	FILTRO DE HABITÁCULO.				10		30		50		70		90		
10K		MANTENIMIENTO 10K - INSPECCIONES Y CONTROLES	OK	NA	NOK	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
			✓	na	x	KM	KM								
INSPECCIONAR, AJUSTAR, LUBRICAR, COMPLETAR, CORREGIR O RESETEAR	<b>MOTOR Y TRANSMISIÓN</b>														
		SOPORTES DEL MOTOR Y SISTEMA DE ESCAPE.						30		60			90		
		MANGUERAS Y TUBERÍAS DE ACEITE, DE COMBUSTIBLE Y DE ADMISIÓN DE AIRE.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		CORREAS DE ACCESORIOS Y TENSOR DINÁMICO.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	
		RESPIRADERO DEL DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE.						30		60			90		
		LÍQUIDO REFRIGERANTE/ANTICONGELANTE.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		TUBERÍAS Y CONEXIONES DE LA TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		TRANSMISIÓN, EJE TRASERO, EJE DELANTERO (DIFERENCIAL - SÓLO PARA VEHÍCULOS 4X4) Y CAJA DE TRANSFERENCIA (SÓLO PARA VEHÍCULOS 4X4).				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		LUBRICANTE DE LA TRANSMISIÓN MANUAL.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		LUBRICANTE DE LA TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	
		LUBRICANTE DEL EJE DELANTERO (DIFERENCIAL - SÓLO PARA VEHÍCULOS 4X4).				10	20	30	40	50	60	70	80	90	
		LUBRICANTE DEL EJE TRASERO (DIFERENCIAL).				10	20	30	40	50	60	70	80	90	
		LUBRICANTE DE LA CAJA DE TRANSFERENCIA (SÓLO PARA VEHÍCULOS 4X4).				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		<b>SUSPENSIÓN, DIRECCIÓN, FRENSOS Y NEUMÁTICOS</b>													
		LÍQUIDO DE LA DIRECCIÓN HIDRÁULICA.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		MANGUERAS Y CONEXIONES DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENSOS.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		SISTEMA DE DIRECCIÓN Y TODOS SUS COMPONENTES EN CUANTO A JUEGOS, FUGAS Y TORSIÓN DE LOS TORNILLOS.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		SISTEMA DE SUSPENSIÓN Y TODOS SUS COMPONENTES EN CUANTO A JUEGOS, FUGAS Y TORSIÓN DE LOS TORNILLOS.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		NEUMÁTICOS Y RUEDA DE AUXILIO (DESGASTE, AVERÍAS, PRESIÓN CON UN MANÓMETRO, Y PAR DE APRIETE DE LAS TORNILLOS/TUERCAS DE FLUJACIÓN).				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		LÍQUIDO DE FRENO/EMBRAGUE.				10	20		40	50		70	80		100
		LIMPIEZA Y REGULACIÓN DE FRENSOS TRASEROS Y EL ESTADO DE LOS CUBOS DE RUEDA TRASEROS.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		FRENO DE ESTACIONAMIENTO.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		CINTAS Y TAMBORES DE FRENO.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		PASTILLAS Y DISCOS DE FRENO.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		TORNILLOS DE FLUJACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL BASTIDOR DEL CHASIS.								50					100
		LAS JUNTAS DESLIZANTES DE LOS ÁRBOLES PROPULSORES (CARDÁN), LA GUÍA DEL CABLE DE FRENO DE ESTACIONAMIENTO Y LAS ARTICULACIONES DE LOS BRAZOS DEL PEDAL DE FRENO Y EMBRAGUE.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		<b>CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO</b>													
		SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y CALEFACCIÓN.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		<b>CARROCERÍA</b>													
		BISAGRAS, TOPES, BURLETES, GUIAS DE ASIENTO, CERRADURAS DE LAS PUERTAS, TAPA DE CAJA DE CARGA Y CAPO DEL MOTOR.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		CINTAS, HEBILLAS Y TORNILLOS DE FLUJACIÓN DE LOS CINTURONES DE SEGURIDAD EN CUANTO A LA CONDICIÓN DE CONSERVACIÓN, TORSIÓN Y FUNCIONAMIENTO.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		CARROCERÍA Y PARTE INFERIOR DEL PISO EN CUANTO A DAÑOS EN LA PINTURA O CORROSIÓN.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		ESCOBILLAS DEL LIMPIALAVIA PARABRISAS.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		<b>SISTEMAS ELÉCTRICOS/ELÉCTRONICOS</b>													
		CÓDIGOS DE AVERÍA, UTILIZANDO "MIL" "DTC".				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	BATERÍA, SISTEMA DE ARRANQUE Y CARGA.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
	SISTEMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN Y SEÑALIZACIÓN.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
	VIDA ÚTIL DEL LUBRICANTE DEL MOTOR (LUEGO DE HABER EFECTUADO EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO 10K).				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
	<b>PRUEBA DINÁMICA</b>														
	EFFECTUAR PRUEBA DINÁMICA. SE REALIZA SI LA SITUACIÓN LO APERMITA.				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	

Figura 4. Orden de trabajo manual - control de actividades en el mantenimiento

Fuente: (Chevromax, 2019)

## **2.8. Mantenimiento**

Como afirma Tavarez (2000) “Todas las acciones necesarias para que un equipo, obra o instalación sea conservado o restaurado de modo que permanezca de acuerdo con una condición específica” (pág. 21)

### **2.8.1. Mantenimiento preventivo**

“Todos los servicios de inspecciones sistemáticas, ajustes, conservación y eliminación de defectos, buscando evitar fallas” (Tavarez, 2000, pág. 21)

### **2.8.2. Mantenimiento preventivo por tiempo**

“Servicios preventivos preestablecidos a través de una programación (preventiva sistemática, lubricación, inspección o rutina), definidos en unidades calendario (día, semana) o en unidades no calendario (horas de funcionamiento, kilómetros recorridos etc.)” (Tavarez, 2000, pág. 21)

### **2.8.3. Kit de reemplazo**

Es un equipo de sustitución con iguales características de construcción (mismo fabricante, mismo tipo, mismo modelo) para cada uno de los elementos originales pertenecientes a los conjuntos de equipos del vehículo, que permiten ejecutar una función de una instalación,

pertenecientes al mantenimiento preventivo por tiempo de repuestos e insumos. (Jarrin & Mena, 2019, pág. 31)

#### **2.8.4. Repuesto**

“Pieza o parte de un vehículo destinada a substituir otra que realiza una función análoga, para eliminar un defecto o avería, o bien para mejorar las prestaciones. En general, el término se toma como sinónimo de recambio” (MotorGiga, 2012)

#### **2.8.5. Costo de mantenimiento**

Está compuesto por cinco elementos (personal, material, terceros, depreciación y pérdida/reducción en la facturación), cada uno de ellos con tres subdivisiones (costos directos, costos indirectos y costos administrativos); difícilmente es hecha esta composición, limitándose las empresas a considerar dos o tres elementos (personal, material y eventualmente terceros) y de igual manera, una de dos de sus subdivisiones (costos directos y eventualmente costos indirectos) (Tavarez, 2000, pág. 35)

#### **2.8.6. Mano de obra disponible**

Se entiende, como mano de obra disponible de un órgano de ejecución del mantenimiento, el resultado de las horas -hombre efectivas, o sea, el producto del número de empleados de ese órgano por el número de horas trabajadas (normales y extras), menos el número de horas-hombre no presentes por motivo de vacaciones, enfermedad, servicio en otras unidades de

la empresa, capacitación externa, accidente o cualquier otro motivo autorizado o no, que haya provocado la ausencia del personal. (Tavarez, 2000, pág. 50)

## **2.9. Costo de combustible vs costo de energía eléctrica**

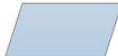
El investigador de Nissan, Heinz Finke, indica que al comparar los modelos Nissan Leaf (eléctrico) y Nissan Tiida (de gasolina) que son equivalentes en peso y dimensiones hay un 75% en el costo energético a favor del modelo eléctrico. Para recorrer 100 kilómetros, el auto que funciona con electricidad necesita 15,5 kilovatios hora (kWh). Esta energía tiene un costo de USD 1,20, con una tarifa de USD 0,08 por kilovatio por hora (kWh). En cambio, en el modelo de gasolina el usuario pagará USD 5,10 por el mismo recorrido de 100 km, considerando el uso de gasolina súper y que el auto tiene un rendimiento de 40 kilómetros por galón. Finke presentó un estudio de la marca que señala que, en cuanto al mantenimiento, el usuario del vehículo eléctrico tiene un ahorro del 55% al comparar ambos modelos, durante los primeros 100 000 kilómetros de recorrido. (Araujo, 2015)

## **2.10. Herramientas de registro y análisis**

### **2.10.1. Gráfica del proceso operativo**

Se utilizan dos símbolos para construir la gráfica del proceso operativo: un pequeño círculo representa una operación y un pequeño cuadrado representa una inspección. Una operación se lleva a cabo cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente, o cuando se estudia o se planea antes de que se realice cualquier trabajo productivo endicha

parte. Una inspección se realiza cuando la parte es examinada para determinar su cumplimiento con un estándar. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 25)

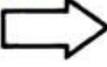
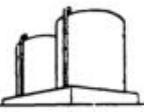
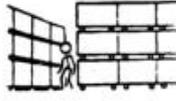
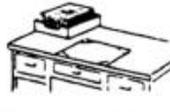
Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

**Figura 5.** Símbolos de un diagrama de flujo

Fuente: (Manene, 2011, pág. 3)

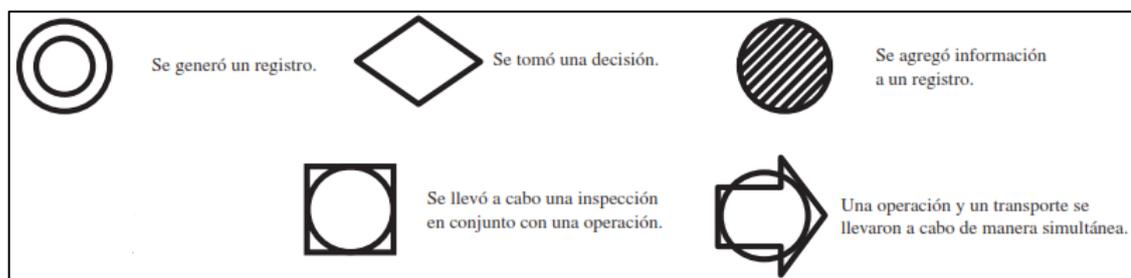
### 2.10.2. Diagrama de flujo del proceso

El diagrama de flujo del proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. Una vez que estos periodos no productivos se identifican, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 26)

<b>Operación</b>  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
<b>Transporte</b>  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
<b>Almacenamiento</b>  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
<b>Retrasos</b>  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
<b>Inspección</b>  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

**Figura 6.** Símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME

Fuente: (Niegel & Freivalds, 2009, pág. 28)



**Figura 7.** Símbolos no estándares de los diagramas de procesos

Fuente: (Niegel & Freivalds, 2009, pág. 28)

El diagrama de flujo del proceso, de la misma forma que el diagrama de procesos operativos, no es el final en sí mismo; es sólo un medio para llegar al final. Esta herramienta facilita la eliminación o reducción de los costos ocultos de un componente. Puesto que el diagrama de flujo muestra clara- mente todos los transportes, retrasos y almacenamientos, la información que ofrece puede dar como consecuencia una reducción en la cantidad y la duración de estos elementos. Asimismo, puesto que las distancias se encuentran registradas en el diagrama de flujo del proceso, este diagrama es excepcionalmente valioso para mostrar cómo puede mejorarse la distribución de una planta. (Niegel & Freivalds, 2009, pág. 28)

Ubicación: Dorben Ad Agency		Resumen			
Actividad: Preparación de anuncios por correo directo		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Fecha 1-26-98		Operación	4		
Operador: J.S.    Analista: A. F.		Transporte	4		
Encierre en un círculo el método y tipo apropiados		Retrasos	4		
Método: <u>Presente</u> Propuesto		Inspección	0		
Tipo: <u>Trabajador</u> Material Máquina		Almacenamiento	2		
Comentarios:		Tiempo (min)			
		Distancia (pies)	340		
		Costo			
Descripción de los eventos	Símbolo	Tiempo (en minutos)	Distancia (en pies)	Recomendaciones al método	
Quarto con la existencia de materiales	○ ○ D □				
Hacia el cuarto de recopilación	○ ● D □ ▽		100		
Ordenar los estantes por tipo	○ ○ ● D □ ▽				
Ordenar cuatro hojas	● ○ D □ ▽				
Apilar	○ ○ ● D □ ▽				
Hacia el cuarto de doblado	○ ● D □ ▽		20		
Empujar, doblar, rayar	● ○ D □ ▽				
Apilar	○ ○ ● D □ ▽				
Colocar la engrapadora	○ ● D □ ▽		20		
Poner la grapa	● ○ D □ ▽				
Apilar	○ ○ ● D □ ▽				
Hacia el cuarto del correo	○ ● D □ ▽		200		
Colocar la dirección	● ○ D □ ▽				
A la bolsa del correo	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				
	○ ○ D □ ▽				

Figura 8. Diagrama de flujo de proceso para la preparación de correo directo

Fuente: (Niegel & Freivalds, 2009, pág. 29)

### 2.10.3. Diagrama de flujo o recorrido

Niebel & Freivalds (2009) afirman que:

El diagrama de flujo o recorrido es una representación gráfica de la distribución de los pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo del proceso. Cuando los analistas elaboran un diagrama de flujo o recorrido, identifican cada actividad mediante símbolos y números correspondientes a los que aparecen en el diagrama de flujo del proceso. La dirección del flujo se indica colocando pequeñas flechas periódicamente a lo largo de las líneas de flujo. (pág. 29)

Diagrama de flujo del proceso				Resumen			
Ubicación: Dorben Co.				Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Actividad: Inspección en campo de LUX				Operación	7		
Fecha: 4-17-97				Transporte	6		
Operador: T. Smith		Analista: R. Ruhl		Retrasos	2		
Encierre en un círculo el método y tipo apropiados				Inspección	6		
Método: <input type="radio"/> Presente <input type="radio"/> Propuesto				Almacenamiento	0		
Tipo: <input type="radio"/> Trabajador <input type="radio"/> Material <input type="radio"/> Máquina				Tiempo (min)	32.60		
Comentarios				Distancia (pies)	375		
				Costo			
Descripción de los eventos		Símbolo	Tiempo (en minutos)	Distancia (en pies)	Recomendaciones al método		
Bajarse del vehículo, caminar hacia la puerta frontal, tocar el timbre.		○ → D □ ▽	1.00	75	Llamar a casa con antelación para reducir la espera.		
Esperar, entrar a la casa.		○ → D □ ▽					
Caminar hacia el depósito en el campo.		○ → D □ ▽	.25	25			
Desconectar el depósito de la unidad.		○ → D □ ▽	.35				
Inspeccionar si hay abolladuras, rupturas en el envoltorio, vidrio roto o hardware faltante.		○ → D □ ▽	1.25		Esto puede hacerse mientras se camina de regreso al vehículo.		
Limpiar la unidad con un limpiador y desinfectante aprobado.		○ → D □ ▽	2.25		Esto puede hacerse de una manera más eficiente en el vehículo.		
Regresar al vehículo con el tanque vacío.		○ → D □ ▽	1.00	75			
Quitar el seguro del vehículo, colocar el tanque vacío en su base y conectar el hardware.		○ → D □ ▽	1.75				
Abrir la válvula; comenzar a llenar.		○ → D □ ▽	.25				
Esperar a que se llene el tanque.		○ → D □ ▽	12.00		Limpiar la unidad mientras se está llenando.		
Verificar que el humidificador funcione correctamente.		○ → D □ ▽	.5		Eliminar. No es necesario hacer esto dos veces.		
Verificar la presión (indicador).		○ → D □ ▽	.2				
Verificar el contenido del tanque (indicador).		○ → D □ ▽	.2				
Regresar con el paciente con el tanque lleno.		○ → D □ ▽	1.10	100			
Conectar al tanque lleno.		○ → D □ ▽	1.00				
Verificar que el humidificador funcione correctamente.		○ → D □ ▽	.75				
Esperar al paciente para retirar la cánula nasal o máscara facial.		○ → D □ ▽	2.00				
Instalar una nueva cánula nasal o máscara facial.		○ → D □ ▽	2.50				
Verificar los flujos del paciente.		○ → D □ ▽	2.25				
Colocar la etiqueta con la inspección inicial y la fecha.		○ → D □ ▽	1.00		Llevar a cabo esta tarea mientras la unidad se está llenando.		
Regresar al vehículo.		○ → D □ ▽	1.00	100			

Figura 9. Diagrama del flujo de proceso para la inspección en campo LUX

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 30)

## **2.11. Procedimiento sistemático para la medición de trabajo**

“Las etapas dentro de la medición del trabajo son:

- ❖ Selección de trabajo
- ❖ Registrar la información
- ❖ Examinar la tarea
- ❖ Cronometraje y medición” (Cruelles, 2013, pág. 502)

## **2.12. Estudio de tiempos**

### **2.12.1. Requerimientos de estudios de tiempos**

Si se requiere un estándar de un nuevo trabajo, o de un trabajo antiguo en el que el método o parte de él se ha alterado, el operario debe estar completamente familiarizado con la nueva técnica antes de estudiar la operación. Además, el método debe estandarizarse en todos los puntos en que se use antes de iniciar el estudio. A menos que todos los detalles del método y las condiciones de trabajo se hayan estandarizado, los estándares de tiempo tendrán poco valor y se convertirán en una fuente continua de desconfianza, resentimientos y fricciones internas. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 328)

### **2.12.2. Equipo para el estudio de tiempos**

“El equipo mínimo requerido para realizar un programa de estudio de tiempos incluye un cronómetro, un tablero de estudio de tiempos, las formas para el estudio y una calculadora de

bolsillo. Un equipo de videograbación también puede ser muy útil” (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 329)

### **2.12.3. Métodos generales para medir el tiempo estándar**

“Éstos pueden determinarse mediante el uso de estimaciones, registros históricos y procedimientos de medición del trabajo” (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 327)

#### ***a) Estimación***

En el pasado, los analistas confiaban más en las estimaciones como un medio de establecer estándares. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que ningún individuo puede establecer estándares consistentes y justos sólo con ver un trabajo y juzgar el tiempo requerido para terminarlo. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 327)

#### ***b) Registros históricos***

(...) los estándares de producción se basan en los registros de trabajos similares, realizados anteriormente. En la práctica diaria, el trabajador perfora una tarjeta en un reloj o dispositivo recolector de datos cada vez que inicia un nuevo trabajo y la perfora otra vez después de terminar el trabajo. Esta técnica indica cuánto tiempo tomó en realidad realizar un trabajo, pero no cuánto debió haber tardado. Algunos trabajos incluyen retrasos personales, inevitables y evitables en un grado mucho mayor que lo que deben, mientras que otros no incluyen proporciones adecuadas de tiempos de retraso. Los datos históricos

contienen desviaciones consistentes hasta de 50% en la misma operación del mismo trabajo. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 327)

***c) Tabla de datos normalizada***

De acuerdo a Cruelles (2013):

Esta técnica se emplea para medir tiempos de trabajo en la empresa, utilizando para ellos tablas de datos creadas en la propia compañía, a partir de situaciones típicas que se han ido recopilando a lo largo de la historia de la empresa. Especialmente se describe las operaciones que son comunes a muchas de las tareas que se efectúan en la organización. Con estas tablas se puede calcular los tiempos estándar para trabajos nuevos o para modificar los tiempos ya existentes que reflejan cambios producidos en los procesos de trabajo. (Jarrin & Mena, 2019, pág. 40)

***d) Sistema de tiempos predeterminado***

Los estándares de tiempo establecidos con precisión hacen posible incrementar la eficiencia del equipo y el personal operativo, mientras que los estándares mal establecidos, aunque es mejor tenerlos que no tener estándares, conducen a costos altos, inconformidades del personal y posible- mente fallas de toda la empresa. Esto puede significar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un negocio. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 327)

*e) Muestreo*

Este método requiere tomar un número grande de observaciones aleatorias, por lo que se necesita sólo tiempo parcial o un servicio intermitente del observador. Cuando se aplica este método no se usa cronómetro, puesto que el observador sólo camina por el área en estudio en momentos aleatorios y anota brevemente lo que hace cada operario. (Niegel & Freivalds, 2009, pág. 367)

*f) Cronometraje*

Consiste en la toma de tiempos con cronómetro de cada operación corrigiendo el tiempo obtenido mediante la apreciación de la actividad, es decir el desempeño con el que el operario ha llevado a cabo dicha operación. Para analizar el tiempo que se invierte en realizar un trabajo, se deben realizar diversas mediciones a varias personas a distintas horas de la jornada, de esta forma se abarcará todas las posibilidades que pueden ofrecer las operaciones. Antes de usar el cronómetro, el analista deberá realizar una visualización previa de la tarea objeto de estudio, con el fin de poder definir claramente el hito inicial y el hito final de cada operación que compone la tarea. (Cruelles, 2013, pág. 501)

#### **2.12.4. Posición del observador**

El observador debe estar de pie, no sentado, unos cuantos pies atrás del operario, de manera que no lo distraiga o interfiera con su trabajo. Los observadores de pie se pueden mover con mayor comodidad y seguir los movimientos de las manos del operario mientras

éste lleva a cabo el ciclo de trabajo. Durante el curso del estudio, el observador debe evitar cualquier conversación con el operario, ya que esto podría distraerlo o modificar las rutinas.

(Niebel & Freivalds, 2009, pág. 334)

#### **2.12.5. Inicio del estudio**

“Al inicio del estudio se registra la hora del día (en minutos completos) de un reloj “maestro” al mismo tiempo que se inicia el cronómetro. (Se supone que todos los datos se registran en la forma de estudio de tiempos.)” (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 335)

Se puede usar una de dos técnicas para registrar los tiempos elementales durante el estudio

##### ***a) Método de regreso a cero***

“(…) después de leer el cronómetro en el punto de quiebre de cada elemento, el tiempo del reloj se regresa cero; cuando ocurre el siguiente elemento, el tiempo se incrementa a partir de cero” (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 335)

##### ***b) Método de tiempo continuo***

“(…) permite que el cronómetro trabaje durante todo el estudio. En este método, el analista lee el reloj en el punto de quiebre de cada elemento y se deja que el tiempo siga corriendo” (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 335)

### 2.12.6. Ciclos de estudio

Como la actividad de una tarea y su tiempo de ciclo influyen el número de ciclos que se pueden estudiar, desde el punto de vista económico, el analista no puede estar completamente gobernado por la práctica estadística común que demanda cierto tamaño de muestra basado en la dispersión de las lecturas individuales del elemento. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 340)

**Tabla 8.**  
*Número recomendado de ciclos de observación*

<b>Tiempo de ciclos (Minutos)</b>	<b>Número recomendado de ciclos</b>
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00 – 5.00	15
5.00 – 10.00	10
10.00 – 20.00	8
20.00 – 40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 340)

### 2.12.7. Calificación del desempeño

En el sistema de calificación del desempeño, el observador evalúa la efectividad del operario en términos del desempeño de un operario calificado que realiza el mismo elemento. El valor de la calificación se expresa como un decimal o un porcentaje y se asigna al elemento observado. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 343)

Un operario calificado se define como un operario completamente experimentado que trabaje en las condiciones acostumbradas en la estación de trabajo, a un paso ni demasiado rápido ni demasiado lento, pero representativo de un paso que se puede mantener a lo largo del día. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 343)

#### *a) Calificación de la velocidad*

Es un método de evaluación del desempeño que considera sólo el ritmo de trabajo por unidad de tiempo. En este método, el observador compara la eficacia del operario con el concepto de un operario calificado que hace el mismo trabajo, y después asigna un porcentaje para indicar la razón del desempeño observado sobre el desempeño estándar. (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 357)

**Tabla 9.**  
*Guía para calificar la velocidad*

Calificación	Puntos anclas verbales	Velocidad de caminata (mph)	Cartas repartidas por ½ minuto
0	Sin actividad	0	0
67	Muy lento, torpe	2	35
100	Firme, deliberado	3	52
133	Activo, negociable	4	69
167	Muy rápido, alto grado de destreza	5	87
200	Límite superior por un periodo corto	6	104

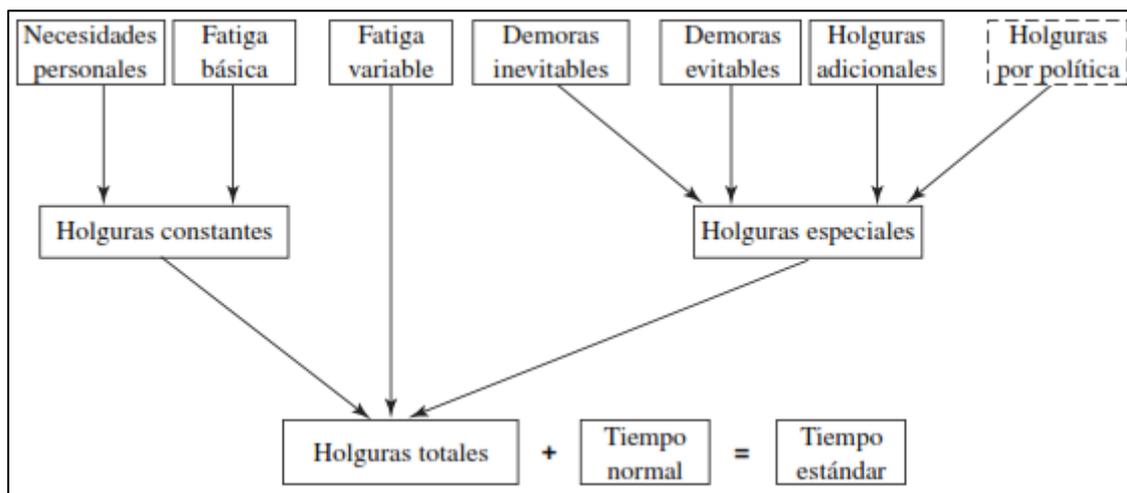
Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 358)

#### **2.12.8. Suplementos u holguras**

Las lecturas con cronómetro de un estudio de tiempos se toman a lo largo de un periodo relativamente corto. Por lo tanto, el tiempo normal no incluye las demoras inevitables, que

quizá ni siquiera fueron observadas, así como algunos otros tiempos perdidos legítimos. En consecuencia, los analistas deben hacer algunos ajustes para compensar dichas pérdidas.

(Niebel & Freivalds, 2009, pág. 366)



**Figura 10.** Tipos de holgura

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

“Entre 5% de holgura por necesidades personales y 4% de holgura por fatiga básica, la mayor parte de los operarios tienen 9% de holgura inicial constante, a la que se pueden agregar otras holguras, si es necesario” (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 367)

**Tabla 10.**  
*Consideración de todos los suplementos existentes*

Suplementos de descanso	Cantidad
Necesidades personales	5%
Fatiga	4%
Estar de pie	2%
<b>Total, suplementos de descanso</b>	<b>11%</b>
Suplementos por imprevistos	Cantidad
Imprevistos	2%
<b>Total, suplementos por imprevistos</b>	<b>2%</b>
Suplementos por inicio y fin de la jornada	Cantidad

**CONTINÚA** ➡

Inicio y fin de la jornada	3%
<b>Total, Suplementos generales</b>	<b>16%</b>

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 371)

### 2.12.9. Tiempo observado

“Tiempo elemental de un ciclo, que se obtiene ya sea de manera directa o con la resta de observaciones sucesivas” (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 560)

### 2.12.10. Tiempo normal

“Tiempo que se requiere para que un operario estándar realice una operación cuando trabaja a paso estándar, sin demoras por razones personales o por circunstancias inevitables” (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 560)

$$TN = TO \times \left( \frac{C}{100} \right)$$

**Ecuación 1.** Fórmula para calcular el tiempo normal

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 561)

Donde:

$TN =$  tiempo normal

$TO =$  tiempo observado

$C =$  calificación del desempeño del operario, se expresa como porcentaje

Se puede utilizar la siguiente fórmula para obtener el tiempo normal a partir de registros históricos

$$TN = \frac{To + (4 \times Tm) + Tp}{6}$$

**Ecuación 2.** Fórmula de tiempo normal para registros históricos

Fuente: (Cruelles, 2013, pág. 497)

Donde:

*To = tiempo optimista*

*Tm = tiempo modal*

*Tp = tiempo pesimista*

### **2.12.11. Tiempo estándar**

“Valor en unidades de tiempo para realizar una tarea, determinado con la aplicación correcta de las técnicas de medición del trabajo por personal calificado” (Niegel & Freivalds, 2009, pág. 560)

“Se determina sumando el tiempo asignado a cada uno de los elementos u operaciones que componen la tarea afectados por el correspondiente suplemento de descanso fijo y variable, y la proporción de tarea frecuenciales” (Cruelles, 2013, pág. 491)

$$TE = TN \times (1 + S)$$

**Ecuación 3.** Fórmula para calcular el tiempo estándar

Fuente: (Cruelles, 2013, pág. 491)

Donde:

$TE =$  tiempo estándar

$TN =$  tiempo normal

$S =$  suplemento ó holgura

En la siguiente figura se puede apreciar cómo se realiza un estudio de tiempos desde la selección del trabajo.

Forma para observación de estudio de tiempos											Estudio núm: 14			Fecha: 3/15/			Página 1 de 2																										
											Operación: FUNDICIÓN POR PRESIÓN			Operador: RAIN BOW			Observador: D. ROCHE																										
Núm. de elemento y descripción	1 TOMAR Y COLOCAR FUNDICIÓN EN SOPORTE PRENSAR 2 PARTES				2 ABRIR SOPORTE, GIRAR PARTE 90°, COLOCAR EN 2o. SOPORTE				3 ACOPLAR ALIMENTADOR, ABRIR SOPORTE, QUITAR PARTE				5-1 LIMPIAR ESTACION DE TRABAJO				5-2 PERFORAR				5-3 PREPARAR TOPE EN SOPORTE				5-4 PERFORAR TARIETA DE PRODUCCIÓN																		
	Nota	Ciclo	C	LC	TO	TN	C	LC	TO	TN	C	LC	TO	TN	C	LC	TO	TN	C	LC	TO	TN																					
	1																																										
	2		62	12		78	16		88	10				132	132		50		415	233		330	125																				
	3		64	16		21	17		30	9																																	
	4		43	13		59	16		70	11																																	
	5		28	15		44	21		58	9																																	
	6		21	13		41	20		51	14																																	
TE CON LA FUNDICIÓN	7		30	13		46	16		57	11																																	
	8		20	13		33	18		41	14																																	
	9		15	13		32	17		40	8																																	
	10		52	12		68	16		78	10																																	
	11		22	14		36	20		46	12																																	
	12		38	14		56	18		66	10																																	
	13		81	15		102	19		111	11																																	
	14		25	14		41	16		50	9																																	
	15		63	13		80	17		91	11																																	
	16		22	14		34	19		41	10																																	
	17		50	16		69	19		83	14																																	
	18																																										
<b>Resumen</b>																																											
TO total		2.07				2.85				1.74				1.32				.50				2.33				1.35																	
Calificación		110				110				110				110				110				110				110																	
TN total		2.277				3.135				1.914				1.452				.550				2.563				1.485																	
Núm. de observaciones		15				16				16				1				1				1				1																	
TN promedio		.152				.196				.120				1.452				.550				2.563				1.485																	
% de holgura		12				12				12				12				12				12				12																	
Tiempo estándar elemental		.170				.219				.134				1.626				.616				2.867				1.663																	
Núm. de ocurrencias		1				1				1																																	
Tiempo estándar		.170				.219				.134																																	
<b>Tiempo estándar total (suma del tiempo estándar para todos los elementos):</b>																						<b>.523</b>																					
<b>Elementos extraños</b>											<b>Verificación de tiempos</b>											<b>Resumen de holguras</b>																					
Sim	LC1	LC2	TO	Descripción																	Tiempo de terminación		2:39.00		Necesidades personales				5														
A	670	813	143	HABLÓ CON SUPERVISOR.																	Tiempo de inicio		2:25.00		Fatiga básica				4														
B																					Tiempo transcurrido		14.00		Fatiga variable				3														
C																					TTAE		0		Especial				-														
D																					TTDE		.17		% de holgura total				12														
E																					Tiempo verificado total		.17		<b>Observaciones: TIEMPO ESTÁNDAR POR PIEZA SIN TIEMPO DE PREPARACIÓN</b>																		
F																					Tiempo efectivo		12.10																				
G																					Tiempo inefectivo		1.43																				
<b>Verificación de calificación</b>											Tiempo registrado total		14.00																														
Tiempo sintético																					Tiempo no contabilizado		0																				
Tiempo observado																					% de error de registro		0																				

Figura 11. Estudio de tiempos con calificación global

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009, pág. 341)

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO DE LA PROPUESTA DE PROGRAMACIÓN PARA EL SERVICIO POST VENTA PARA EL VEHÍCULO ELÉCTRICO e5 DE LA MARCA BYD**

#### **3.1. BYD e-Motors**

Es una empresa destinada a la comercialización de vehículos 100% eléctricos, brindando asesoría antes y después de la compra, dentro de sus principales ventas está la primera flota eléctrica en Loja que es la segunda más grande de Sur América.

Actualmente no posee el servicio de post venta, pero cuenta con alianzas estratégicas que permite garantizar un correcto mantenimiento de sus unidades en funcionamiento.

#### **3.2. Modelo comercializado**

Vehículo eléctrico BYD e5, es un auto 100% eléctrico, que gracias a su alto nivel de tecnología elimina la emisión de gases nocivos a la atmósfera, esto tiene un efecto positivo en la salud de las personas, además cuida el medio ambiente. La movilidad eléctrica ayuda a que el aire sea más puro.

El motor del taxi eléctrico de BYD es totalmente silencioso por lo que se reducen los impactos de la contaminación acústica, a diferencia de los motores que funcionan con

combustibles. Logrando que la movilidad eléctrica, sea una forma de desplazarse totalmente respetuosa y limpia. (BYD e-Motors Ecuador, 2018)

### 3.3. Clientes

(...) la “Plataforma del Migrante Loja”, conformado por personas que por la crisis económica se vieron obligados especialmente en los últimos 20 años, a salir del país a buscar oportunidades de trabajo, pero que retornaron al Ecuador, a través del plan de retorno de migrantes, promovido por el Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana. Hicieron una petición que exponía, el interés de este grupo de ciudadanos, de obtener la autorización correspondiente para emprender en una actividad laboral, brindando servicio de taxi en la ciudad de Loja, utilizando vehículos 100% eléctricos. (Jaramillo, 2019)

“La compañía “ELECTRI LOJA ECOLOSUR S.A” está conformada por 51 accionistas, los mismos que brindan servicio de taxi con 16 vehículos marca KIA modelo SOUL EV y 35 vehículos marca BYD modelo e5” (Jaramillo, 2019)



**Figura 12.** Flota eléctrica BYD en la ciudad de Loja

Fuente: (BYD e-Motors Ecuador, 2018)



**Figura 13.** Ubicación Geográfica vehículos eléctricos BYD y electrolinera en Loja

Fuente: (León & Salinas, 2018)

### 3.4. Adquisición de los vehículos eléctricos

Para la compra de los vehículos eléctricos en la ciudad de Loja, se analizó una base legal, la misma que se detalla a continuación y permite la libre circulación de los autos mencionados.

**Tabla 11.**

*Análisis para la adquisición de vehículos eléctricos en la ciudad de Loja*

Tema	Categoría de unidad de análisis
Base legal	Constitución de la República del Ecuador. Artículos: 14, 15, 264, 395, 413 y 414.
	Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización COOTAD. Artículo 55.
	Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Artículo 30.4, 57 y 86.
	Reglamento de aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Artículo 73, 82, 118, 119, 293 y 294.
	Ordenanza Municipal Nro. 038 - 2016 " Que crea y regula el servicio de Taxi Ecológico Eléctrico.
	Ordenanza Municipal Nro. Nro. 018 - 2015 y Nro. 029-2015 que define la Tarifa de Taxi en el Cantón Loja.
	Resoluciones No. 073-DIR-2014-ANT y Nro. 106-DIR-2015-ANT que definen la Metodología para la fijación de tarifas del Taxi Convencional.
Resolución No. 027-DIR-2016-ANT "Cuadro de Vida útil para vehículos de transporte terrestre público y comercial".	

**CONTINÚA** 

---

Resoluciones No. 006-B-DIR-2009-CNTTTSV, Nro. 68-DIR-2012-ANT y Nro. 53-DIR-2015-ANT relacionadas al Reglamento de Transporte Comercial de Pasajeros en Taxi con servicio Convencional y con servicio Ejecutivo.

Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021: Objetivo 5, Política 5.7.

Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica: Artículos 12, 74, 75 y 76.

Decreto Ejecutivo Nro. 371 (19/04/2018): Adopción de la Agenda 2030. Objetivo 7.

Resoluciones 097-DIR-2016, 068-DIR-2017 y NACDSGRDI18-0000064 que presentan el listado de Vehículos Homologados en el Ecuador para el servicio de taxi.

---

Nota: La tabla en mención fue ajustada, acorde a las necesidades de estudio

Fuente: (Jaramillo, 2019)

### **3.5. Beneficios de la compra de los vehículos eléctricos**

#### **3.5.1. Beneficio ambiental**

En la ciudad de Loja según su Municipio (2018) mencionan que en sus calles:

“(…) circulan 1722 taxis, de los cuales 1671 tienen motor a gasolina, si estos se renovaran a vehículos eléctricos, se disminuiría cada año en 22572 Toneladas la emisión de CO<sub>2</sub>”  
(Jaramillo, 2019)

#### **3.5.2. Beneficio gubernamental**

Mediante la Resolución 009-2015, del Comité de Comercio Exterior (Comex), se resolvió:

Exonerar de todo tipo de gravamen a la importación de vehículos eléctricos que posean un valor de hasta \$35000, esto se traduce en 0 % de aranceles, 0 % de impuestos a los consumos especiales, 0 % del IVA, 0 % del impuesto verde. Adicionalmente se dará crédito tributario para el impuesto del 5% a la salida de divisas producidas por importación de vehículos eléctricos. (León & Salinas, 2018, págs. 75-74)

En 2015, La Agencia de Regulación y Control de Electricidad aprobó el “esquema tarifario” para que los dueños de esos vehículos accedan a un sistema tarifario asequible entre las 22:00 y las 08:00.

### **3.5.3. Beneficio municipal**

El muy Ilustre Municipio de Loja, acepto la petición del grupo de migrantes y aprobó 50 cupos para vehículos 100% eléctricos.

En la ciudad de Guayaquil la ATM genero un incentivo, para los dueños de taxis que quieren cambiarse a esta tecnología, dando un bono de 2000,00 dólares, al igual que el muy Ilustre Municipio de Guayaquil que apoyara con la misma cantidad, es decir aquella persona que desee adquirir este vehículo tendrá un bono de 4000,00 dólares.

### **3.5.4. Electrolineras**

En Loja, como parte de la segunda etapa de la implementación de taxis 100% eléctricos BYD e-Motors Ecuador, instalo una electrolinera, con dos dispositivos de carga rápida, en la misma que se puede recargar 25 KWh en 25 minutos a un costo de \$2.70 dólares.

En Guayaquil, BYD e-Motors Ecuador como parte de sus estrategias de ventas y atención al cliente:

Invertirá 600.000 dólares en la electrolinera que estará operativa en octubre de este año. Son 20 puntos de carga que servirán a los 20 buses BYD que ya ruedan en Guayaquil y que fueron adquiridos por la operadora SAUCINC y a los 100 taxis eléctricos que la ciudad tendrá en los próximos meses. (BYD e-Motors Ecuador, 2019)



**Figura 14.** Electrolinera en la ciudad de Loja

Fuente: (BYD e-Motors Ecuador, 2018)

### **3.6. Financiamiento**

En la ciudad de Loja los socios de la compañía, contaron con la ayuda de la Corporación Nacional Financiera (CFN), quienes otorgaron créditos a una tasa del 10%.

En la siguiente tabla se puede apreciar el financiamiento del vehículo por parte de esta entidad.

**Tabla 12.**  
*Financiamiento por parte de la CFN*

<b>Característica</b>	<b>BYD e5</b>
Precio Exonerado de impuestos	\$ 34900
Financiamiento CFN	70%
Plazo de Financiamiento	5 años
Cuota mensual	\$ 525

Nota: La información fue adaptada acorde a datos de la investigación  
Fuente: (Jaramillo, 2019)

### **3.7. Servicio post venta**

#### **3.7.1. Talleres de servicio**

Actualmente la empresa BYD e-Motors no cuenta con talleres propios de mantenimiento preventivo y correctivo, pero cuenta con alianzas estratégicas quienes se encargan del mantenimiento de los vehículos en funcionamiento.

Existen talleres autorizados en la ciudad de Quito, Loja y Guayaquil, donde existe la mayor demanda de los servicios de mantenimiento.

En Loja el taller autorizado se encuentra en la Av. 8 de Diciembre y Guayaquil.

Estos talleres han sido seleccionados debido a su trayectoria en el mercado nacional, a su vez cumple con estándares de calidad, personal calificado, instalaciones adecuadas y una gran gama de herramientas modernas, para brindar un servicio de calidad y que satisfaga las necesidades de sus potenciales clientes.

### **3.7.2. Repuestos e insumos**

La empresa BYD e-Motors Ecuador, importa sus unidades de China específicamente de la ciudad de Guangzhou, donde se encuentra la ensambladora matriz, al momento de realizar dicha acción, la productora de estos vehículos envía los repuestos necesarios para que sus productos adquiridos puedan tener un adecuado mantenimiento y prolongar la vida útil de los mismos.

Dentro de los insumos son productos que se encuentra en el mercado ecuatoriano, de esta manera se impulsa la economía del país.

### **3.7.3. Personal técnico**

Al momento de realizar la visita de campo se evidenció, la capacidad y habilidad del personal que labora en los talleres autorizados por BYD (Alianzas Estratégicas) y se puede afirmar que es personal calificado en cuanto se refiere a vehículos MCI, con respecto a los autos eléctricos aún hay un desconocimiento en cuanto a la estructura del mismo, principalmente en lo que refiere al sistema de propulsión y baterías de alta tensión.

Según Jaramillo (2019) “(...) los propietarios de los vehículos BYD e5 exponen sus dudas y preocupación con respecto al servicio de mantenimiento y consideran que aún falta perfeccionar al personal”

Esta información se corrobora con la observación de los procesos de mantenimiento y la obtención de datos de tiempo y distancia que se realizó en los talleres antes mencionados.

### 3.8. Planificación del servicio post venta

Como BYD e-Motors Ecuador, hasta el momento no cuenta con un taller propio se propone lo siguiente:

- ❖ Cálculo de áreas operativas y de apoyo para un taller propio.
- ❖ Propuesta de diseño de formatos para el servicio post venta.

#### 3.8.1. Cálculo de áreas operativas y de apoyo para un taller propio

Para realizar este cálculo se necesita una estimación de vehículos mínimo que van utilizar los servicios ofertados por BYD, los mismos que están repartidos en áreas de mecánica rápida, mecánica especializada y colisiones, si estimamos que los vehículos existentes en Loja visitan el taller una vez al mes en las tres áreas antes mencionadas tendremos un flujo de 420 vehículos al año, con este dato partimos para el cálculo además se utilizó los apuntes de clase de Organización de Talleres Automotrices impartidas por (Quiroz, 2016) en los anexos 1 – 6 se evidencia las fórmulas utilizadas para el caso.

En el anexo 7 se comprueba que la zona operativa y de apoyo está en el rango del 55-60% y 40 - 45% respectivamente en la suma del área total.

**Tabla 13.**

*Número de bahías y operarios necesarios para el taller propuesto*

Área	VA	VM	VD	HV	HD	HDT	EE	EO	ON	OR
Mecánica Rápida	420	35,00	1,59	1,3	2,07	8	0,75	6	0,34	1
Mecánica Especializada	420	35,00	1,59	6,4	10,18	8	0,75	6	1,70	2

**CONTINÚA** 

Colisiones	420	35,00	1,59	12,7	20,20	8	0,82	6,56	3,08	3
								<b>Total</b>	5,12	6

Dentro del área de colisiones se reparte de la siguiente manera:

**Tabla 14.**  
*Reparto del área de colisiones en bahías*

COLISIONES	OR
Mecánica	1
Latonería	1
Pintura	1

Teniendo el número de bahías necesarias se procede a realizar el cálculo de las áreas operativas y de apoyo teniendo en cuenta el área por bahía, mediante sus dimensiones, las mismas que se pueden apreciar en los anexos antes mencionados, además se añadirá una bahía exclusiva para alineación y balanceo.

**Tabla 15.**  
*Cálculo del área operativa*

Bahía	Puestos de trabajo	Área (m <sup>2</sup> )	Total (m <sup>2</sup> )
Servicio Rápido	1	21,00	21,00
Mecánica	1	21,00	21,00
Mecánica Latonería	1	21,00	21,00
Enderezada	1	22,75	22,75
Cabina - Pintura	1	33,75	33,75
Lavadero	1	31,50	31,50
Calidad	1	21,00	21,00
Recepción	1	25,00	25,00
Alineación - Balanceo	1	21,00	21,00
Sub Área total			218,00
Área de circulación 50%			109,00
<b>Área Operativa</b>			<b>327,00</b>

Calculado el área operativa se procede a calcular el área de apoyo

**Tabla 16.**  
*Cálculo área de apoyo*

<b>Lugar</b>	<b>%</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>
Servicios y Vestuario	4	327,00	13,08
Oficinas	10	327,00	32,70
Almacén	8	327,00	26,16
Parqueo	30	327,00	98,10
Zona de espera	10	327,00	32,70
Áreas verdes	4	327,00	13,08
Proyección	15	327,00	49,05
Entrega	10	327,00	32,70
<b>Sub total Área de Apoyo</b>			<b>297,57</b>

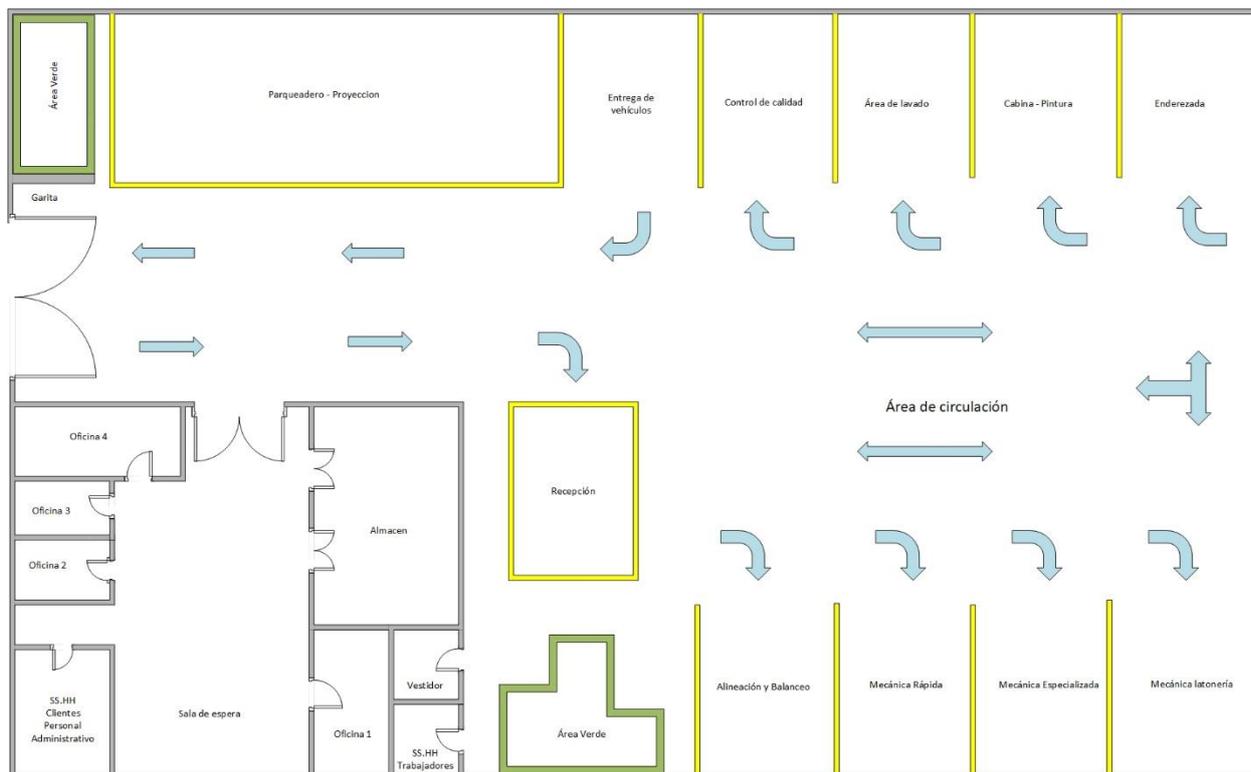
Para el cálculo del área total necesaria, se suma el área operativa más la de apoyo.

**Tabla 17.**  
*Cálculo área necesaria*

<b>Área</b>	<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>
Operativa	327,00
Apoyo	297,57
Total de área	624,57
<b>Área necesaria</b>	<b>700</b>

Como conclusión de este cálculo, se necesita un área de 700 m<sup>2</sup>, para que funcione el área operativa y de apoyo correctamente, el espacio de proyección puede ser utilizado también como pulmón si una bahía se encuentra ocupada o como parqueadero.

La distribución de las áreas puede ser de la siguiente forma:



**Figura 15.** Distribución del taller propuesto

### 3.8.2. Formatos

Como parte del servicio post venta del vehículo eléctrico BYD e5 se va adecuar y proponer los siguientes formatos, partiendo de los formatos actuales.

- ❖ Ficha técnica
- ❖ Orden de trabajo
- ❖ Comprobación sistemática de actividades (Check-List)
- ❖ Control de calidad
- ❖ Facturación
- ❖ SCI (Índice de satisfacción del cliente)

a) *Ficha técnica*

Se realizó una propuesta para una nueva ficha técnica con mayor detalle, partiendo de la que se encuentra en la página oficial de la empresa BYD e-Motors Ecuador, que se visualiza en el anexo 8.

FICHA TÉCNICA VEHÍCULO ELÉCTRICO BYD e5 - 400				
	Marca:	BYD		
	Modelo:	e5 - 400		
	Número de identificación (VIN):			
	Placa:			
	Año de fabricación:			
	Según su categoría:	M		
	Clase:	M1		
	Autonomía:	400 km/carga		
Tracción:	Delantera			
Motor Eléctrico				
Tipo de motor:	AC Sincrónico	Torque (Nm):		310
Familia y modelo:	BYD-2217TZ-XS-B	Velocidad máxima (Km/h):		130
Potencia máxima:	160 KW (214 HP)			
Batería				
Voltaje (V):	604.8	Amperaje (A):		120
Numero de celdas:	168	Capacidad:		60.5 KWh
Transmisión				
Marca:	BYD			
Modelo:	BYDNT31-4			
Tipo:	Transmisión automática controla electrónicamente			
Número de marchas:	3 (Drive, Neutro y Retro)			
Relación de transmisión:	Neutro a drive	Neutro a retro		
	3.16	3.16		
Relación final de transmisión:	9.35			
Tracción:	4x2 Delantera			
Lubricación:	Cantidad:	Viscosidad:		
Dirección				
Tipo:	Electro asistida			
Descripción:	Rack y piñón con asistencia eléctrica, motor independiente que proporciona la potencia de asistencia.			
Suspensión				
Delantera:	McPherson puntal de suspensión independiente			
Posterior:	McPherson puntal de suspensión independiente			
Frenos				
Delanteros	Marca:	Xiayi County Huaihai Foundry Co.		
	Tipo de accionamiento:	Hidráulico		
Posteriores	Marca:	Xiayi County Huaihai Foundry Co.		

CONTINÚA 

	Tipo de accionamiento:	Hidráulico	
De Estacionamiento	Marca:	Xiayi County Huaihai Foundry Co.	
	Tipo de accionamiento:	Hidráulico	
Sistemas Adicionales	Tipo de accionamiento:	Sistema ABS, freno regenerativo	
Neumáticos			
Rin de los neumáticos	205/55/16	Numero de neumáticos:	5 incluido el neumático de emergencia
Dimensiones			
Longitud total (mm):	4680	Voladizo posterior (mm):	1035
Ancho total (mm):	1765	Trocha eje delantero (mm):	1525
Alto total (mm):	1500	Trocha eje posterior (mm):	1520
Distancia entre ejes (mm):	2660	Altura mínima al suelo (mm):	120
Voladizo delantero (mm):	985	Radio de giro (mm):	5300
Pesos y Capacidades			
Peso bruto vehicular [PBV] (kg):	2275		
Peso en vacío (kg):	1900		
Capacidad de carga (kg):	425		
Capacidad volumétrica del maletero (L):	450		
Economía de combustible (Km/KWh)	6.75		
Capacidad de pasajeros, de pie y sentados (incluye chofer):	5 pasajeros		

**Figura 16.** Ficha técnica propuesta vehículo Eléctrico BYD e5

❖ Ficha técnica del vehículo equipado con MCI

La ficha del vehículo KIA RIO R, se modificó en función a sus sistemas, a partir de la ficha que se encuentra en la página oficial de KIA MOTORS ECUADOR, como se puede visualizar en el anexo 9.

FICHA TÉCNICA VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN INTERNA - KIA RIO R			
	Marca:	KIA	
	Modelo:	RIO R	
	Número de identificación (VIN):	KNADMA12A H609XXX2	
	Placa:	PCW - 5X5X	
	Año de fabricación:	2017	
	Según su categoría:	M	
	Clase:	M1	
	Autonomía:	40 km/galón	
	Tracción:	Delantera	
<b>Motor</b>			
Combustible:	Gasolina	Numero de válvulas:	16
Tipo:	91 octanos	Potencia (Hp/rpm):	100/6000
Alimentación:	Inyección electrónica multipunto	Torque (Kg*m/rpm):	13,5/4000
Número y disposición de cilindros:	4 cilindros en línea	Potencia máxima (Hp/rpm):	107/6300
Cilindraje:	1396 cc.	Torque máximo (Kg*m/rpm):	13,8/4200
Lubricación:	<b>Cantidad:</b> 4 Lts.	<b>Viscosidad:</b> 10 W 30	
<b>Transmisión</b>			
Tipo de transmisión:	Manual		
Velocidades:	6		
Lubricación:	<b>Cantidad:</b> 3 Lts.	<b>Viscosidad:</b> 75 W 80	
<b>Dirección</b>			
Tipo:	Hidráulico		
Lubricación:	<b>Cantidad:</b> 1 ½ Lts.	<b>Calidad:</b> ATF	
<b>Embrague</b>			
Tipo:	Monodisco		
Accionamiento:	Hidráulico		
<b>Suspensión</b>			
Delantera:	McPherson		
Posterior:	Eje rígido		
<b>Neumáticos</b>			
Rin de neumáticos:	185/65/R15		
Cantidad de neumáticos:	5 incluidos la llanta de emergencia		
<b>Frenos delanteros</b>			
Tipo:	Discos ventilados		
Accionamiento:	Hidráulico		
<b>Freno posterior</b>			
Tipo:	Tambor		
Accionamiento:	Mecánico con asistencia hidráulica		
<b>Sistema de combustible</b>			
Capacidad del tanque (L):	45		
<b>Sistema eléctrico</b>			
Voltaje (V):	12		
Número de baterías:	1		
<b>Dimensiones</b>			
Largo total (mm):	4365		
Ancho total (mm):	1720		
Altura total (mm):	1455		
Distancia entre ejes (mm):	2570		



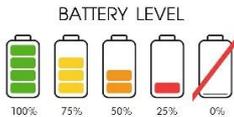
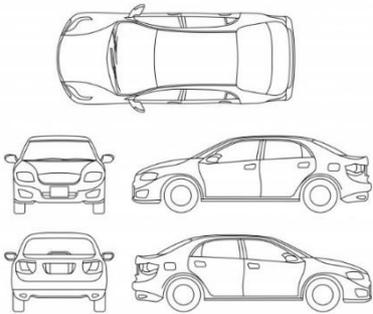
**CONTINÚA** 

Banda de rodadura (mm):	Delantera:		Posterior:
	1521		1521
Voladizo (mm):	Delantero:		Posterior:
	815		985
Espacio delantero para (mm):	Piernas:	Cabeza:	Hombros:
	1112	1015	1350
Espacio posterior para (mm):	Piernas:	Cabeza:	Hombros:
	790	955	1324
Distancia mínima al suelo (mm):	140		
Peso (Kg):	1099		
Baúl (dm <sup>3</sup> )	493		
<b>Confort</b>			
Aire acondicionado:	Si incluye en el modelo		
Asientos delanteros:	Con ajuste en altura solo conductor, con ajuste manual		
Asientos traseros:	Abatibles completos		
Tapicería:	Tela		
Cierre de puertas:	Centralizado con comando a distancia		
Vidrios accionamiento:	Delanteros:	Posteriores:	
	Eléctricos	Eléctricos	
Espejos:	Exterior:	Interior:	
	Eléctricos	Antideslumbrante manual	
Faros delanteros:	Con luces led, fijos		
Faros antiniebla:	Delanteros		
Computadora de a bordo:	Sí		
Aros:	Magnesio		
Volante:	Con ajuste en altura, multifunción		
<b>Seguridad</b>			
ABS:	Sí		
Airbags:	Conductor y acompañante		
Alarma e inmovilizador de motor:	Sí		
Cinturones de seguridad:	Retractiles e inerciales de 3 puntos		
Tercera luz de stop:	Sí		

**Figura 17.** Ficha técnica del vehículo de combustión interna propuesta

### **b) Orden de trabajo**

Se realizó una propuesta para una nueva orden de trabajo acorde a las características del vehículo eléctrico para una fácil comprensión de las operaciones de mantenimiento.

 <b>BYD AUTO</b> <i>Build Your Dreams</i>		
<b>ORDEN DE TRABAJO NO. 00001</b>		
<b>Datos del cliente:</b>		
Nombre:	C.I.:	
E-mail:	Fecha:	
Dirección:	Telf.:	
<b>Datos del vehículo:</b>		
Marca:	Modelo:	Color:
Placa:	VIN:	Año
<b>Forma de pago:</b>		
Efectivo <input type="checkbox"/> Tarjeta de Crédito <input type="checkbox"/> ; Cuál? _____ <input type="checkbox"/> Crédito		
<b>Mantenimiento:</b>		
Intermedio: _____ Km	20 <input type="checkbox"/> 40 <input type="checkbox"/> 60 <input type="checkbox"/> 80 <input type="checkbox"/> 100 <input type="checkbox"/> 120 <input type="checkbox"/> (KmX1000)	
<b>Descripción de averías:</b>		
<hr/> <hr/>		
<b>Inventario:</b>		
	Radio (Funcionando)	Plumas
	Perillas	Espejos exteriores
	Calefacción	Extintor
	A/C	Emblema Delantero
	Encendedor	Tapa del líquido refrigerante
	Antena	Tapa del limpiaparabrisas
	Cenicero	Molduras laterales
<b>Otros:</b>	Espejos interiores	Tapa cubos
	Bocina (Funcionando)	Emblema posterior
	Gata (Hidr. /Mec.)	Emblema modelo
	Llave de ruedas	Neumático de emergencia
	Botiquín	Herramientas
<b>Seleccione abolladuras o rayones</b>	Triángulos	Forros de asiento
	<p>1. Autorizo realizar los trabajos, usar los insumos y repuestos necesarios para reparar las fallas o daños descritas en esta orden de trabajo. 2. Autorizo a realizar una prueba de ruta fuera del taller para verificar el correcto funcionamiento de mi vehículo. 3. Me comprometo a cancelar el costo total del mantenimiento realizado en mi vehículo.</p>	
	<b>Datos del asesor de servicio:</b>	
	Nombre:	
	Fecha de entrega:	Hora:
Presupuesto estimado:		
<b>Firmas de responsabilidad:</b>		
Transporte alternativo:	Taxi	Alquiler
<hr/> Asesor de servicio		<hr/> Cliente

**Figura 18.** Orden de trabajo propuesta

c) Check list

Como parte de la mejora de formatos, tenemos el Check List, en el cual se detalla de una manera rápida las actividades de mantenimiento necesarias para el kilometraje del vehículo.

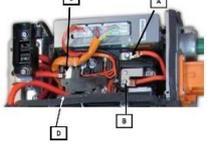
<span style="color: blue;">●</span> <b>Revisado estado OK</b>		<span style="color: blue;">▲</span> <b>Requiere revisión futura</b>		<span style="color: blue;">■</span> <b>Requiere Revisión inmediata</b>																									
<b>Revisión de desgaste en el centro de banda de rodamiento y presión de llantas</b>				<b>Revisión de desgaste de disco y pastillas</b> ❖ Espesor del disco inferior a 33 mm requiere reemplazo																									
<b>Llanta delantera izquierda</b> <input type="radio"/> Mayor a 7 mm <input type="radio"/> Entre 3 y 7 mm <input type="radio"/> Menor a 3 mm Presión <input type="text"/> Psi	<b>Llanta delantera derecha</b> <input type="radio"/> Mayor a 7 mm <input type="radio"/> Entre 3 y 7 mm <input type="radio"/> Menor a 3 mm Presión <input type="text"/> Psi	<b>Llanta posterior izquierda</b> <input type="radio"/> Mayor a 7 mm <input type="radio"/> Entre 3 y 7 mm <input type="radio"/> Menor a 3 mm Presión <input type="text"/> Psi	<b>Llanta posterior derecha</b> <input type="radio"/> Mayor a 7 mm <input type="radio"/> Entre 3 y 7 mm <input type="radio"/> Menor a 3 mm Presión <input type="text"/> Psi	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="background-color: #fff9c4;">Pastillas delanteras</th> <th style="background-color: #fff9c4;">Pastillas posteriores</th> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> Mayor a 5 mm</td> <td><input type="radio"/> Mayor a 5 mm</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> Entre 3 y 5 mm</td> <td><input type="radio"/> Entre 3 y 5 mm</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> Menor a 3 mm</td> <td><input type="radio"/> Menor a 3 mm</td> </tr> </table> 	Pastillas delanteras	Pastillas posteriores	<input type="radio"/> Mayor a 5 mm	<input type="radio"/> Mayor a 5 mm	<input type="radio"/> Entre 3 y 5 mm	<input type="radio"/> Entre 3 y 5 mm	<input type="radio"/> Menor a 3 mm	<input type="radio"/> Menor a 3 mm																	
Pastillas delanteras	Pastillas posteriores																												
<input type="radio"/> Mayor a 5 mm	<input type="radio"/> Mayor a 5 mm																												
<input type="radio"/> Entre 3 y 5 mm	<input type="radio"/> Entre 3 y 5 mm																												
<input type="radio"/> Menor a 3 mm	<input type="radio"/> Menor a 3 mm																												
				<b>Revisión de baterías</b>																									
					<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Switch ON/OFF</td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td></tr> <tr><td>Soportes</td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td></tr> <tr><td>Bracket</td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td></tr> <tr><td>Bornes</td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td></tr> <tr><td>Carcasa</td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td></tr> <tr><td>SOC</td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td></tr> </table>	Switch ON/OFF	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Soportes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Bracket	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Bornes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Carcasa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	SOC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Switch ON/OFF	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																										
Soportes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																										
Bracket	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																										
Bornes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																										
Carcasa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																										
SOC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																										
				<b>Revisión parabrisas</b>																									
					<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Deposito liquido</td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td></tr> <tr><td>Plumas</td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td></tr> <tr><td>Mecanismo</td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td></tr> <tr><td>Parabrisas</td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td></tr> <tr><td>Mandos</td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td><td><input type="radio"/></td></tr> </table>	Deposito liquido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Plumas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mecanismo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Parabrisas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mandos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				
Deposito liquido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																										
Plumas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																										
Mecanismo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																										
Parabrisas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																										
Mandos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																										
<b>Revisión de luces</b>				<b>Revisión de niveles y fugas</b>																									
Luces diurnas Luces bajas Luces medias Luces altas Luces direccionales Luces de parqueo Luces de placa	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Luces de retro Luces de freno Luces antiniebla Luces medias posteriores Luces inferiores Luces de la cajuela Luces del habitáculo	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Líquido refrigerante máx. /min. Refrigerante motor Refrigerante batería Radiador Mangueras refrigerantes Cañerías alta presión A/C Cañerías baja presión A/C	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Aceite de la caja	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>																						
<b>Revisión interior</b>																													
Check Tablero Mandos de marchas Claxon Funcionamiento de sistema frenos Funcionamiento sistema A/C Velocímetro	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Cinturones de seguridad Asiento piloto Asientos acompañantes Inspecciones cabeceras de los asientos Estado de las ventanas Estado del parabrisas posterior	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Manejillas de las puertas Accionamiento subir/bajar ventanas Luz en todo el tablero Estado de las rejillas de aire Seguro de las puertas	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>																								
<b>Revisión visual conexiones eléctricas High Voltage</b>			<b>Revisión inferior</b>																										
V2g1 Motor eléctrico tren de potencia Motor eléctrico para sistema A/C Módulo 3 en 1 Modulo distribuidor de corriente Sockets y arnés Puerto de carga Switch de mantenimiento	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>		Terminales de la dirección Rotulas de la dirección Barra estabilizadora Estado de los bujes Amortiguadores Resorte helicoidal Rodamientos de la punta del eje	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>																									
Observaciones: ..... ..... .....		Control de calidad: Se realizó el trabajo sugerido por el cliente. Se entregó los repuestos reemplazados al cliente. Se realizó una prueba de ruta con el jefe de mantenimiento.		Firmas de responsabilidad: ..... Jefe de Mantenimiento ..... Cliente																									

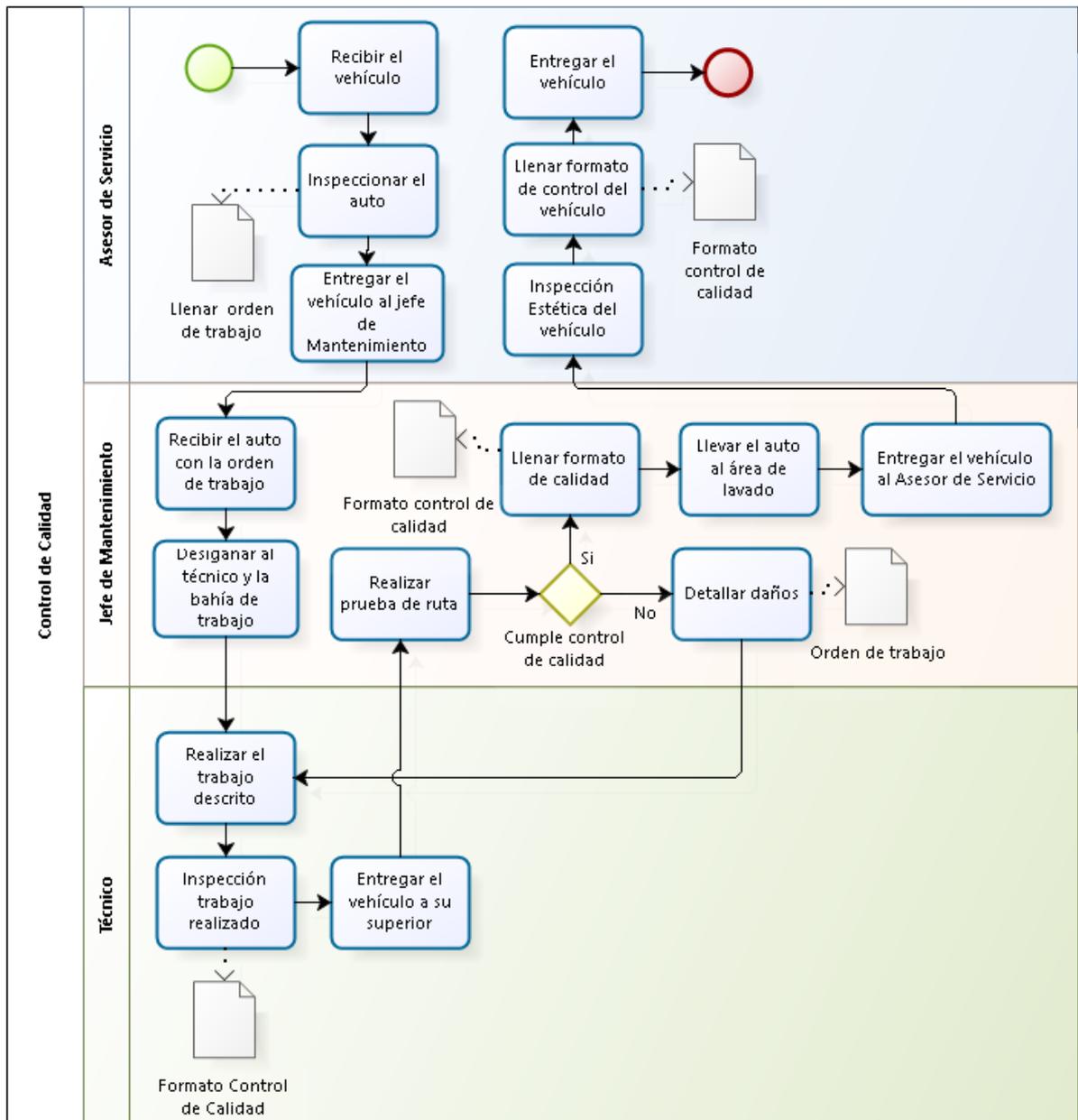
Figura 19. Check list BYD e5 propuesto

#### *d) Control de calidad*

En este proceso interviene, el asesor de servicio, jefe de mantenimiento y el técnico a cargo del mantenimiento, cada persona ejecuta una tarea específica de control con el fin de eliminar cualquier desperfecto, cuando el cliente llegue por el mantenimiento de su vehículo.

- ❖ Asesor de servicio, recibe el vehículo, examina el estado del mismo y llena la orden de trabajo que posteriormente entregara al jefe de mantenimiento.
- ❖ Jefe de mantenimiento recibe la orden de trabajo, designa un técnico, lleva el auto a la bahía disponible para ejecutar el mantenimiento, entrega la orden al técnico y explicará el mantenimiento.
- ❖ Técnico recibirá y ejecutará el mantenimiento que se describe la orden, considerando el adecuado uso de insumos además solicitará los repuestos necesarios, una vez terminado el mantenimiento dará aviso a su superior.
- ❖ Jefe de mantenimiento llevará el vehículo al control de calidad, ejecutará una prueba de ruta, si el auto cumple con todos los estándares de calidad, pasará al área de lavado y de ahí al área de entrega, caso contrario regresará a la bahía para su corrección.
- ❖ Asesor de servicio realizará una última inspección del automotor, verificando que se haya cumplido con todo lo solicitado por el cliente y que el carro se encuentre bien estéticamente.

En base a lo mencionado anteriormente se presenta el siguiente diagrama de flujo:



**Figura 20.** Proceso control de calidad

A continuación, se presenta un formato de control de calidad, acorde a las actividades que debe realizar el Asesor de Servicio, Jefe de Mantenimiento y el técnico:

<b>CONTROL DE CALIDAD</b>					
<b>ASESOR DE SERVICIO</b>					
<i>Inspección en la recepción del vehículo</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Inspección en la recepción del vehículo</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>
Plumas			Retrovisor lateral izquierdo		
Llaves			Retrovisor lateral derecho		
Herramientas			Tapa puerto de carga		
Emergencia			Tuercas Ruedas		
Extintor			Componentes del cargador		
Triángulos			Pistola de carga		
Llave de ruedas			Pantalla		
Espejo interior			Soporte de cargador		
Manejillas de las puertas			Carcasa de cargador		
Abolladuras en el vehículo			Switch de stop		
<b>JEFE DE MANTENIMIENTO</b>					
<i>Pre inspección de mantenimiento</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Pre inspección de mantenimiento</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>
Ajuste de freno de estacionamiento			Sistema de aire acondicionado		
Sistema de suspensión y dirección			Tren motriz por fugas de aceite		
Sistemas de frenos por fugas o daños			Llantas desgaste, presión		
Carga de la batería y bornes			Sistema de refrigeración		
Inspección visual pastillas y discos de freno					
<b>TÉCNICO</b>					
<i>Actividad</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Actividad</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>
Ejecutar el mantenimiento según la orden			Entregar los repuestos e insumos utilizados		
<b>JEFE DE MANTENIMIENTO</b>					
<i>Actividad después del mantenimiento</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Actividad después del mantenimiento</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>
Revisar que no exista fugas en el vehículo			Conexiones eléctricas HIGH VOLTAGE		
Revisar niveles de:			V2g1		
Líquido de freno			Motor eléctrico tren de potencia		
Líquido refrigerante motor			Motor eléctrico compresor de aire		
Líquido refrigerante batería alta tensión			Módulo 3 en 1		
Comprobar el torque en las tuercas y pernos			Modulo distribuidor de corriente		
Funcionamiento de la alarma			Sockets y arnés		
Revisar luces:			Puerto de carga		
Luces altas, medias y bajas			Switch de mantenimiento		
Luces de parqueo					
Direccional izquierda y derecha					
Luz de retro					
Luz de la cajuela y del habitáculo					
<b>ASESOR DE SERVICIO</b>					
<i>Inspección de entrega</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Inspección de entrega</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>
Espejos, retrovisor interno (fijación, operación/eléctricos)			Aire Acondicionado A/C (Enfriar)		
Limpieza del vehículo (volante, tablero, asientos)			Se realizó el trabajo solicitado por el cliente		
Alumbrado exterior			Se ha colocado la tarjeta indicadora del próximo mantenimiento		
Cinturón de seguridad (apriete/ fijación)			se encuentra los accesorios en el vehículo de acuerdo a inventario		

**Figura 21.** Formato control de calidad BYD e5

e) **Facturación**

❖ **Facturación física**

“Instrumento que permite emitir comprobantes de venta autorizados por el SRI. Sirve para respaldar las transacciones efectuadas por los contribuyentes en la transferencia de bienes, por la prestación de servicios o la realización de otras transacciones gravadas con tributos” (SRI, 2019)

Se propone un modelo de factura acorde al anexo 10 ejemplo de facturas por parte del SRI

		Factura																															
BYD e-Motors Ecuador 		<table border="1"> <tr> <td>R.U.C</td> <td>1790xxxxxxxxxx</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Factura</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">NO. 002-001-123456789</td> </tr> <tr> <td>AUT. SRI</td> <td>1234567890</td> </tr> </table>		R.U.C	1790xxxxxxxxxx	Factura		NO. 002-001-123456789		AUT. SRI	1234567890																						
R.U.C	1790xxxxxxxxxx																																
Factura																																	
NO. 002-001-123456789																																	
AUT. SRI	1234567890																																
<i>Dirección Matriz:</i> Av. República del Salvador 10-82 y Av. Naciones Unidas		<i>Fecha de autorización:</i> 01/03/2017																															
<i>SR (ES):</i>		<i>R.U.C/I</i>																															
<i>FECHA DE EMISIÓN:</i>		<i>GUÍA DE REMISIÓN:</i>																															
<i>Cant.</i>	<i>Descripción</i>	<i>P. Unitario</i>	<i>P. Total</i>																														
Valido para su emisión hasta xx/xx/xxxx																																	
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Forma de pago</th> </tr> <tr> <td>Efectivo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dinero Electrónico</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tarjeta de crédito/débito</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td></td> </tr> </table>		Forma de pago		Efectivo		Dinero Electrónico		Tarjeta de crédito/débito		Otros		<table border="1"> <tr> <td>SUB TOTAL 12% IVA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SUB TOTAL 0% IVA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SUB TOTAL EXCENTO DE IVA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SUB TOTAL NO OBJETO DE IVA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DESCUENTO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SUB TOTAL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ICE</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IVA 12%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROPINA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VALOR TOTAL</td> <td></td> </tr> </table>		SUB TOTAL 12% IVA		SUB TOTAL 0% IVA		SUB TOTAL EXCENTO DE IVA		SUB TOTAL NO OBJETO DE IVA		DESCUENTO		SUB TOTAL		ICE		IVA 12%		PROPINA		VALOR TOTAL	
Forma de pago																																	
Efectivo																																	
Dinero Electrónico																																	
Tarjeta de crédito/débito																																	
Otros																																	
SUB TOTAL 12% IVA																																	
SUB TOTAL 0% IVA																																	
SUB TOTAL EXCENTO DE IVA																																	
SUB TOTAL NO OBJETO DE IVA																																	
DESCUENTO																																	
SUB TOTAL																																	
ICE																																	
IVA 12%																																	
PROPINA																																	
VALOR TOTAL																																	
CARLOS ANGEL BOLIVAR MORA /IMPRESA BOLIVAR RUC: 1709876543001/NO. AUTORIZACIÓN 1234 ORIGINAL: ADQUIRIENTE / COPIA: EMISOR		Recibi Conforme																															

**Figura 22.** Modelo de factura propuesto acorde al modelo del SRI

*f) SCI (Customer Satisfaction Score)*

SCI, Índice de satisfacción de cliente en español, muestra la aceptación de un cliente, respecto al trabajo realizado por una empresa, existe diferentes formas de medirlo, la más utilizada es a través de una encuesta con respuestas en escalas que van de 1-3, 1-5 y 1-10, en nuestra cultura entre más rápida sea la encuesta, el encuestado responderá con la verdad y no se molestará en llenar la misma, por ende, se propone un SCI de 1-3 como se observa a continuación.

Índice de satisfacción del Cliente		
Por favor ayúdenos con la siguiente encuesta, queremos ser mejores en nuestros servicios		
1. ¿La forma del sistema de agendamiento cumplió sus requerimientos e inquietudes?	<input type="checkbox"/> Eficiente	<input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Malo
2. ¿La experiencia de atención en la recepción del vehículo fue?	<input type="checkbox"/> Eficiente	<input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Malo
3. ¿El mantenimiento ejecutado en su vehículo, satisface su demanda de servicio?	<input type="checkbox"/> Eficiente	<input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Malo
4. ¿Cómo calificaría el tiempo de entrega de su vehículo?	<input type="checkbox"/> Eficiente	<input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Malo
5. ¿El trato del asesor de servicio en la entrega de su vehículo fue?	<input type="checkbox"/> Eficiente	<input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Malo
6. ¿La facturación fue acorde a las actividades desarrolladas en el servicio?	<input type="checkbox"/> Eficiente	<input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Malo
7. ¿Cómo calificaría el proceso, desde la recepción hasta la entrega de su vehículo?	<input type="checkbox"/> Eficiente	<input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Malo
Tiene tiempo, ayúdenos con la siguiente pregunta		
8. ¿Cómo podemos mejorar nuestro servicio en todas las áreas?	..... ..... ..... .....	

**Figura 23.** Índice de satisfacción del cliente propuesto

### 3.8.3. Mantenimiento

Se considera el mantenimiento propuesto por BYD, en el cual se detalla las actividades que se debe realizar en el vehículo, por kilometraje recorrido o por tiempo de uso, con el fin de prolongar la vida útil del vehículo en todos sus sistemas.

#### *a) Programa de mantenimiento preventivo vehículo eléctrico e5*

Es exclusivo para este modelo de vehículo, establece las revisiones, mensuales trimestrales, semestrales o anuales, por ende, describe el mantenimiento por kilometraje recorrido.

En el manual de mantenimiento preventivo de BYD, establece la siguiente nomenclatura para su mantenimiento:

**Tabla 18.**  
*Significado de las siglas en el mantenimiento*

<b>Sigla</b>	<b>Significado de la sigla</b>
I	Inspeccionar
A	Ajustar
L	Lubricar
C	Limpiar
R	Reemplazar de ser necesario

Nota: Si se encuentra dos siglas en un cajón se realiza las dos actividades mencionadas

Fuente: (BYD, 2019, pág. 169)

En la siguiente tabla se aprecia el plan de mantenimiento preventivo por sistemas del vehículo e5 – 400, el programa de mantenimiento que se encuentra en el manual de uso se puede observar en el anexo 11.

	Marca:	BYD															
	Modelo:	e5 – 400															
	Número de identificación (VIN):	LGXCE6DBXH000XXXX															
	Placa:	LXX – 2X63															
	Año de fabricación:	2017															
	Según su categoría:	M															
	Clase:	M1															
	Autonomía:	400 km															
Tracción:	Delantera																
Programa de mantenimiento preventivo vehículo Eléctrico e5 - 400																	
Conjunto	Servicio de mantenimiento	Por tiempo calendario				Por kilometraje recorrido (Km x 1000) o meses completados											
		Diario	Semanal	Mensual	Anual	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
						6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72
Motor eléctrico	Sistema de refrigeración																
	1. Altura de la superficie del líquido refrigerante en el sub-tanque de agua.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	2. Cambio de refrigerante de accionamiento eléctrico.				I	El cambio de refrigerante orgánico de acción prolongada por cada 4 años o 100000 Km – Se adapta a lo que ocurra primero											
Batería	Batería alta tensión - HIGH VOLTAJE																
	3. Compruebe la bandeja de la batería y la barra de impacto.			A	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A
	4. Ensayo de la capacidad y la calibración.				R	Cada 72000 Km o 6 meses – Se adapta a lo que ocurra primero											
	Sistema eléctrico HIGH VOLTAJE																
	5. Compruebe el código de error del módulo de alta tensión.			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	6. Compruebe el enchufe de conexión o hilos de alta tensión están sueltos.			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	7. Compruebe el aspecto del módulo de alta tensión que tiene la deformación y el derrame de aceite.			I/C	I/C	I	I/C	I	I/C	I	I/C	I	I/C	I	I/C	I	I/C
	8. Compruebe que cada interfaz de conector de carga que tiene materia extraña, erosión, etc.			C	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C
Sistema de transmisión	Sistema de transmisión																
	9. Reemplazo del aceite del engranaje dentro de la transmisión.				I	El primer cambio es a los 24 meses /40000 Km, el seguimiento de 24 meses/48000Km											
	10. Compruebe el conjunto de fuerzas que tiene fugas y choques.			I/A	I/A	I	I/A	I	I/A	I	I/A	I	I/A	I	I/A	I	I/A

**CONTINÚA** 

Carrocería y chasis	Sistema de freno																	
	11.	Compruebe el pedal del freno e interruptor electrónico de estacionamiento.			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	12.	Compruebe las pastillas y disco de frenado.			C	R	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	R
	13.	Compruebe la tubería del sistema de frenado y mangueras flexibles.			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	14.	Pin de guía del conjunto de pinza de frenado.			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	15.	Compruebe el líquido de frenos.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	16.	Cambio del líquido de frenos.					Cada vez por viaje de 2 años o 40000 Km											
	Sistema de dirección																	
	17.	Compruebe el volante y la palanca.			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	18.	Compruebe la cubierta de polvos del eje de transmisión.			C/L	C/L	I	C/L	I	C/L	I	C/L	I	C/L	I	C/L	I	C/L
	19.	Compruebe el pin de bola y la cubierta de polvos.			L	L	I	L	I	L	I	L	I	L	I	L	I	L
	20.	Compruebe si el cojinete de rueda tiene juego de rodamiento			I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R
	21.	Compruebe que si tiene materia extraña o corrosión en el hierro EPS			C	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C
	22.	Compruebe si el conector de EPS este suelto, si el pin de conector es corroído o quemado.			C	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C
	23.	Compruebe si la apariencia de EPS SCU es corroído.			C	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C	I	C
	Sistema de suspensión																	
	24.	Aceite amortiguador.					Sin cambio											
	25.	Compruebe los dispositivos de suspensión delantera y trasera.			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Neumáticos																	
	26.	Compruebe la presión de los neumáticos y de reinicio (Incluyendo TPMS).	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A
	27.	Compruebe el posicionamiento de las ruedas delanteras y posteriores.			I/A	I/A	I	I/A	I	I/A	I	I/A	I	I/A	I	I/A	I	I/A
	28.	Alinear y balancear las ruedas			A	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A
	29.	Cambio de neumáticos.				R	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I
	Sistema alumbrado																	

CONTINÚA 

	30. Compruebe los faros, focos y el led iluminen correctamente.			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	31. Compruebe la función de la regulación de los faros delanteros es normal.			I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A
	32. Calibración inclinada bajo el haz inicial.			I	I	Calibrado una vez cada 10000 Km											
	Sistema Aire Acondicionado																
	33. Filtro de aire acondicionado			R	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R	C	R
	34. Cambio de refrigerante aire acondicionado.				I	El cambio de refrigerante de acción prolongada por cada 4 años o 100000 Km, se adopta a lo que ocurra primero											
	Carrocería y chasis																
	35. Comprobación de la fijación del tornillo del chasis.			A	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A
	36. Compruebe daños del vehículo.				I	Cada año											
37. Compruebe el bloqueo de la cubierta frontal y sus piezas de fijación.				I	Cada año												
Accesorios	Habitáculo																
	38. Limpiaparabrisas			I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R
	39. Retrovisores	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A	I/A
	40. Cinturones de seguridad			I	A	I	I	I	I	I	A	I	I	I	I	I	A
	41. Asientos			I	A	I	I	I	I	I	A	I	I	I	I	I	A
I = Inspeccionar		C = Limpieza			L = Lubricar				A = Ajustar				R = Reemplazar				

**Figura 24.** Programa de mantenimiento preventivo vehículo eléctrico e5

***b) Programa de mantenimiento vehículo con MCI***

Es exclusivo para este modelo de vehículo, establece las revisiones, mensuales trimestrales, semestrales o anuales, por ende, describe el mantenimiento por kilometraje recorrido.

En el manual de mantenimiento preventivo de KIA, establece la siguiente nomenclatura para su mantenimiento:

***Tabla 19.***  
*Significado de las siglas en el mantenimiento del vehículo con MCI*

<b>Sigla</b>	<b>Significado de la sigla</b>
I	Inspeccionar
A	Ajustar
L	Lubricar
C	Limpiar
R	Reemplazar de ser necesario

Nota: Si se encuentra dos siglas en un cajón se realiza las dos actividades mencionadas

Fuente: (KIA, 2018, pág. 480)

En la siguiente tabla se aprecia el plan de mantenimiento preventivo por sistemas del vehículo con MCI, el programa de mantenimiento que se encuentra en el manual de propietario se puede observar en el anexo 12.



Marca:	KIA
Modelo:	RIO R
Número de identificación (VIN):	KNADMA12AH609XXX2
Placa:	PCW - 5X5X
Año de fabricación:	2017
Según su categoría:	M
Clase:	M1
Autonomía:	40 km por galón
Tracción:	Delantera



Programa de mantenimiento preventivo vehículo de combustión interna - KIA RIO R

Conjunto	Servicio de mantenimiento	Por tiempo calendario				Por kilometraje recorrido (Km x 1000) o meses completados																									
		Diario	Semanal	Mensual	Anual	5	10	150	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120		
						4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96		
Motor	Motor																														
	1. Soportes del motor				A	A												A													A
	Sistema de lubricación																														
	2. Nivel y fugas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	3. Aceite y filtro				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Sistema de refrigeración																														
	4. Nivel y fugas de refrigerante	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	5. Refrigerante				R													R													R
	6. Termostato																	I													R
	7. Mangueras				I		I		I		I		I		I		I		I		I		I		I		I		I		R
	8. Ventilador				I/A							I/A						I/A						I/A							I/A
	9. Correas de accesorios				R	I	I	I	I	I	I/A	I	I	I	I	I	I/A	I	I	I	I	I	I/A	I	I	I	I	I	I	I/A	I/A
	Sistema de admisión/escape																														
	10. Válvulas				A													I/A													I/A
	11. Múltiple de admisión y escape				I/A								I/A									I/A									I/A
	12. Filtro de aire				R	R	C	C	R	C	C	R	C	C	R	C	C	R	C	C	R	C	C	R	C	C	R	C	C	R	C
Sistema de alimentación																															
13. Fugas de combustible	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
14. Cuerpo de aceleración				C							C						C						C						C		
15. Inyectores				I/C								I/C									I/C								I/C		
16. Filtro de combustible				R				R				R					R				R			R			R		R		
Embrague	Embrague																														
	17. Nivel y fugas	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	18. Kit de embrague				I																									I	
	19. Juego de pedal				A								I/A									I/A								I/A	
	Transmisión																														
	20. Nivel y fugas de aceite	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
	21. Aceite				R											R								R						R	
	22. Conjunto de la palanca de cambios				I/A																										
	23. Sistema de fijación				A				I/A									I/A						I/A						I/A	
	Eje delantero																														
	24. Mesas y Bujes			I	R	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	R
	25. Axiales y terminales			I	R	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	R
26. Cojinetes y punta del eje			I/L	I/L			L				L				L					L			L				L		R		
27. Palier y fundas				I/L	I	I	I	I	I	L	I	I	I	I	I	L	I	I	I	I	I	I	L	I	I	I	I	I	L		
Eje posterior																															
28. Eje rígido				I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
29. Sistema de fijación				I/A							I/A												I/A							I/A	



### 3.8.4. Kits de reemplazo

Se considera en función del mantenimiento a realizarse, el mismo varía dependiendo el kilometraje o los meses de uso del vehículo y las condiciones de trabajo del auto.

#### a) *Kit de reemplazo vehículo eléctrico BYD e5*

Para establecer el kit de reemplazo, se parte de la figura 24 que establece el programa de mantenimiento preventivo, acorde a las actividades ejecutadas en el mismo, el kit queda de la siguiente forma:

No.	Sistema de mantenimiento	Descripción	Cantidad	Unidad	Código	Marca	Viscosidad	Calidad	Valor	
									Unitario	Total
1.	Sistema de refrigeración	*Refrigerante	2	l	9735.KO	OEM PSA	-	-	18,50	37,00
2.	Batería alta tensión - HIGH VOLTAJE	*Limpiador de contactos	300	ml	SKU 62280	3 EN 1	-	NSF, K1-K3	5,60	5,60
3.	Sistema eléctrico HIGH VOLTAJE	*Desengrasante	1	l	PDS105-198091	D5	-	-	4,25	4,25
4.	Sistema de transmisión	*Aceite de transmisión.	2	l	Gear oil 80W90	Valvoline	80W90	API GL-5	8,40	16,80
5.	Sistema de freno	*Limpiador de frenos	1	l	30565	CRC	-	-	5,60	5,60
		Pastilla de freno delanteras	1	par	911519978A	Brake Pak	-	-	29,66	29,66
6.		Pastillas de freno posteriores	1	par	911519978P	Brake Pak	-	-	161,08	161,08
7.		*Líquido de freno	4	l	8536590101	Wagner	-	DOT 4	5,60	22,40
8.	Sistema de dirección	*Grasa de litio azul	454	gr	f4b57906f271	Abro	-	-	5,00	5,00
10.		*Limpiador de contactos (**)	300	ml	SKU 62280	3 EN 1	-	-		
12.	Sistema Aire Acondicionado	Filtro de aire acondicionado	1	u	5B-812121	Hepa Filter	-	-	13,76	13,76
13.		*Refrigerante aire acondicionado.	680	gr	R134a	Frost	-	-	10,75	10,75
14.	Habitáculo	Pluma limpiaparabrisas principal	1	u	3 397 004 667	Bosch	-	-	14,67	14,67
		Pluma limpiaparabrisas secundaria	1	u	3 397 004 668	Bosch	-	-	21,27	21,27

**CONTINÚA** 

15.	*Líquido limpiaparabrisas	1,2	1	V60-0036	Vaico	-	-	2,29	4,58
Total costo del KIT de Mantenimiento								352,42	
Nota: los insumos se encuentran con un * al inicio de la descripción, se utiliza un solo limpiador de contactos.									

**Figura 26.** Kit de reemplazo vehículo eléctrico BYD e5

**b) Kit de reemplazo vehículo con MCI**

Para establecer el kit de reemplazo del vehículo con MCI, se parte de la figura 25 que establece el programa de mantenimiento preventivo, acorde a las actividades que se deben realizar, el kit se establece de la siguiente manera:

No.	Sistema de mantenimiento	Descripción	Cantidad	Unidad	Código	Marca	Viscosidad	Calidad	Valor USD	
									Unitario	Total
1.	Sistema de lubricación	*Aceite de motor	3,6	l	O33B0001	Total Quartz	5W30	API Service SM	6,53	26,12
2.		Filtro de aceite	1	u	ADG02109	Blue Print	-	-	3,96	3,96
3.	Sistema de refrigeración	*Refrigerante de etilenglicol	5,3	l	O33B0001	Mobil Medic	-	-	3,69	22,14
4.	Sistema de admisión y escape	*Descarbonizador	1	u	900400036	Avencar	-	-	15,25	15,25
5.		Filtro de aire	1	u	AP 197/7	Filtron	-	-	8,58	8,58
6.	Sistema de alimentación	Micro filtros	4	u	9810335380	Bosch	-	-	1,00	4,00
7.		Filtro de combustible	1	u	9F0079	Ridex	-	-	7,05	7,05
8.	Sistema de transmisión	*Aceite de la caja	1,6 - 1,7	l	TOTAL75W80	Total Quartz	75W80	API GL-4	6,50	13,00
9.	Sistema de dirección	Axial	2	u	O33B0001	Febest	-	-	12,99	25,98
10.		Rotulas	2	u	5450322*00	SKF	-	-	10,55	21,10
11.		Terminal Izquierdo	1	u	56820H8000	dys	-	-	12,08	12,08
12.		Terminal Derecho	1	u	56825H8000	dys	-	-	12,08	12,08
13.		*Aceite hidráulico	1,1 - 1,2	l	TOTALATX	Total ATX	-	DEXRON II-D	6,00	12,00
14.		*Grasa de litio Azul	1	u	f4b57906f271	ABRO	-	-	8,00	8,00

CONTINÚA 

15.	Sistema de suspensión	Amortiguador	2	u	553101G210	KYB	-	-	47,17	94,34
16.	Sistema de frenos	*Líquido de freno	0,9 – 1,1	l	C714	K2	-	SAE J 1703	3,98	7,96
17.		Pastillas de freno	1	juego	581011WA35	ABS	-	-	21,79	21,79
18.		Zapatillas	1	juego	583053XA00	Delphi	-	-	24,20	24,20
19.		Disco de freno	2	u	584110U300	ABS	-	-	18,80	37,60
20.		*Limpiador de frenos	1	u	89010810	Wurth	-	-	5,00	5,00
21.	Sistema de encendido	Bujías	4	u	0 242 135 554	Bosch	-	-	9,57	38,28
22.		Cables de bujías	4	u	OPEL OE-12 82 153	NGK	-	-	4,00	16,00
23.	Sistema aire acondicionado	Filtro del habitáculo	1	u	K 1407	Filtron	-	-	10,59	10,59
24.	Accesorios	Pluma limpiaparabrisas	2	u	3 397 004 667	Bosch	-	-	12,00	24,00
25.		*Líquido limpiaparabrisas	1,2 – 1,3	l	V60-0036	Vaico	-	-	2,29	4,58
Total costo del KIT de Mantenimiento									475,68	
Nota: los insumos se encuentran con un * al inicio de la descripción										

**Figura 27.** Kit de reemplazo vehículo con MCI

Fuente: (Laica, 2019)

### 3.8.5. Costos de mantenimiento

Para los costos de mantenimiento de ambos vehículos se toma en cuenta el valor de los repuestos, insumos, mano de obra adicional a esto también se tomó en cuenta la autonomía de cada vehículo, para el caso del auto eléctrico el costo de la recarga de batería y cuando kilometraje recorre por carga, para el vehículo con MCI el consumo de combustible por kilometraje recorrido.

**a) Repuestos vehículo eléctrico BYD e5**

Los repuestos del vehículo eléctrico BYD e5 están en función del kit de reemplazo (Figura 26), en la siguiente tabla se especifica el valor de cada uno y el intervalo de cambio acorde al programa de mantenimiento preventivo (Figura 24).

No.	Sistema de mantenimiento	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor		Costo de los repuestos de acuerdo al kilometraje de mantenimiento (x1000)						
					Unitario	Total	20	40	60	80	100	120	
1.	Sistema de freno	Pastilla de freno delantera	1	u	29,66	29,66							29,66
2.		Pastillas de freno posterior	1	u	161,08	161,08							161,08
3.	Sistema Aire Acondicionado	Filtro de aire acondicionado	1	u	13,76	13,76	13,76	13,76	13,76	13,76	13,76	13,76	13,76
4.	Habitáculo	Pluma limpiaparabrisas principal	1	u	14,67	14,67		14,67		14,67			14,67
5.		Pluma limpiaparabrisas secundaria	1	u	21,27	21,27		21,27		21,27			21,27
Costo de los repuestos por mantenimiento según el kilometraje						240,44	13,76	49,70	13,76	49,70	13,76	240,44	

**Figura 28.** Costo de repuestos vehículo eléctrico e5

**b) Repuestos vehículo con MCI**

Los repuestos del vehículo con MCI están en función del kit de reemplazo (Figura 27), en la siguiente tabla se especifica el valor de cada uno y el intervalo de cambio, acorde al programa de mantenimiento preventivo (Figura 25).

No.	Sistema de mantenimiento	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor USD		Costo de los repuestos de acuerdo al kilometraje de mantenimiento (x1000)																							
					Unitario	Total	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
1.	Sistema de lubricación	Filtro de aceite	1	u	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96
2.	Sistema de admisión y escape	Filtro de aire	1	u	8,58	8,58		8,58			8,58			8,58			8,58			8,58			8,58			8,58			8,58	
3.	Sistema de alimentación	Micro filtros	4	u	1,00	4,00								4,00						4,00									4,00	
4.		Filtro de combustible	1	u	7,05	7,05				7,05				7,05						7,05								7,05		7,05
5.	Sistema de dirección	Axial	2	u	12,99	25,98																								25,98
6.		Rotulas	2	u	10,55	21,10																								21,10
7.		Terminal Izquierdo	1	u	12,08	12,08																								12,08
8.		Terminal Derecho	1	u	12,08	12,08																								12,08
9.	Sistema de suspensión	Amortiguador	2	u	47,17	94,34																								94,34
10.	Sistema de frenos	Pastillas de freno	1	juego	21,79	21,79																								21,79
11.		Zapatillas	1	juego	24,20	24,20																								24,20
12.		Disco de freno	2	u	18,8	37,60																								37,60
13.	Sistema de encendido	Bujías	4	u	9,57	38,28																								38,28
14.		Cables de bujías	4	u	4,00	16,00																								16,00
15.	Sistema aire acondicionado	Filtro del habitáculo	1	u	10,59	10,59																								10,59
16.	Accesorios	Pluma limpiaparabrisas	2	u	12,00	24,00																								24,00
Costo de los repuestos por mantenimiento según el kilometraje						361,63	3,96	3,96	12,54	11,01	3,96	61,41	3,96	39,01	96,13	3,96	3,96	155,7	3,96	3,96	12,54	39,01	3,96	145	3,96	11,01	12,54	3,96	3,96	278,04

**Figura 29.** Costo de repuestos vehículo con MCI

Fuente: (Laica, 2019)

**c) Insumos vehículo eléctrico e5**

Los insumos a utilizarse se consideran acorde el plan de mantenimiento preventivo (Figura 24) del vehículo, el uso de los mismos puede variar debido a las condiciones de operación y funcionamiento del auto en mención.

No.	Sistema de mantenimiento	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor		Costo de los insumos de acuerdo al kilometraje de mantenimiento (x1000)					
					Unitario	Total	20	40	60	80	100	120
1.	Sistema de refrigeración	*Refrigerante	2	l	18,50	37,00						37,00
2.	Batería alta tensión - HIGH VOLTAJE	*Limpiador de contactos	300	ml	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
3.	Sistema eléctrico HIGH VOLTAJE	*Desengrasante	1	l	4,25	4,25	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
4.	Sistema de transmisión	*Aceite de transmisión.	2	l	8,40	16,80		16,80		16,80		16,80
5.	Sistema de freno	*Limpiador de frenos	1	l	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
6.		*Líquido de freno	4	l	5,60	22,40		22,40		22,40		22,40
7.	Sistema de dirección	*Grasa de litio azul	454	gr	5,00	5,00		5,00		5,00		5,00
8.	Sistema Aire Acondicionado	*Refrigerante aire acondicionado.	680	gr	10,75	10,75						10,75
9.	Habitáculo	*Líquido limpiaparabrisas	1,2	l	2,29	4,58		4,58		4,58		4,58
Costo de los insumos por mantenimiento según el kilometraje						111,98	17,70	66,48	17,70	66,48	65,45	66,48

**Figura 30.** Insumos utilizados en el mantenimiento del vehículo eléctrico e5

***d) Insumos vehículo con MCI***

Los insumos a utilizarse se consideran acorde el plan de mantenimiento preventivo del vehículo con MCI que se aprecia en la figura 25, el uso de los mismos puede variar debido a las condiciones de operación y funcionamiento del auto en mención.

No.	Sistema de mantenimiento	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor USD		Costo de los insumos de acuerdo al kilometraje de mantenimiento (x1000)																								
					Unitario	Total	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	
1.	Sistema de lubricación	*Aceite de motor	3,6	l	6,53	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12	26,12
2.	Sistema de refrigeración	*Refrigerante de etilenglicol	5,3	l	3,69	22,14																									22,14
3.	Sistema de admisión y escape	*Descarbonizador	1	u	15,25	15,25																									15,25
4.	Sistema de transmisión	*Aceite de la caja	1,6 - 1,7	l	6,50	13,00																									13,00
5.	Sistema de dirección	*Aceite hidráulico	1,1 - 1,2	l	6,00	12,00																									12,00
6.	Sistema de dirección	*Grasa de litio Azul	1	u	8,00	8,00																									8,00
7.	Sistema de frenos	*Líquido de freno	0,9 - 1,1	l	3,98	7,96																									7,96
8.	Sistema de frenos	*Limpiador de frenos	1	u	5,00	5,00																									5,00
9.	Accesorios	*Líquido limpiaparabrisas	1,2 - 1,3	l	2,29	4,58																									4,58
Costo de los insumos por mantenimiento según el kilometraje						114,05	26,12	30,7	39,12	38,66	26,12	43,7	26,12	78,91	39,12	30,7	26,12	73,8	26,12	30,7	39,12	78,91	26,12	43,7	26,12	38,66	39,12	30,7	26,12	114,1	

**Figura 31.** Insumos utilizados en el mantenimiento del vehículo con MCI

Fuente: (Laica, 2019)

### 3.8.6. Tiempo de ejecución de trabajo

Se considera el tiempo que se demora un técnico calificado en realizar las actividades descritas en el programa de mantenimiento preventivo del vehículo.

#### a) Tiempo de ejecución de trabajo vehículo eléctrico e5 por kilometraje

No.	Conjunto	Servicio de mantenimiento	Tiempo empleado para las tareas de mantenimiento en minutos por kilometraje recorrido (x1000)					
			20	40	60	80	100	120
1.	Sistema de refrigeración	Cambio de refrigerante de accionamiento eléctrico.					21	
2.	Batería alta tensión - HIGH VOLTAJE	Compruebe la bandeja de la batería y la barra de impacto.	2	2	2	2	2	2
3.	Sistema eléctrico HIGH VOLTAJE	Compruebe el aspecto del módulo de alta tensión que tiene la deformación y el derrame de aceite.	2	2	2	2	2	2
4.		Compruebe que cada interfaz de conector de carga que tiene materia extraña, erosión, etc.	4	4	4	4	4	4
5.	Sistema de transmisión	Reemplazo del aceite del engranaje dentro de la transmisión.		20		20		20
6.		Compruebe el conjunto de fuerzas que tiene fugas y choques.	2	2	2	2	2	2
7.	Sistema de freno	Compruebe las pastillas y disco de frenado.	7	7	7	7	7	15
8.		Cambio del líquido de frenos.		20		20		20
9.	Sistema de dirección	Compruebe la cubierta de polvos del eje de transmisión.	7	7	7	7	7	7
10.		Compruebe el pin de bola	4	4	4	4	4	4
11.		Cambio del rodamiento de la punta			14			14
12.		Compruebe si el conector de EPS este suelto, si el pin de conector es corroído o quemado.	3	3	3	3	3	3
13.	Neumáticos	Compruebe la presión de los neumáticos y de reinicio (Incluyendo TPMS).	1	1	1	1	1	1
14.		Compruebe el posicionamiento de las ruedas delanteras y posteriores.	3	3	3	3	3	3
15.		Alinear y balancear las ruedas	25	25	25	25	25	25
16.		Cambio de neumáticos.				12		
17.	Sistema Aire Acondicionado	Filtro de aire acondicionado	2	2	2	2	2	2
18.		Cambio de refrigerante aire acondicionado.					55	
19.	Carrocería y chasis	Comprobación de la fijación del tornillo del chasis.	2	2	2	2	2	2
20.	Habitáculo	Limpiaparabrisas		5		5		5
21.		Retrovisores	1	1	1	1	1	1
22.		Cinturones de seguridad			2			2
23.		Asientos			4			4
Total tiempo de mantenimiento por kilometraje			65	110	85	122	141	138

Figura 32. Tiempo de ejecución del mantenimiento del vehículo eléctrico e5

**b) Tiempo de ejecución de trabajo vehículo con MCI por kilometraje**

Conjunto	Servicio de mantenimiento	Tiempo en la ejecución de las tareas de mantenimiento (minutos) por kilometraje recorrido (x1000)																							
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
Motor	1. Soportes del motor	5										5													5
Sistema de lubricación	2. Aceite y filtro	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Sistema de refrigeración	3. Refrigerante											10													10
	4. Ventilador						8					8						8							8
	5. Correas de accesorios						5					5						5							5
Sistema de admisión/escape	6. Válvulas											70													70
	7. Múltiple de admisión y escape									18								18							18
	8. Filtro de aire	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4
Sistema de alimentación	9. Cuerpo de aceleración						12					12						12							12
	10. Inyectores									15								15							15
	11. Filtro de combustible				5					5								5					5		5
Embrague	12. Juego de pedal									7								7							7
Transmisión	13. Aceite											12						12							12
	14. Sistema de fijación				5					5								5						5	5
Eje delantero	15. Mesas y Bujes																								20
	16. Axiales y terminales												20												20
	17. Cojinetes y punta del eje			10				10				10				10					10				15
	18. Palier y fundas							8					8						8						8
Eje posterior	19. Sistema de fijación						5					5						5						5	
Dirección	20. Aceite											12						12							12
	21. Cremallera y columna de dirección												5												5
	22. Alineación			20			20			20			20			20			20			20			20
Sistema de suspensión	23. Amortiguadores																								10
	24. Resorte helicoidales																								10

CONTINÚA 

Frenos	25. Juego libre del pedal			10				10				10				10				10									
	26. Pastillas y discos ventilados	10				10				12				10				12				10							
	27. Zapatas y tambores	10				10				12				10				12				10							
Neumáticos	28. Presión de neumáticos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2						
	29. Tuercas de rueda	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4						
	30. Balanceo y rotación	15				15				15				15				15				15							
Sistema eléctrico	31. Alumbrado del vehículo											18																	
Sistema de encendido	32. Bujías	12				10				12				10				12				10							
	33. Cables de bujías											5																	
Sistema Aire Acondicionado	34. Refrigerante											25																	
	35. Filtro del habitáculo						7										7												
Habitáculo	36. Limpiaparabrisas								4														4						
	37. Retrovisores	2			2			2			2			2			2			2			2						
	38. Asientos	2			2			2			2			2			2			2			2						
Total tiempo de mantenimiento por kilometraje		39	73	77	93	34	159	34	161	81	73	34	337	34	73	77	161	34	163	34	93	77	73	34	450				

**Figura 33.** Tiempo de ejecución del mantenimiento vehículo con MCI

Fuente: (Laica, 2019)

### 3.8.7. Costo de tiempo de ejecución del mantenimiento

Hace referencia al valor de la mano de obra, es exclusiva del establecimiento que realiza la actividad de mantenimiento, el valor puede ser cobrado por hora o netamente tener un valor por actividad.

#### a) Costo de tiempo de ejecución vehículo eléctrico e5

De acuerdo a la investigación de campo realizada en el taller autorizado por BYD, para realizar el mantenimiento, se comprobó que el costo de mano de obra es de \$24 por hora.

En la siguiente tabla se muestra el valor del mantenimiento, acorde a los tiempos de ejecución que se presenta en la figura 31.

**Tabla 20.**

*Costo de tiempo de ejecución de mantenimiento vehículo e5*

Kilometraje (X1000)	Tiempo en minutos	Tiempo en horas	Valor de la hora de trabajo USD	Valor total de la mano de obra USD
20	65	1,08	24,00	26,00
40	110	1,83	24,00	44,00
60	85	1,42	24,00	34,00
80	122	2,03	24,00	48,80
100	141	2,35	24,00	56,40
120	138	2,30	24,00	55,20

#### b) Costo de tiempo de ejecución vehículo con MCI

En la siguiente tabla se muestra el costo de mano de obra acorde al tiempo de ejecución de mantenimiento que se muestra en la figura 32.

**Tabla 21.**  
*Costo de tiempo de ejecución de mantenimiento vehículo con MCI*

<b>Kilometraje (X1000)</b>	<b>Tiempo en minutos</b>	<b>Tiempo en horas</b>	<b>Valor de la hora de trabajo USD</b>	<b>Valor total de la mano de obra USD</b>
5	39	0,65	20,00	13,00
10	73	1,22	20,00	24,33
15	77	1,28	20,00	25,67
20	93	1,55	20,00	31,00
25	34	0,57	20,00	11,33
30	159	2,65	20,00	53,00
35	34	0,57	20,00	11,33
40	161	2,68	20,00	53,67
45	81	1,35	20,00	27,00
50	73	1,22	20,00	24,33
55	34	0,57	20,00	11,33
60	337	5,62	20,00	112,33
65	34	0,57	20,00	11,33
70	73	1,22	20,00	24,33
75	77	1,28	20,00	25,67
80	161	2,68	20,00	53,67
85	34	0,57	20,00	11,33
90	163	2,72	20,00	54,33
95	34	0,57	20,00	11,33
100	93	1,55	20,00	31,00
105	77	1,28	20,00	25,67
110	73	1,22	20,00	24,33
115	34	0,57	20,00	11,33
120	450	7,50	20,00	150,00

### **3.8.8. Autonomía**

#### *a) Consumo de energía vehículo eléctrico e5*

Los propietarios de los vehículos eléctricos e5, pagaron un promedio de \$90 dólares mensuales por servicio eléctrico, efectuando una carga domiciliaria por día en el tiempo de 22:00 pm a 08:00 am con un costo de \$0.08 centavos de dólar por KWh (Anexo 13), de acuerdo al Anexo de la resolución Nro. ARCONEL 5/18 de fecha 11 de enero de 2018, los taxistas recorrían un promedio de 250 Km diarios, es decir 7500 Km en un mes (30 días), trabajando 12 horas al día. (Jaramillo, 2019)

Con esta información se establece el costo de energía por km recorrido, en la siguiente tabla se muestra a detalle el consumo del vehículo eléctrico e5.

**Tabla 22.**  
*Costo de consumo eléctrico del vehículo e5*

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Kilometraje recorrido mensualmente (30 días)	7500 km
Kilometraje recorrido diario	250 km
Valor consumo mensual de energía	\$90 dólares
Valor del KWh (22:00 pm a 08:00 am)	\$0,08 ctvs. de dólar
Costo por Km recorrido	0,012 ctvs. de dólar por Km

**b) Consumo de combustible vehículo con MCI**

De acuerdo a la ficha técnica el vehículo con MCI, consume 1 galón de combustible por 40 Km de recorrido, el costo del galón de gasolina EXTRA y ECOPAIS es de \$1.85 según el decreto 619 emitido el 26 de diciembre de 2018 (Anexo 14).

**Tabla 23.**  
*Costo de consumo de combustible del vehículo con MCI*

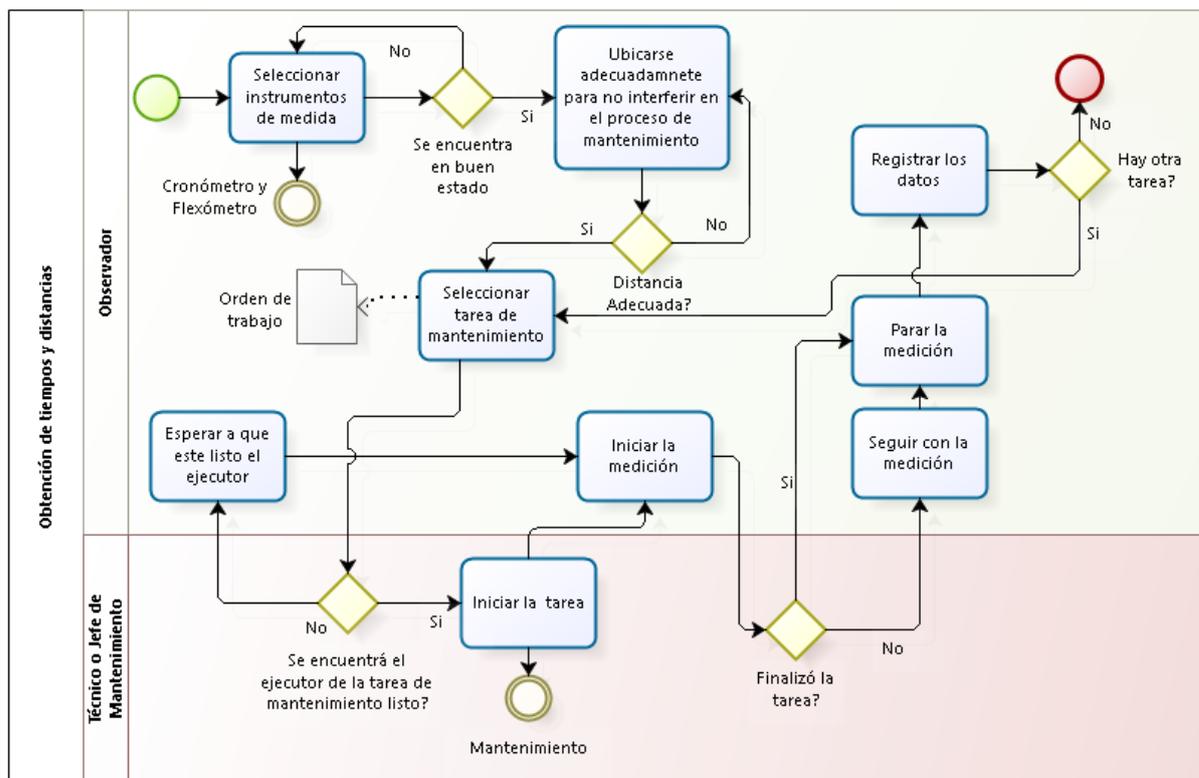
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Costo del galón de combustible	\$1,85 dólares
Kilometraje recorrido por galón	40 km
Costo de combustible por kilometro	\$ 0,046 ctvs. de dólar
Costo de combustible recorriendo 250 Km	\$11,50 dólares
Costo de combustible recorriendo 7500 Km	\$345,00 dólares

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE TIEMPOS Y PROCESOS DE EJECUCIÓN DE LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE VEHÍCULOS CATEGORÍA M EN ESTUDIO

#### 4.1. Diagrama de flujo

Para la obtención de tiempos y distancias ejecutadas por el técnico, jefe de mantenimiento y asesor de servicio, se utilizó el siguiente diagrama de flujo:



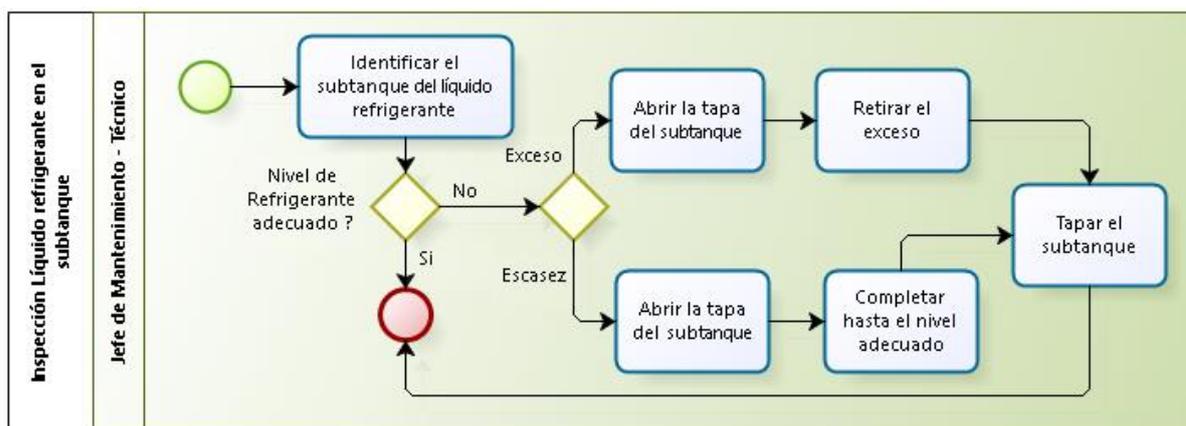
**Figura 34.** Proceso de obtención y registro de tiempos y distancias

Dentro de los diagramas de flujo se presenta las inspecciones de los sistemas de los vehículos en estudio.

#### 4.1.1. Diagrama de flujo del vehículo eléctrico BYD e5

En los diagramas de flujo se representó las inspecciones realizadas en las tareas de mantenimiento del vehículo, por ejemplo: inspección del líquido refrigerante en el sub-tanque de agua, bandeja de la batería y barra de impacto, estado del enchufe de conexión o hilos de alta tensión, aspecto del módulo de alta tensión entre otras actividades.

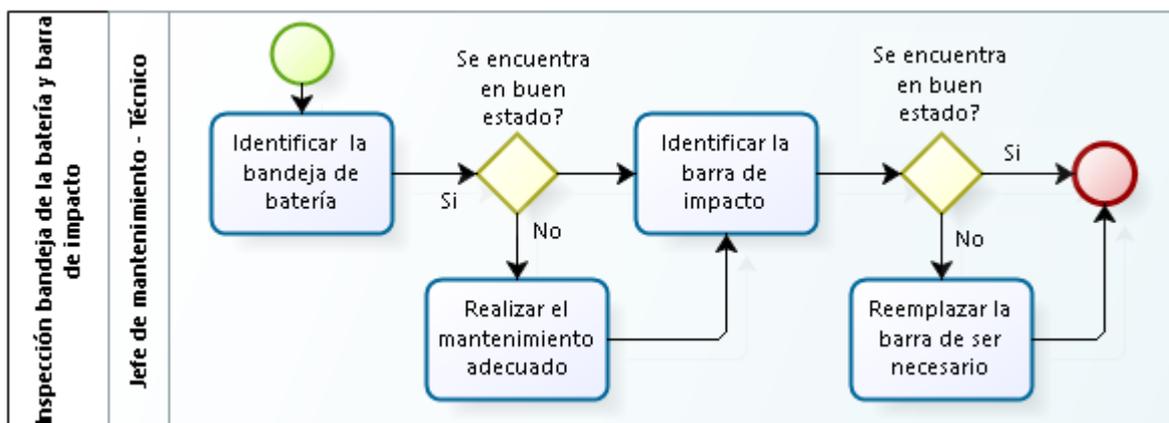
Las inspecciones son acordes al mantenimiento de los 120000 km, la inspección comienza cuando el vehículo ingrese a la bahía respectiva para el mantenimiento, es decir en una superficie plana.



**Figura 35.** Inspección líquido refrigerante en el sub-tanque

La inspección del nivel de refrigerante, consiste en visualizar si el refrigerante se encuentra en la señal indicada por el fabricante (MAX), si está en exceso se retira y caso contrario se

procede a completar. Una vez terminado este proceso se procede a realizar la siguiente inspección acorde al mantenimiento realizado.



**Figura 36.** Inspección bandeja de la batería de alta tensión y barra de impacto

Esta inspección consiste en determinar el estado de la bandeja de la batería de alta tensión, si se encuentra en condiciones óptimas de funcionamiento, caso contrario se debe realizar una limpieza de la misma y si presenta abolladuras el reemplazo de la misma, una vez terminada esta inspección, se observa el estado de la barra de impacto, la misma que si no está en buenas condiciones, por ejemplo si presenta un golpe provocando pandeo o fractura de la misma debe ser reemplazada.

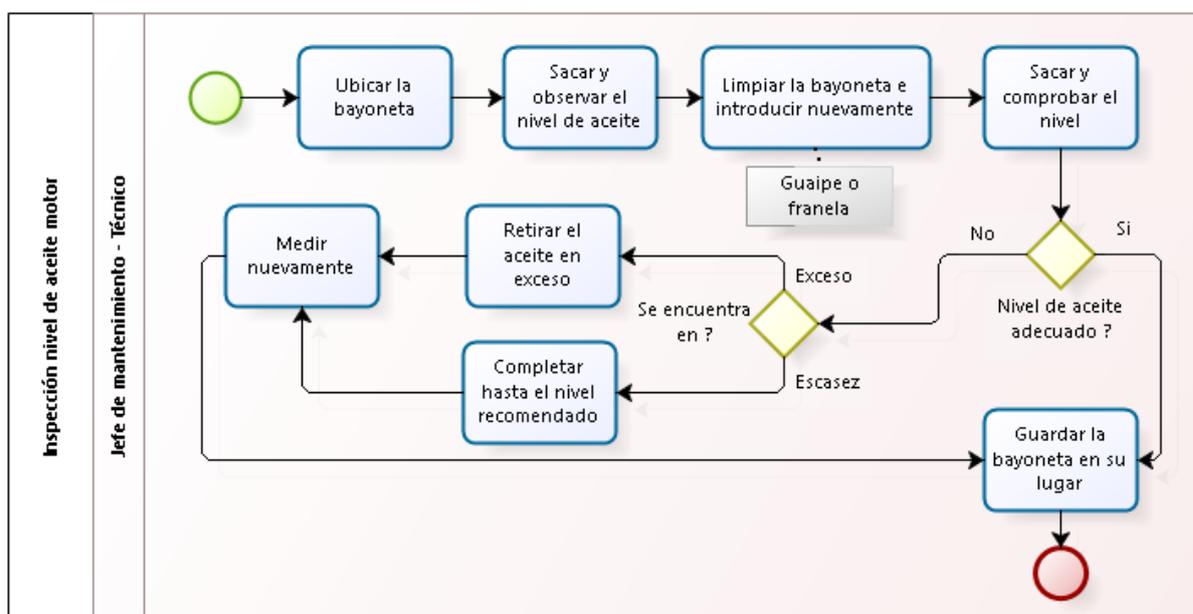
Los diagramas de flujo restantes se pueden apreciar en el anexo 15.

#### 4.1.2. Diagrama de flujo del vehículo con MCI

Dentro de los diagramas de flujo tenemos la inspección de los sistemas del vehículo con MCI, por ejemplo, nivel de aceite de motor, transmisión y dirección hidráulica además de la

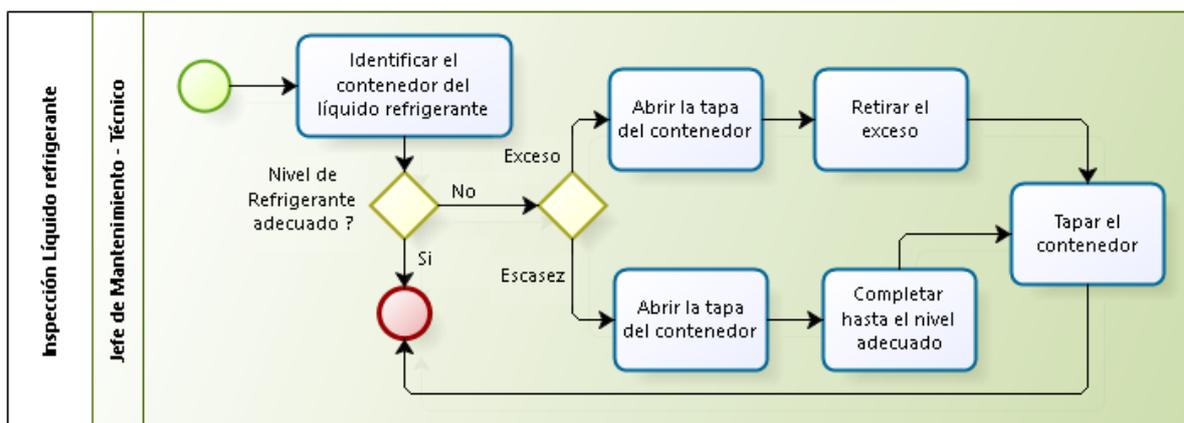
inspección del nivel de refrigerante, líquido de freno, limpiador de parabrisas, etc., en el habitáculo se realiza inspecciones de los cinturones de seguridad.

A continuación, se presenta la inspección del nivel de aceite del motor, la misma que comienza cuando el vehículo se encuentra en la bahía de trabajo (superficie plana).



**Figura 37.** Diagrama de flujo inspección nivel de aceite

En el siguiente diagrama se muestra la inspección del líquido refrigerante, de la misma forma el vehículo debe estar en la bahía de trabajo.



**Figura 38.** Diagrama de flujo inspección líquido refrigerante

Los restantes diagramas de flujo se pueden observar en el anexo 16.

## 4.2. Diagrama de procesos

### 4.2.1. Diagrama de procesos vehículo eléctrico BYD e5

En los diagramas de proceso se detallan las tareas ejecutadas con el fin de completar las operaciones indicadas en el mantenimiento preventivo, con base en la visita de capo realizada al taller autorizado por BYD en la ciudad de Loja, se establece el orden de pasos que se sigue para ejecutar las tareas de: cambio de refrigerante de accionamiento eléctrico, ajuste de la barra de impacto, limpieza del conector de carga, cambio de aceite del engranaje de transmisión entre otras actividades, como parte del estudio se propone mejoras para reducir los tiempos y distancias empleados en la ejecución de dichas tareas.

DIAGRAMA DE PROCESOS PARA TAREAS DE MANTENIMIENTO MÁS FRECUENTES															
■ Método actual					□ Método propuesto			No.1							
Descripción de la parte: Tareas de mantenimiento realizadas en el taller															
Descripción de la operación: Cambio de refrigerante de accionamiento eléctrico.															
Resumen	Actual		Propuesto		Diferencia		Análisis								
	Núm.	Tiemp.	Núm.	Tiemp.	Núm.	Tiemp.									
○ Operación	10	9,5					El proceso completo conlleva la movilización del vehículo de interiores a exteriores o viceversa.								
□ Inspección	3	2													
⇒ Transporte	5	7													
▽ Almacenamiento	1	1,5													
⊠ Retraso	1	1													
Distancia recorrida							57		Estudiado por:		Roberto Guamán				
Pasos	Detalles del proceso						Oper.	Trans.	Insp.	Ret.	Almto.	Dist. (m)	Cant.	Tmp. (°)	Notas
1	Llenar orden de trabajo						●	⇒	□	⊠	▽	5	1	2	En Recepción
2	Ubicar el vehículo en puesto de trabajo						○	⇒	□	⊠	▽	15	1	1	Ingresa a la bahía
3	Abrir el capo e identificar el reservorio de refrigerante						●	⇒	□	⊠	▽	1	1	0,5	
4	Ubicar el tapón de sellado del reservorio						○	⇒	■	⊠	▽		1	0,5	
5	Traer el colector de fluidos						○	⇒	□	⊠	▽	6	1	1,5	
6	Colocar el colector de fluidos en la posición adecuada						●	⇒	□	⊠	▽	1	1	0,5	En el lugar adecuado
7	Retirar el tapón de sellado						●	⇒	□	⊠	▽		1	0,5	Sin aislar
8	Vaciar completamente el refrigerante						●	⇒	□	⊠	▽		1	3	
9	Traer la bomba succionadora						○	⇒	□	⊠	▽	6	1	1,5	
10	Succionar todo el refrigerante del reservorio						●	⇒	□	⊠	▽		1	1	Eliminar todo el refrigerante usado
11	Almacenar el refrigerante retirado						○	⇒	□	⊠	▽	8	2	1,5	Área Scrap
12	Traer el refrigerante de bodega						○	⇒	□	■	▽	10	1	2,5	Refrigerante adecuado
13	Colocar el tapón de sellado en el reservorio						●	⇒	□	⊠	▽		1	0,5	Sin aislar
14	Verter el refrigerante en el reservorio hasta que llegue a la línea MAX						●	⇒	■	⊠	▽	1	2	1	Utilizar un embudo
15	Encender el vehículo						●	⇒	□	⊠	▽	2	1	0,5	
16	Verificar fugas existentes						○	⇒	■	⊠	▽	2	1	0,5	Mediante la observación
17	Proceder a la siguiente operación de mantenimiento						●	⇒	□	⊠	▽		1		De acuerdo al mantenimiento

Nota: Al momento de solicitar el refrigerante en bodega, existe una demora por no tener una autorización del jefe de mantenimiento, el tiempo de la actividad 12 se reparte para el transporte y demora 1,5 y 1 respectivamente.

**Figura 39.** Diagrama de procesos cambio de refrigerante de accionamiento eléctrico

El proceso consta de 10 operaciones, 3 inspecciones, 5 transportes, 1 almacenamiento y 1 retraso, con una duración 9,5, 2, 7, 1,5 y 1 minuto respectivamente, dando un total de 21 minutos, este tiempo es igual al detallado en la figura 32 y recorriendo una distancia de 57 metros.

En el proceso antes mencionado se detectaron algunas falencias, por ejemplo, se realizaron dos veces un transporte de maquinaria para el cambio de refrigerante, otra actividad la

existencia de una demora evitable si se entrega antes del mantenimiento los insumos necesarios, a continuación, se presenta una mejora del diagrama de procesos del cambio de refrigerante.

DIAGRAMA DE PROCESOS PARA TAREAS DE MANTENIMIENTO MÁS FRECUENTES															
☐ Método actual					■ Método propuesto			No.1							
Descripción de la parte: Tareas de mantenimiento realizadas en el taller															
Descripción de la operación: Cambio de refrigerante de accionamiento eléctrico.															
Resumen	Actual		Propuesto		Diferencia		Análisis								
	Núm.	Tiemp.	Núm.	Tiemp.	Núm.	Tiemp.									
○ Operación	9	9,5	12	12,5	-2	-2,5	El proceso completo conlleva la movilización del vehículo de interiores a exteriores o viceversa.								
□ Inspección	3	2	3	2	0	1									
⇒ Transporte	6	7	3	3,5	2	3,5									
▽ Almacenamiento	1	1,5	1	1,5	0	0									
▷ Retraso	1	1	0	0	1	1									
Distancia recorrida		57		52		5		Roberto Guamán							
Pasos	Detalles del proceso						Oper.	Trans.	Insp.	Ret.	Almto.	Dist. (m)	Cant.	Tmp. (°)	Notas
1	Llenar orden de trabajo						●	⇒	□	▷	▽	5	1	2	En Recepción
2	Ubicar el vehículo en puesto de trabajo						○	➔	□	▷	▽	15	1	1	Ingresa a la bahía
3	Seleccionar herramientas, maquinaria necesaria						●	⇒	□	▷	▽	6	1	1	Emplear mesa rodante
4	Pedir en bodega insumos y repuestos necesarios						●	⇒	□	▷	▽	6	1	2	Emplear mesa rodante
5	Llevar los elementos seleccionados a la bahía						○	➔	□	▷	▽	5	1	1	Emplear mesa rodante
6	Abrir el capo e identificar el reservorio de refrigerante						●	⇒	□	▷	▽	1	1	0,5	
7	Ubicar el tapón de sellado del reservorio						○	⇒	■	▷	▽		1	0,5	
8	Colocar el colector de fluidos en la posición adecuada						●	⇒	□	▷	▽	1	1	0,5	En el lugar adecuado
9	Retirar el tapón de sellado						●	⇒	□	▷	▽		1	0,5	Sin aislar
10	Vaciar completamente el refrigerante						●	⇒	□	▷	▽		1	3	
11	Succionar todo el refrigerante del reservorio						●	⇒	□	▷	▽		1	1	Eliminar todo el refrigerante usado
12	Colocar el tapón de sellado en el reservorio						●	⇒	□	▷	▽		1	0,5	Sin aislar
13	Verter el refrigerante en el reservorio hasta que llegue a la línea MAX						●	⇒	■	▷	▽	1	2	1	Utilizar un embudo
14	Encender el vehículo						●	⇒	□	▷	▽	2	1	0,5	
15	Verificar fugas existentes						○	⇒	■	▷	▽	2	1	0,5	Mediante la observación
16	Almacenar el refrigerante retirado						○	➔	□	▷	▽	8	2	1,5	Área Scrap
17	Proceder a la siguiente operación de mantenimiento						●	⇒	□	▷	▽		1		De acuerdo al mantenimiento

**Figura 40.** Diagrama de procesos propuesto para la operación de mantenimiento

Lo propuesta de la mejora del diagrama de procesos para el cambio de refrigerante de accionamiento eléctrico consiste en emplear una mesa rodante para transportar el insumo (refrigerante) así como la maquinaria y herramienta necesaria (Succionador y colector de fluidos), de esta manera evitamos que el técnico se desplace para solicitar y transportar cosa por cosa, además se sugiera que el transporte y almacenamiento del refrigerante utilizado sea

al final de la operación, en el peor de los casos si existe alguna fuga, el colector puede seguir funcionando evitando que se derrame el fluido en la bahía de trabajo.

La propuesta consta de 12 operaciones, 3 inspecciones, 3 transportes y 1 almacenamiento con un tiempo de 12,5, 2, 3,5 y 1,5 respectivamente dando un tiempo total de 19,5 minutos, recorriendo una distancia de 52 metros.

Reduciendo el tiempo de ejecución total de la tarea en 1,5 minutos y una reducción de distancia recorrida equivalente a 5 metros.

Se propone, para todos los diagramas de procesos estudiados en el taller autorizado por BYD en la ciudad de Loja, la utilización de una mesa rodante para transportar las herramientas y maquinaria necesaria, así como también el transporte de insumos y repuestos.

La selección de herramientas y la entrega de repuestos e insumos se debe realizar antes de comenzar las actividades de mantenimiento evitando las demoras y ahorrando tiempo en el transporte de las mismas, además en la misma mesa rodante se debe colocar las partes del vehículo pequeñas que hayan sido retiradas para la ejecución del mantenimiento, evitando colocarlas en el suelo como se puede apreciar en el anexo 17, de esta manera se ahorra tiempo y se evita la fatiga en el técnico.

Los diagramas de proceso estudiados se pueden observar en el anexo 18.

#### 4.2.2. Diagrama de procesos vehículo con MCI

En la siguiente tabla se muestra el proceso para la actividad de cambio de aceite y filtro de motor, del vehículo con MCI

DIAGRAMA DE PROCESOS PARA TAREAS DE MANTENIMIENTO MÁS FRECUENTES															
■ Método actual					□ Método propuesto			No.1							
Descripción de la parte: Tareas de mantenimiento realizadas en el taller															
Descripción de la operación: Aceite y filtro															
Resumen	Actual		Propuesto		Diferencia		Análisis								
	Núm.	Tiemp.	Núm.	Tiemp.	Núm.	Tiemp.	El proceso completo conlleva la movilización del vehículo de interiores a exteriores o viceversa.								
○ Operación	17	20.5									Estudiado por: Roberto Guamán				
□ Inspección	3	0.5													
⇒ Transporte	1	3													
▽ Almacenamiento	1	1													
▷ Retraso															
Distancia recorrida	59														
Pasos	Detalles del proceso						Oper.	Trans.	Insp.	Ret.	Almito.	Dist. (m)	Cant.	Tmp. (°)	Notas
1	Llenar orden de trabajo						●	⇒	□	▷	▽	5	1	2	En Recepción
2	Ubicar el vehículo en puesto de trabajo						○	⇒	□	▷	▽	15	1	1	Ingresa a la bahía
3	Seleccionar herramientas						●	⇒	□	▷	▽	5	1	1	Emplear mesa rodante
4	Llevar herramientas hasta el vehículo						○	⇒	□	▷	▽	3	1	1	Emplear mesa rodante
5	Bloquear el vehículo						●	⇒	□	▷	▽		1	1	Al frente y atrás
6	Abrir el capó						●	⇒	□	▷	▽	1	1	0,5	
7	Colocar el colector de aceite bajo el cárter						●	⇒	□	▷	▽		1	2	En el lugar adecuado
8	Retirar el tapón del cárter y drenar todo el aceite del motor en el interior del colector						●	⇒	□	▷	▽	1	1	1	Sin aislar
9	Una vez que todo el aceite quemado haya drenado por completo poner el tapón del cárter.						●	⇒	□	▷	▽		1	2	Ajustar con torque adecuado
10	Sacar el filtro de aceite del motor y drenar el aceite sobrante en el colector						●	⇒	□	▷	▽		1	1	Pinza de Filtros
11	Colocar el aceite quemado en el depósito de lubricantes usados.						○	⇒	□	▷	▽	5	1	1	Reciclaje
12	Colocar el filtro nuevo ajustando con la ayuda de la herramienta especial						●	⇒	□	▷	▽	1	1	1	Pinza de Filtros
13	Con la ayuda de un embudo colocar el aceite nuevo y colocar la tapa						●	⇒	□	▷	▽	2	1	1	Aceite nuevo
14	Retire la varilla de nivel y limpie la varilla de nivel con un paño sin pelusa limpio.						●	⇒	□	▷	▽		1	0,5	En el vehículo
15	Inserte la varilla de nuevo en el tubo del aceite de motor, y saque la varilla de nuevo.						●	⇒	□	▷	▽		1	0,5	En el vehículo
16	El nivel de aceite.						○	⇒	■	▷	▽		1	0,5	Máximo o minino.
17	Si el aceite no está en máximo completar según lo faltante						●	⇒	□	▷	▽	2	1	1	Con el mismo aceite
18	Cierre la orden de trabajo						●	⇒	□	▷	▽	2	1	1	De acuerdo a formatos
19	Registre formatos						●	⇒	□	▷	▽	5	1	1	Firmas - archive
20	Limpie el área de trabajo						●	⇒	□	▷	▽	5	1	2	
21	Recicle repuestos, insumos y fungibles						○	⇒	□	▷	▽	2	1	1	Área Scrap
22	Entregar el vehículo						●	⇒	□	▷	▽	5	1	2	

**Figura 41.** Diagrama de proceso cambio de aceite del vehículo con MCI

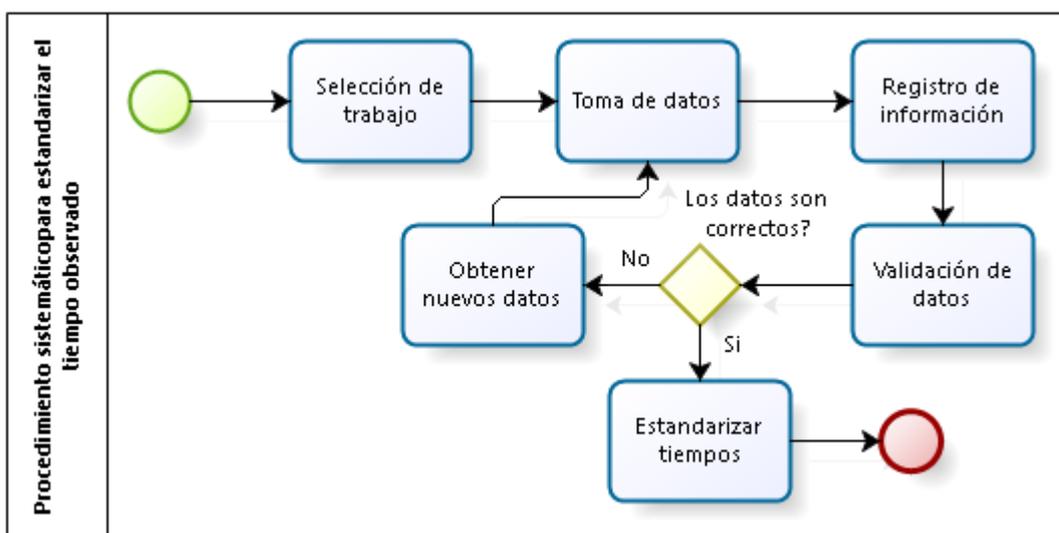
Fuente: (Laica, 2019)

El proceso consta de 17 operaciones, 3 inspecciones, 1 transporte y 1 almacenamiento con una duración 20.5, 0.5, 3 y 1 minuto respectivamente, dando un total de 25 minutos, este tiempo es igual al detallado en la figura 33.

Los procesos de mantenimiento están repartidos por sistemas, como se pueden apreciar en la figura 25, los diagramas de procesos restantes del vehículo con MCI se pueden observar en el anexo 19.

### 4.3. Procedimiento sistemático para la medición de trabajo

Para medir el tiempo estándar se desarrolló un proceso sistemático, englobando las siguientes etapas: selección de trabajo, toma de datos, registro de la información, validación de datos y estandarización de tiempos, este proceso se realizó con el fin de llevar un estudio de las actividades de mantenimiento.



**Figura 42.** Procedimiento sistemático para estandarizar el tiempo

#### 4.3.1. Selección de trabajo

Las actividades de mantenimiento en estudio son acordes a los 120000 Km de recorrido:

- ❖ Alineación y balanceo.
- ❖ Rotación de ruedas.
- ❖ Comprobación de: La fijación, del tornillo del chasis, el volante y la palanca.
- ❖ La presión de los neumáticos y de reinicio (incluyendo TPMS).
- ❖ La bandeja de batería y la barra de impacto.
- ❖ El conjunto de fuerza que tiene fugas y choques.
- ❖ El enchufe de conexión o hilos de alta tensión están sueltos.
- ❖ El aspecto del módulo de alta tensión que tiene la deformación y el derrame de aceite.
- ❖ Revisar cada interfaz de conector de carga no tenga materia extraña, erosión, etc.
- ❖ Que no exista materia extraña o corrosión en el hierro de EPS.
- ❖ Si el conector de EPS está suelto, si el pin de conector es corroído o quemado, compruebe el código de error del módulo de alta tensión (será eliminado después del grabado).
- ❖ Cambiar líquido de frenos.
- ❖ Cambiar aceite de transmisión.
- ❖ Revisión de ejes y guardapolvos.
- ❖ Revisión de funcionamiento de luces.
- ❖ Cambiar filtro de aire acondicionado.
- ❖ Revisión de niveles.
- ❖ Limpiar, revisar y regular frenos.

- ❖ Reajustar suspensión.

#### **4.3.2. Toma de datos**

Mediante las herramientas de toma de datos que son: cronómetro y flexómetro, se obtuvo el tiempo que se demora un técnico en efectuar una tarea de mantenimiento específica y la distancia que recorre, esta información también se describe en el diagrama de procesos de la tabla 22.

#### **4.3.3. Registro de información**

Los datos obtenidos se registran en una tabla normalizada, los mismos fueron obtenidos mediante la observación y cronometraje adicional a esto se utiliza los datos históricos del taller autorizado por BYD en la ciudad de Loja.

#### **4.3.4. Validación de datos**

Los datos obtenidos mediante la observación y cronometraje se compararon con los datos proporcionados por el taller, los mismos se encontraban dentro del rango de los datos históricos.

#### **4.3.5. Estandarización de tiempos**

Con la información recopilada de tiempos de observación, se procede a calcular el tiempo normal, utilizando las ecuaciones 1 y 2, para posteriormente obtener el tiempo estándar con la ecuación 3.

#### **4.4. Estudio de tiempos**

##### **4.4.1. Requerimientos para el estudio de tiempos**

Este estudio se realizó para estandarizar los tiempos de ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo del vehículo eléctrico BYD e5, los tiempos estandarizados se visualizan en la figura 31, los tiempos están acordes a las actividades descritas en la figura 24.

##### **4.4.2. Equipo utilizado en el estudio de tiempos**

El equipo utilizado para la obtención de tiempos y distancias es el siguiente:

- ❖ Un cronómetro de marca AnyTime XL-013.
- ❖ Una calculadora de marca Casio.
- ❖ Una filmadora de marca Sony.
- ❖ Un flexómetro iCC-CO 3m x 16mm
- ❖ Una hoja de estudios de tiempos desarrollada en Excel.

Todo el equipo mencionado se puede apreciar en el anexo 20

#### **4.4.3. Métodos generales utilizados para medir el tiempo estándar**

##### ***a) Registros históricos***

Se utilizaron los datos registrados por el taller autorizado por BYD en la ciudad de Loja para el mantenimiento del vehículo eléctrico BYD e5 (Anexo 21), los datos contienen las operaciones frecuentes de mantenimiento y el tiempo que invirtieron en realizar las mismas.

##### ***b) Tabla de datos normalizada***

El taller en mención, posee un formato de registro (Anexo 22), donde almacena toda la información del mantenimiento de la flota de taxis eléctricos que circula en la ciudad de Loja.

##### ***c) Cronometraje***

Con la ayuda de un cronómetro se evidencio el trabajo realizado por los técnicos en las operaciones de mantenimiento, realizando algunas mediciones, se obtuvo tiempos de ejecución por actividad desarrollada.

#### **4.4.4. Posición del observador**

El observador mantuvo una distancia prudente con la persona encargada de realizar la actividad de mantenimiento (Anexo 23), evitando dialogar con el técnico, para no desconcentrar al mismo e interferir en la rutina de mantenimiento.

#### **4.4.5. Inicio de estudio**

Se registró la fecha y hora al iniciar y finalizar la observación, esta información es clave para estandarizar los tiempos de ejecución de una actividad de mantenimiento, el método utilizado para obtener esta información fue el método de regreso a cero.

##### ***a) Método de regreso a cero***

Este método consistió en encender el cronómetro, cuando el técnico estaba listo para ejecutar la tarea y dejarlo correr hasta que termine la misma, una vez que terminada se detiene el cronómetro, se registra la información y se reinicia el mismo a la espera de la siguiente tarea a ejecutarse.

#### **4.4.6. Ciclos de estudio**

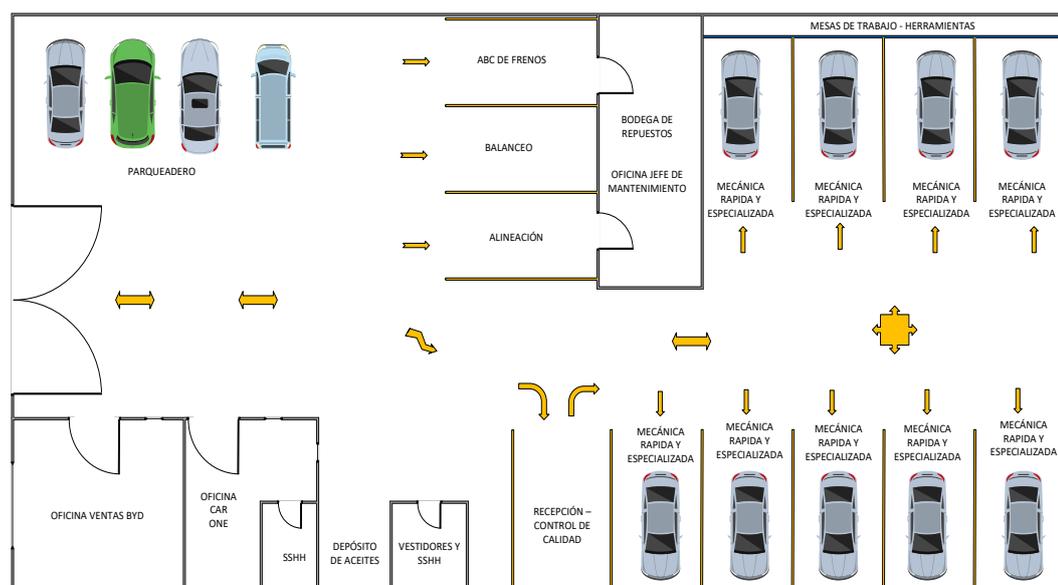
En la visita de campo realizada se comprobó que el mantenimiento de un vehículo eléctrico BYD e5 de acuerdo al kilometraje recorrido este alrededor de los 45 minutos, con esta

información nos dirigimos a la tabla 8, la misma que menciona que para una actividad de 40 minutos o más se necesita 3 ciclos de observación.

**Tabla 24.**  
*Ciclos de observación*

Descripción	Primer ciclo	Segundo ciclo	Tercer ciclo
Nombre del analista	Roberto Guamán	Roberto Guamán	Roberto Guamán
Nombre del técnico	José González	Jaime Lojano	José Gonzáles
Dirección del taller	Av. 8 de Diciembre y Guayaquil – Loja	Av. 8 de Diciembre y Guayaquil – Loja	Av. 8 de Diciembre y Guayaquil – Loja
Fecha de observación	26/08/2019	26/08/2019	26/08/2019
Hora de inicio	09:00 am	13:00 pm	15:40 pm
Hora de finalización	11:35 am	15:36 pm	18:22 pm
Kilometraje de mantenimiento	120000 km	120000 km	120000 km

Los ciclos de observación fueron realizados en el taller autorizado por BYD en la ciudad de Loja, se presenta un croquis del recorrido realizado por el operario en las instalaciones y el posicionamiento del vehículo que requiere el mantenimiento.



**Figura 43.** Croquis del taller autorizado por BYD en la ciudad de Loja

En el taller se observó la existencia de un cuello de botella ocasionando congestión a la entrada y salida de los vehículos al área operativa, es decir a las bahías de mecánica rápida y especializada.

#### **4.4.7. Calificación de desempeño**

Al visitar las instalaciones y observar el trabajo efectuado por cada técnico, se comprobó que son personal calificado, aptos para desarrollar cualquier actividad referente al mantenimiento de los vehículos eléctricos.

Como parte de la calificación del desempeño, se evalúa la calificación de la velocidad.

##### ***a) Calificación de la velocidad***

Al ser técnicos calificados, realizan las actividades a una velocidad moderada, cumpliendo estándares de calidad, de acuerdo a esto y a la tabla 9, se decide dar a los técnicos encargados del mantenimiento una calificación del 100% de desempeño.

#### **4.4.8. Suplementos y holguras**

Se pudo comprobar mediante la visita de campo que existen holguras constantes y especiales desarrolladas por un técnico al momento de ejecutar una tarea de mantenimiento, las holguras visualizadas son las siguientes: necesidades personales, fatiga básica y variable, demoras

inevitables, evitables, adicionales y por política, de acuerdo a esto y en base a la tabla 10 se tomó como suplementos todas las holguras posibles dando un valor del 16%.

#### 4.4.9. Tiempos observados

Los tiempos se obtuvieron en la visita de campo, por cada ciclo de trabajo y en cada actividad ejecutada se registraba el tiempo empleado en las mismas, las actividades no observadas, se registran con los datos históricos del taller autorizado.

**Tabla 25.**  
*Tiempos observados en la visita de campo*

Servicio de mantenimiento	Tiempos observados en la visita de campo por vehículo			
	TO1	TO2	TO3	TOP
*Cambio de refrigerante de accionamiento eléctrico.	16	18,1	20,2	18,1
Compruebe la bandeja de la batería y la barra de impacto.	1,16	1,8	2,2	1,72
Compruebe el aspecto del módulo de alta tensión que tiene la deformación y el derrame de aceite.	1,38	1,52	2,17	1,69
Compruebe que cada interfaz de conector de carga que tiene materia extraña, erosión, etc.	3,1	4,2	3,02	3,44
Reemplazo del aceite del engranaje dentro de la transmisión.	16,55	17,4	17,55	17,167
Compruebe el conjunto de fuerzas que tiene fugas y choques.	1,32	1,5	2,35	1,723
*Limpieza de pastillas y disco de frenado.	5,48	6,26	6,35	6,03
Cambio de pastillas	12,55	13,11	13,13	12,93
Cambio del líquido de frenos.	16,1	18,4	17,2	17,233
Compruebe la cubierta de polvos del eje de transmisión.	5,52	6,05	6,51	6,027
Compruebe el pin de bola	2,58	3,56	4,2	3,447
Cambio del rodamiento de la punta	10,56	12,05	13,58	12,063
Compruebe si el conector de EPS este suelto, si el pin de conector es corroído o quemado.	2,5	2,14	3,1	2,58
Compruebe la presión de los neumáticos y de reinicio (Incluyendo TPMS).	0,52	1,02	1,04	0,86
Compruebe el posicionamiento de las ruedas delanteras y posteriores.	2,46	2,51	2,58	2,517
Alinear y balancear las ruedas	20,55	21,59	22,39	21,51
*Cambio de neumáticos.	10,22	10,24	10,56	10,34
Filtro de aire acondicionado	0,57	1	1,01	0,86
*Cambio de refrigerante aire acondicionado.	46,5	47,2	48,53	47,41
Comprobación de la fijación del tornillo del chasis.	1,44	1,48	2,24	1,72
Limpiaparabrisas	4,11	4,25	4,56	4,307
Retrovisores	0,52	1	1,06	0,86
Cinturones de seguridad	1,36	1,52	2,27	1,717
Asientos	3,29	3,44	3,59	3,44

Nota: Las actividades con el \* son datos históricos TO1 es el tiempo optimista, TO2 tiempo modal y TO3 tiempo pesimista.

#### 4.4.10. Cálculo de tiempos normales

Para el cálculo de tiempos normales, se parte de un promedio del tiempo de las tres observaciones registradas en la visita de campo, como se mencione anteriormente la calificación es del 100% por lo que el tiempo observado es igual al tiempo normal.

**Tabla 26.**  
*Cálculo tiempos normales en base a los tiempos observados*

Servicio de mantenimiento	Tiempos normales calculado para las tareas de mantenimiento			
	TOP	C	Cálculo	TN
Compruebe la bandeja de la batería y la barra de impacto.	1,72	100		1,72
Compruebe el aspecto del módulo de alta tensión que tiene la deformación y el derrame de aceite.	1,69	100		1,69
Compruebe que cada interfaz de conector de carga que tiene materia extraña, erosión, etc.	3,44	100		3,44
Reemplazo del aceite del engranaje dentro de la transmisión.	17,167	100		17,167
Compruebe el conjunto de fuerzas que tiene fugas y choques.	1,723	100		1,723
Cambio de pastillas	12,93	100		12,93
Cambio del líquido de frenos.	17,233	100		17,233
Compruebe la cubierta de polvos del eje de transmisión.	6,027	100		6,027
Compruebe el pin de bola	3,447	100		3,447
Cambio del rodamiento de la punta	12,063	100		12,063
Compruebe si el conector de EPS este suelto, si el pin de conector es corroído o quemado.	2,58	100	$TN = TO \times \left(\frac{C}{100}\right)$	2,58
Compruebe la presión de los neumáticos y de reinicio (Incluyendo TPMS).	0,86	100		0,86
Compruebe el posicionamiento de las ruedas delanteras y posteriores.	2,517	100		2,517
Alinear y balancear las ruedas	21,51	100		21,51
Filtro de aire acondicionado	0,86	100		0,86
Comprobación de la fijación del tornillo del chasis.	1,72	100		1,72
Limpiarparabrisas	4,307	100		4,307
Retrovisores	0,86	100		0,86
Cinturones de seguridad	1,717	100		1,717
Asientos	3,44	100		3,44

Nota: Todos los cálculos se realizaron con la ecuación 1, en la misma se cambia los datos de TN y la calificación, C es de 100% para cada actividad.

**Tabla 27.**  
*Cálculo tiempos normales con registro históricos*

Servicio de mantenimiento	Tiempos normales calculado para las tareas de mantenimiento			Cálculo	TN
	To	Tm	Tp		
*Cambio de refrigerante de accionamiento eléctrico.	16	18,1	20,2	$TN = \frac{To + (4 \times Tm) + Tp}{6}$	18,1
*Limpieza de pastillas y disco de frenado.	5,48	6,26	6,35		6,03
*Cambio de neumáticos.	10,22	10,24	10,56		10,34
*Cambio de refrigerante aire acondicionado.	46,5	47,2	48,53		47,41

Nota: Todos los cálculos se realizaron con la ecuación 2, en la misma se cambia To, Tm y Tp

#### 4.4.11. Cálculo de tiempos estándar

Como se mencionó anteriormente se tomó un suplemento equivalente al 16%, para el cálculo del tiempo estándar elemental, el mismo que se encuentra medido en milésimas, para estandarizar los tiempos se optó por subir el tiempo calculado al inmediato superior y de esta manera obtener el tiempo estándar por cada actividad de mantenimiento desarrollada.

**Tabla 28.**  
*Cálculo de tiempos estándares*

Servicio de mantenimiento	Tiempos observados en la visita de campo por vehículo				
	TN	S	Cálculo	TE elemental	TE
*Cambio de refrigerante de accionamiento eléctrico.	16	18,1		20,996	21
Compruebe la bandeja de la batería y la barra de impacto.	1,16	1,8		1,995	2
Compruebe el aspecto del módulo de alta tensión que tiene la deformación y el derrame de aceite.	1,38	1,52		1,960	2
Compruebe que cada interfaz de conector de carga que tiene materia extraña, erosión, etc.	3,1	4,2		3,990	4
Reemplazo del aceite del engranaje dentro de la transmisión.	16,55	17,4		19,913	20
Compruebe el conjunto de fuerzas que tiene fugas y choques.	1,32	1,5		1,999	2
*Limpieza de pastillas y disco de frenado.	5,48	6,26		6,995	7
Cambio de pastillas	12,55	13,11		14,999	15
Cambio del líquido de frenos.	16,1	18,4		19,991	20
Compruebe la cubierta de polvos del eje de transmisión.	5,52	6,05	$TE = TN \times (1 + S)$	6,991	7
Compruebe el pin de bola	2,58	3,56		3,998	4
Cambio del rodamiento de la punta	10,56	12,05		13,993	14
Compruebe si el conector de EPS este suelto, si el pin de conector es corroído o quemado.	2,5	2,14		2,993	3
Compruebe la presión de los neumáticos y de reinicio (Incluyendo TPMS).	0,52	1,02		0,998	1
Compruebe el posicionamiento de las ruedas delanteras y posteriores.	2,46	2,51		2,919	3

CONTINÚA 



#### **4.5. Comparación vehículo eléctrico BYD e5 vs su similar de combustión interna**

Para la comparación de los vehículos en estudio, se parte del costo de ambos autos, su programa e intervalo de mantenimiento preventivo hasta los 120000 km de recorrido que es el periodo de garantía del vehículo con MCI, costo de mantenimiento, dentro de esto aplica el costo de repuestos, insumos y mano de obra realizado por periodos y de forma de total además del análisis de su autonomía mediante el consumo de energía eléctrica para el vehículo eléctrico y el consumo de combustible para el equipado con MCI.

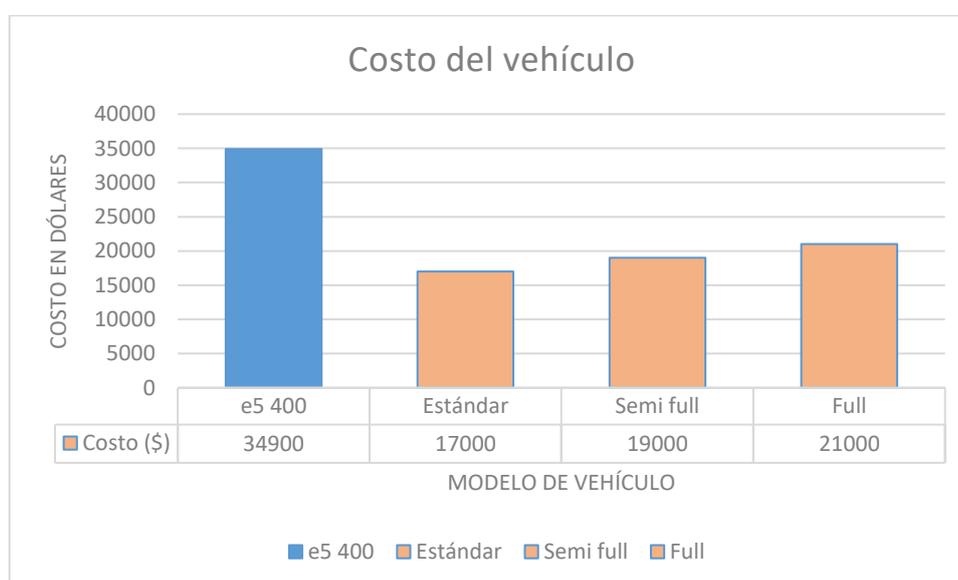
##### **4.5.1. Costo de adquisición**

El costo de adquisición de un vehículo eléctrico BYD e5 es de \$34.900,00 dólares, cabe recalcar que existe diversas formas de financiamiento e incentivos económicos por parte del gobierno, el vehículo es libre de aranceles y aplica el IVA del 0%.

El vehículo KIA Rio R 2019 existen tres versiones: estándar, semi full y la versión full, el vehículo más vendido por KIA en lo que va del año es la versión semi full que se utiliza para taxis y de servicio propio tiene un costo de \$19.000,00 las otras versiones tienen un costo de \$17.000,00 y 21.000,00 dólares respectivamente para la versión estándar y full (López, 2019)

**Tabla 29.**  
*Costo de los vehículos*

Tipo	Modelo	Costo USD
BYD	e5 400	34900,00
	Estándar	17000,00
KIA Rio R	Semi full	19000,00
	Full	21000,00



**Figura 45.** Comparativa de costos de los vehículos por modelo

En la figura anterior se representa el costo de los vehículos por modelo, se aprecia que el eléctrico es más costoso en comparación a los modelos ofertados en KIA, existe una diferencia de \$17900,00 con el auto Rio R estándar, mientras con el auto de la versión semi full existe una diferencia \$15900,00 y con el modelo restante existe una menor diferencia de \$13900,00 dólares.

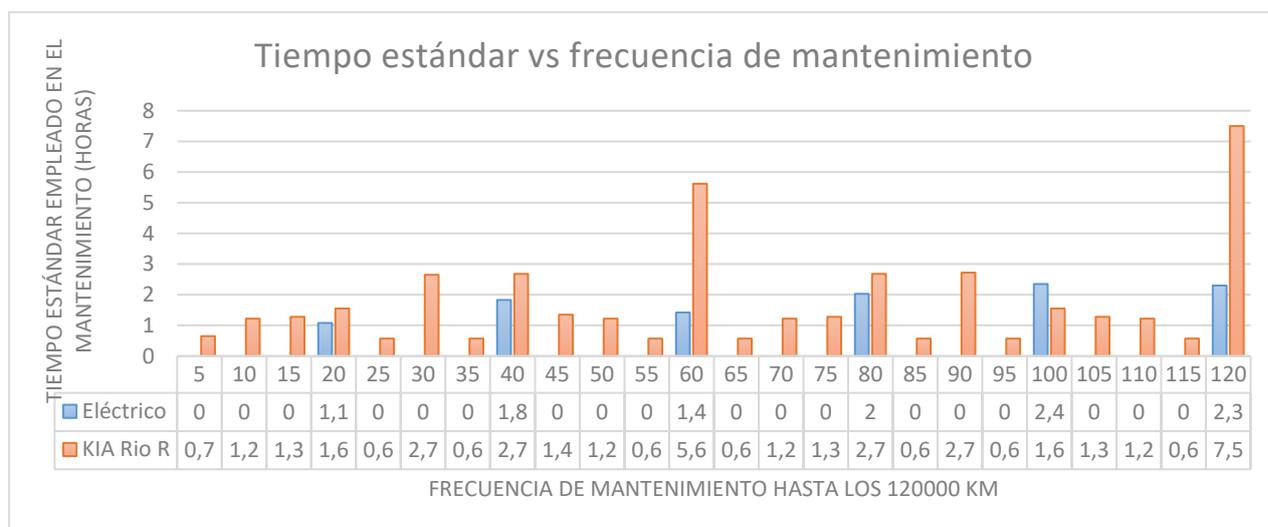
De una forma porcentual se establece que el vehículo eléctrico es 51.28% más costoso que la versión estándar, 45.56% que la versión semi full y 39.83% que el modelo full.

#### 4.5.2. Intervalo de mantenimiento y tiempos estándar por ejecución de las tareas

De acuerdo al plan de mantenimiento establecido por las empresas de manufactura respectivamente se estableció el mantenimiento preventivo y sus respectivos tiempos estándar en la ejecución de las tareas por kilometraje recorrido del vehículo.

**Tabla 30.**  
*Tiempo estándar de mantenimiento eléctrico vs MCI*

Km (x1000)	Tiempo estándar (Horas)	
	Eléctrico	MCI
5	0	0,65
10	0	1,22
15	0	1,28
20	1,08	1,55
25	0	0,57
30	0	2,65
35	0	0,57
40	1,83	2,68
45	0	1,35
50	0	1,22
55	0	0,57
60	1,42	5,62
65	0	0,57
70	0	1,22
75	0	1,28
80	2,03	2,68
85	0	0,57
90	0	2,72
95	0	0,57
100	2,35	1,55
105	0	1,28
110	0	1,22
115	0	0,57
120	2,30	7,50
<b>Total</b>	<b>11,01</b>	<b>41,66</b>



**Figura 46.** Comparativa tiempos estándar vs frecuencia de mantenimiento

En la figura anterior se aprecia que para el vehículo eléctrico existe 6 mantenimientos preventivos en un periodo de 120000 km, mientras que para el equipado con MCI siempre y cuando no se utilice aceite sintético y un filtro de aceite que garantice 12000 km el mantenimiento recomendable es cada 5000 km, el estudio se hizo en base a cada 5000 km teniendo un total de 24 mantenimientos en el mismo periodo de comparación.

A continuación, se realiza una comparación de tiempos estándar a los 20, 40, 60, 80, 100 y 120 mil kilómetros en los cuales tenemos actividades acordes al mantenimiento preventivo respectivo por vehículo.

- ❖ 20000 km, como se aprecia en la figura anterior, se emplea un tiempo de 1,08 horas para el mantenimiento del vehículo eléctrico, mientras que para el equipado con MCI el tiempo estándar es de 1,55 horas, esto quiere decir que el tiempo empleado para el

mantenimiento en este kilometraje es mayor en el MCI con un 30,32% equivalente a 0,47 horas.

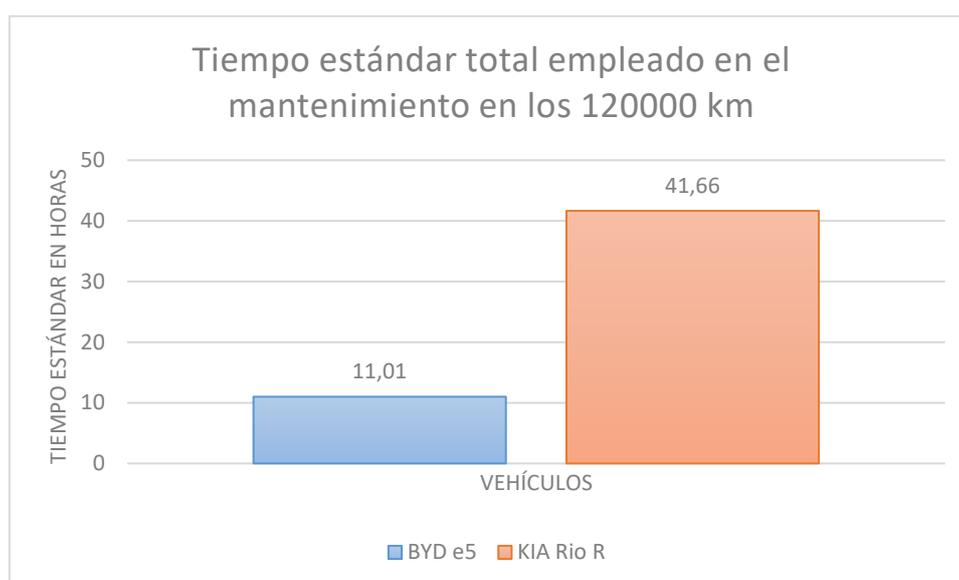
- ❖ 40000 km, se emplea un tiempo de 1,83 horas para el vehículo eléctrico, mientras que para el otro el tiempo estándar es de 2,68 horas, esto quiero decir que el tiempo de mantenimiento del auto equipado con MCI es superior en un 31,72% equivalente a 0,85 horas.
- ❖ 60000 km, el tiempo empleado en el mantenimiento del vehículo eléctrico es de 1,42 horas y de 5.62 horas para el equipado con MCI, lo que indica que el tiempo estándar empleado en el auto con MCI es 74,73% más que en el eléctrico lo que equivale a 4,20 horas.
- ❖ 80000 km, el vehículo eléctrico necesita de un tiempo estándar para su mantenimiento de 2,03 horas y el auto con MCI de 2,68 horas, lo que representa que el tiempo empleado en las actividades es superior en el MCI con un 24,25% equivalente a 0,65 horas.
- ❖ 100000 km, el tiempo estándar empleado en el mantenimiento preventivo del vehículo eléctrico es de 2,35 horas mientras que para el vehículo con MCI es de 1,55 horas, por ende, el tiempo empleado en el eléctrico es superior en un 34,04% equivalente a 0,8 horas.
- ❖ Y por último tenemos el tiempo empleado a los 120000 km que para el vehículo eléctrico es de 2,3 horas y para el auto con MCI es de 7,5 horas lo que representa que el tiempo empleado en el auto equipado con MCI es superior en un 69,33% equivalente a 5,2 horas.

El tiempo estándar menor en el vehículo MCI es de 0,57 horas esto es en los intervalos de cada 5000 km exceptuando los múltiplos de 10000, esto se debe a que se realiza el cambio de aceite y filtro de motor y una inspección del sistema de admisión de aire o una limpieza del sistema de frenos.

**Tabla 31.**

*Tiempo estándar total eléctrico vs MCI al final de los 120000 km*

Tipo	Horas
Eléctrico	11,01
MCI	41,66



**Figura 47.** Comparativa tiempo estándar total empleado en los 120000 km

En la figura anterior se observa que el tiempo estándar total del vehículo con MCI es superior al empleado en el eléctrico, los tiempos son de 41,66 y 11,01 horas respectivamente, estos datos representados en valor de porcentaje, mencionan que el tiempo de ejecución de las tareas

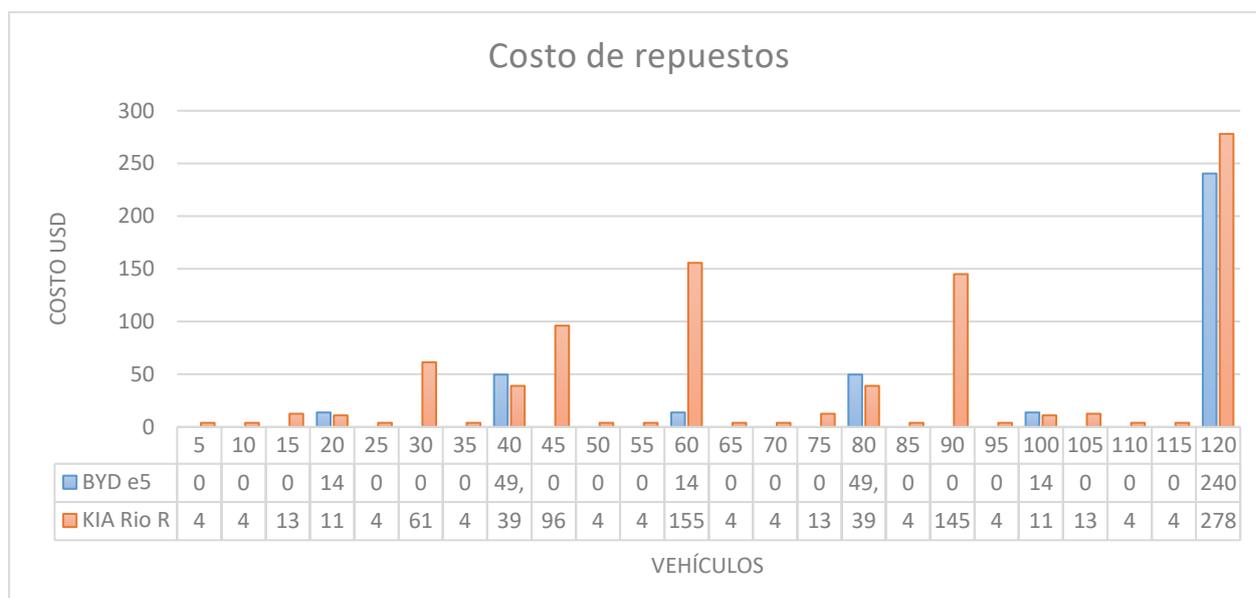
establecidas en el programa de mantenimiento preventivo del auto equipado con MCI es 73,57% más que en el eléctrico, lo que equivale 30,65 horas.

#### 4.5.3. Costo de repuestos

De acuerdo al programa de mantenimiento y a la frecuencia de mantenimiento detallados en las tablas 27 y 28 de los vehículos en estudio se presenta el costo de los repuestos para el mantenimiento preventivo, sin que existan eventualidades que generen el aumento de los mismos.

**Tabla 32.**  
*Costo de repuestos eléctrico vs MCI*

Km (x1000)	Costos repuestos USD	
	Eléctrico	MCI
5	0	3,96
10	0	3,96
15	0	12,54
20	13,76	11,01
25	0	3,96
30	0	61,41
35	0	3,96
40	49,70	39,01
45	0	96,13
50	0	3,96
55	0	3,96
60	13,76	155,70
65	0	3,96
70	0	3,96
75	0	12,54
80	49,70	39,01
85	0	3,96
90	0	145,00
95	0	3,96
100	13,76	11,01
105	0	12,54
110	0	3,96
115	0	3,96
120	240,44	278,04
<b>Total</b>	<b>381,12</b>	<b>921,46</b>



**Figura 48.** Comparativa de costo de repuestos

A continuación, se realiza una comparación a los 20, 40, 60, 80, 100 y 120 mil kilómetros que son el kilometraje que comparten mantenimiento los vehículos en estudio:

- ❖ 20000 km, en la figura anterior se observa que el costo de repuestos del vehículo eléctrico BYD e5 es de \$13,76 y del MCI es de \$11,01 dólares, por ende, para este mantenimiento los repuestos del eléctrico son más costosos en un 19,99% equivalente a \$2,72 dólares.
- ❖ 40000 km, en la comparación se observa que el costo de repuestos del vehículo eléctrico es de \$49,70 y del MCI es de \$39,01 dólares, dando como resultado que para este mantenimiento los repuestos son más costosos para el eléctrico en un 21,51% equivalente a \$10,69 dólares.
- ❖ 60000 km, la figura anterior muestra que el costo de repuestos para el BYD e5 es de \$13,76 y para el MCI es de \$155,70 dólares, esto se debe a que en el MCI se realiza

un mantenimiento íntegro a todos los sistemas del vehículo, por ende, el costo de repuestos de este vehículo es superior al eléctrico en un 91,16% equivalente a \$141,94 dólares.

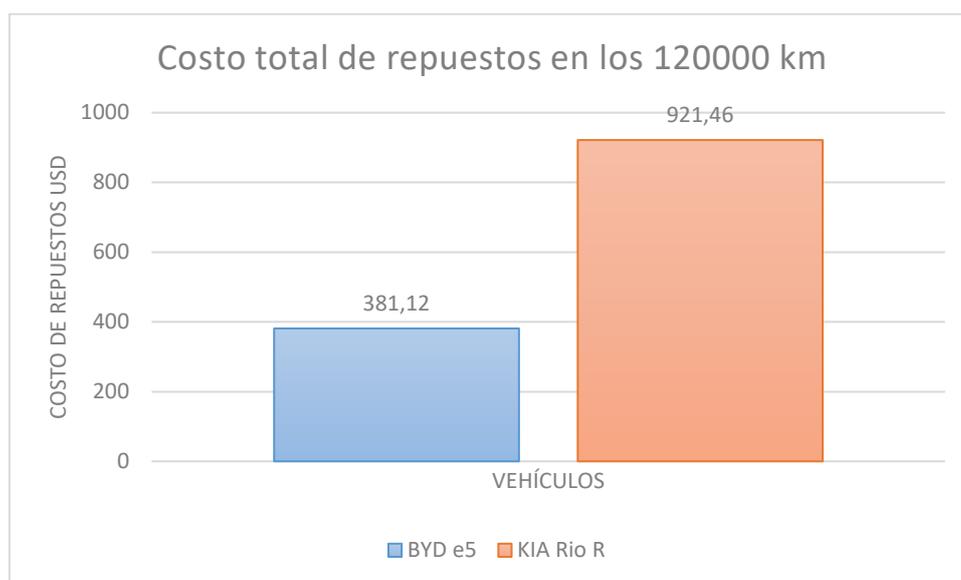
- ❖ 80000 km, en la comparativa muestra que el costo de repuestos del vehículo eléctrico es de \$49,70 y del MCI es de \$39,01 el costo del eléctrico es superior en un 21,51% al costo del MCI lo que equivale a \$10,69 dólares.
- ❖ 100000 km, en la figura anterior se observa que el costo de repuestos del vehículo eléctrico BYD e5 es de \$13,76 mientras que del MCI es de \$11,01 dólares lo que significa que en este mantenimiento los repuestos del auto eléctrico son más costosos en un 19,99% en comparación con el MCI lo que equivale a \$2,72 dólares.
- ❖ 120000 km, en la comparativa muestra el costo de los repuestos del vehículo eléctrico es de \$240,44 y del MCI es de \$278,04 los repuestos son más costosos en el MCI debido a que se realiza un mantenimiento completo de todos los sistemas, en el auto eléctrico se realiza el reemplazo de las pastillas de freno delanteras y posteriores, por ende, el costo del MCI es superior en un 13,53% en comparación con el eléctrico, lo que equivale a \$37,60 dólares.

Cabe destacar que el costo mínimo de repuestos del MCI es de \$3,96 dólares en los mantenimientos múltiples de 5000 km, exceptuando los múltiples de 10000 km, además cada 15000 km se realiza el reemplazo del filtro de aire del sistema de admisión lo que eleva el costo de repuestos de \$3,96 a \$11,00 dólares

**Tabla 33.**

*Costo de repuestos eléctrico vs MCI al final de los 120000 km*

Tipo	Costo USD
Eléctrico	381,12
MCI	921,46



**Figura 49.** Comparativa de costos de repuestos al final de los 120000 km

En la figura anterior, muestra que el costo de repuestos al final de los 120000 km es más costoso en el vehículo con MCI, esto se debe a que el mismo tiene más intervalos de mantenimiento con un valor de \$941.46 en comparación con el eléctrico que es de \$381,12 dólares. Existe una diferencia de \$560.34 dólares, lo que representa que los repuestos del auto equipado con MCI es 59,52% más costoso que el eléctrico.

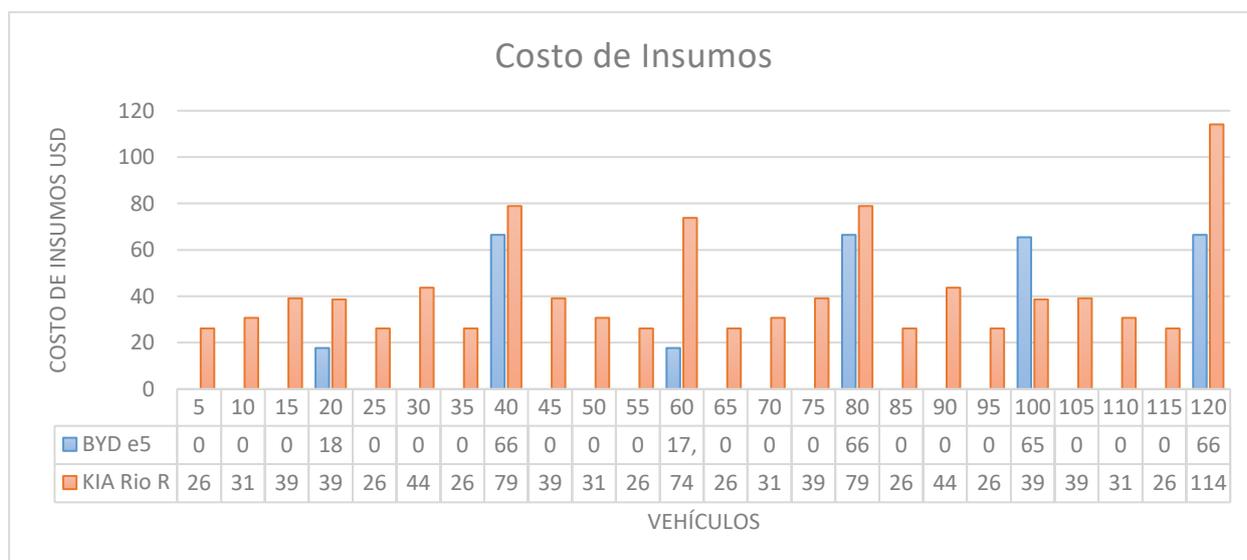
#### 4.5.4. Costo de insumos

De acuerdo al programa de mantenimiento y a la frecuencia de mantenimiento detallados en las tablas 27 y 28 de los vehículos en estudio se presenta el costo de los insumos para el mantenimiento preventivo, sin que existan eventualidades que generen el aumento de los mismos.

**Tabla 34.**

*Costo de insumos eléctrico vs MCI*

Km (x1000)	Costo insumos USD	
	Eléctrico	MCI
5	0	26,12
10	0	30,70
15	0	39,12
20	17,70	38,66
25	0	26,12
30	0	43,70
35	0	26,12
40	66,48	78,91
45	0	39,12
50	0	30,70
55	0	26,12
60	17,70	73,80
65	0	26,12
70	0	30,70
75	0	39,12
80	66,48	78,91
85	0	26,12
90	0	43,70
95	0	26,12
100	65,45	38,66
105	0	39,12
110	0	30,70
115	0	26,12
120	66,48	114,10
<b>Total</b>	<b>300,29</b>	<b>998,68</b>



**Figura 50.** Comparativa costos de insumos

A continuación, se realiza una comparación a los 20, 40, 60, 80, 100 y 120 mil kilómetros que son el kilometraje que comparten mantenimiento los vehículos en estudio:

- ❖ 20000 km, en la figura anterior se observa que el costo de insumos del vehículo eléctrico BYD e5 es de \$17,70 y del MCI es de \$38,66 dólares, por ende, para este mantenimiento los insumos del equipado con motor de combustión interna son más costosos en un 54,22% equivalente a \$20,96 dólares.
- ❖ 40000 km, en la comparación se observa que el costo de insumos del vehículo eléctrico es de \$66,48 y del MCI es de \$78,91 dólares, dando como resultado que para este mantenimiento los repuestos son más costosos para el automotor de combustión interna en un 15,75% equivalente a \$12,43 dólares.

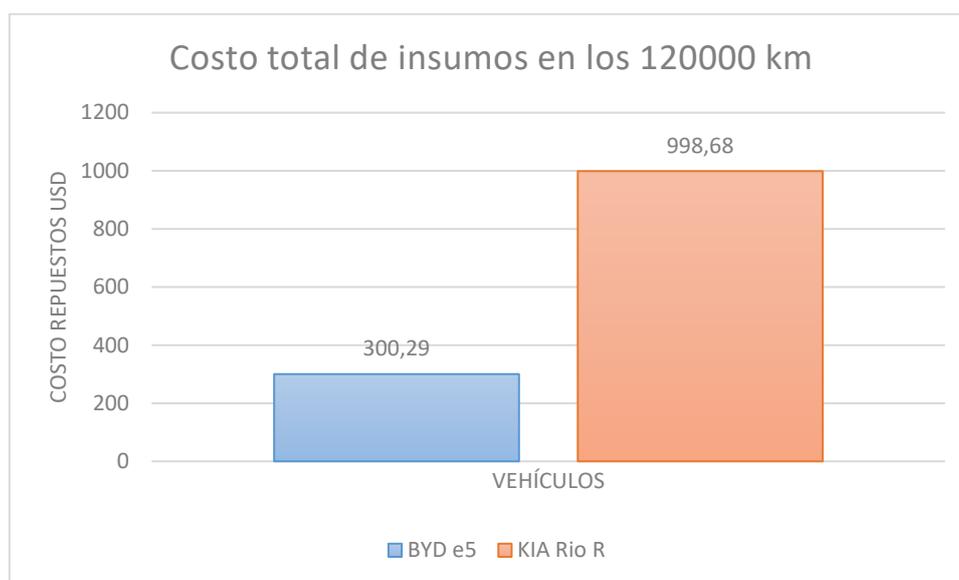
- ❖ 60000 km, la figura anterior muestra que el costo de insumos para el BYD e5 es de \$17,70 y para el MCI es de \$73,80 dólares, por ende, el costo de repuestos de este vehículo es superior al eléctrico en un 76,02% equivalente a \$56,10 dólares.
- ❖ 80000 km, en la comparativa muestra que el costo de insumos del vehículo eléctrico es de \$66,48 y del MCI es de \$78,91, siendo este costo igual al del mantenimiento de los 40000 km, debido a que se utiliza la misma cantidad de insumos, por ende, el costo del MCI es superior en un 15,75% al costo del eléctrico, lo que equivale a \$12,43 dólares.
- ❖ 100000 km, en la figura anterior se observa que el costo de insumos del vehículo eléctrico BYD e5 es de \$65,45 mientras que del MCI es de \$38,66 dólares lo que significa que en este mantenimiento los insumos del auto eléctrico son más costos en un 40,93% en comparación con el automotor de combustión interna, lo que equivale a \$26,79 dólares.
- ❖ 120000 km, en la comparativa muestra el costo de los insumos del vehículo eléctrico es de \$66,48 y del MCI es de \$114,10 los insumos son más costosos en el de combustión interna, debido a que se realiza un mantenimiento completo de todos los sistemas, por ende, el costo del MCI es superior en un 41,74% en comparación con el eléctrico, lo que equivale \$47,62 dólares.

Cabe destacar que el costo mínimo de insumos en el MCI es de \$26,12 dólares en los mantenimientos múltiples de 5000 km, exceptuando los múltiples de 10000 km, seguido de esto tenemos el costo de \$30,70 dólares que se da en los mantenimientos de 10, 50, 70 y 110 mil kilómetros.

**Tabla 35.**

*Costo de insumos eléctrico vs MCI al final de los 120000 km*

Tipo	Costo USD
Eléctrico	300,29
MCI	998,68



**Figura 51.** Comparativa costos de insumos al final de los 120000 km

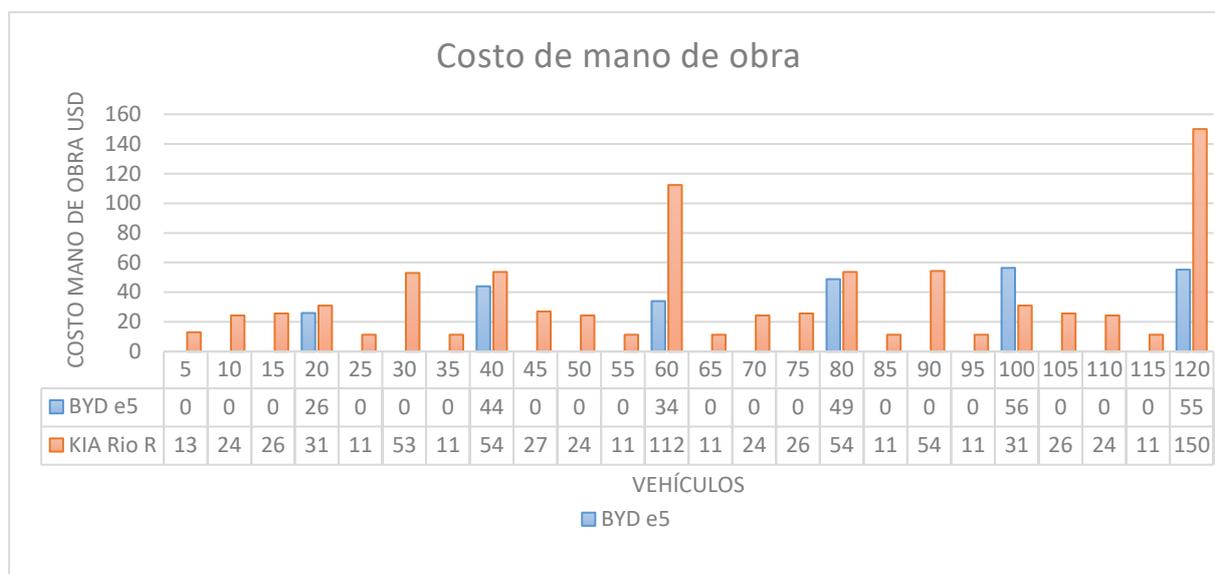
En la figura anterior, muestra que el costo de insumos al final de los 120000 km es más costoso en el vehículo con MCI con un valor de \$998,68 en comparación con el eléctrico que es de \$300,29 dólares. Existe una diferencia de \$698,39 dólares, lo que representa que los insumos del auto equipado con motor de combustión interna es 69,93% más costoso que el eléctrico.

#### 4.5.5. Costo de mano de obra

De acuerdo a las tablas 37 y 38 que detallan el costo de mano de obra por tiempo, y el tiempo estándar que se demora por ejecutar las actividades de mantenimiento, se realiza el siguiente análisis:

**Tabla 36.**  
*Costo de mano de obra eléctrico vs MCI*

Km (x1000)	Costo mano de obra USD	
	Eléctrico	MCI
5	0	13,00
10	0	24,33
15	0	25,67
20	26,00	31,00
25	0	11,33
30	0	53,00
35	0	11,33
40	44,00	53,67
45	0	27,00
50	0	24,33
55	0	11,33
60	34,00	112,33
65	0	11,33
70	0	24,33
75	0	25,67
80	48,80	53,67
85	0	11,33
90	0	54,33
95	0	11,33
100	56,40	31,00
105	0	25,67
110	0	24,33
115	0	11,33
120	55,20	150,00
<b>Total</b>	<b>264,40</b>	<b>832,64</b>



**Figura 52.** Comparativa del costo de mano de obra

A continuación, se realiza una comparación a los 20, 40, 60, 80, 100 y 120 mil kilómetros que son el kilometraje que comparten mantenimiento los vehículos en estudio:

- ❖ 20000 km, en la figura anterior se observa que el costo de mano de obra del vehículo eléctrico BYD e5 es de \$26,00 y del MCI es de \$31,00 dólares, por ende, el MCI tiene un valor más costoso en un 16,13% equivalente a \$5,00 dólares.
- ❖ 40000 km, en la comparación se observa que el costo de mano de obra del vehículo eléctrico es de \$44,00 y del MCI es de \$53,67 dólares, dando como resultado que el MCI la ejecución de las tareas de mantenimiento es más costosa en un 18,01% equivalente a \$9,66 dólares.
- ❖ 60000 km, la figura anterior muestra que el costo de mano de obra para el BYD e5 es de \$34,00 y para el MCI es de \$112,33 dólares, por ende, las actividades de mantenimiento en el vehículo equipado con MCI son más costosas en un 69,73%

equivalente \$78,33 dólares, esto se debe a que en el auto de combustión se realiza un mantenimiento integral de todos los sistemas debido a que cumple la mitad del recorrido de garantía.

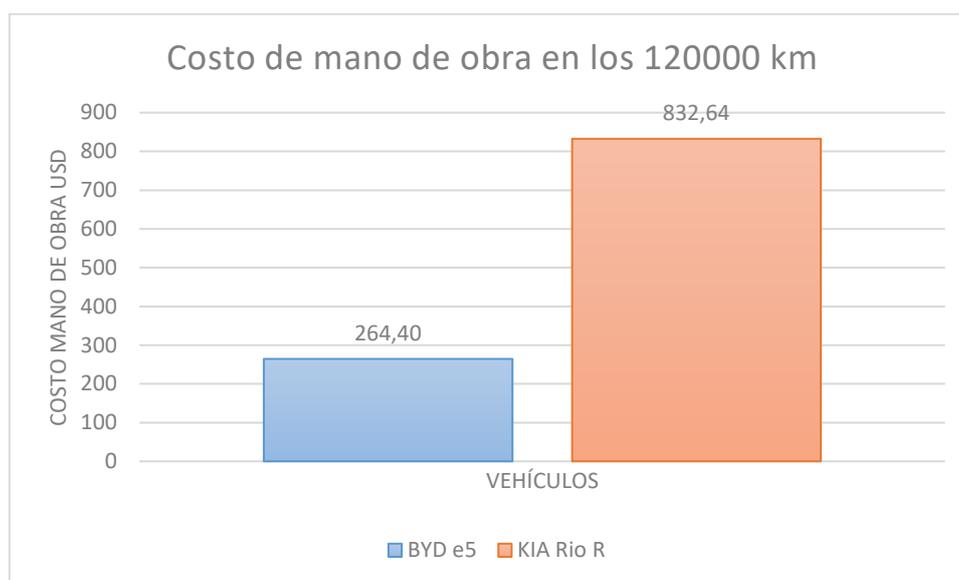
- ❖ 80000 km, en la comparativa muestra que el costo de mano de obra del vehículo eléctrico es de \$48,80 y del MCI es de \$53,67 por ende el costo de las actividades de mantenimiento en el auto de combustión es superior en un 9,07% al costo del eléctrico, lo que equivale a \$4,87 dólares.
- ❖ 100000 km, en la figura anterior se observa que el costo de mano de obra del vehículo eléctrico BYD e5 es de \$56,40 mientras que del MCI es de \$31,00 dólares lo que significa que las actividades de mantenimiento son más costosas en un 45,04% en el auto eléctrico en comparación con el MCI, lo que equivale a \$25,40 dólares.
- ❖ 120000 km, en la comparativa muestra el costo de mano de obra del vehículo eléctrico es de \$55,20 y del MCI es de \$150,00 las actividades de mantenimiento son más costosas en el MCI debido a que se realiza un mantenimiento completo de todos los sistemas, por ende, el costo del MCI es superior en un 63,20% en comparación con el eléctrico, lo que equivale \$94,80 dólares.

Cabe destacar que el costo mínimo de mano de obra en el MCI es de \$11,33 dólares en los mantenimientos de 25, 55, 65, 85, 95 y 115 mil kilómetros, en los kilometrajes en mención se realiza las actividades de cambio de aceite y filtro de motor además de la limpieza o reemplazo del filtro de aire del sistema de admisión.

**Tabla 37.**

*Costo de mano de obra eléctrico vs MCI al final de los 120000 km*

Tipo	Costo USD
Eléctrico	264,40
MCI	832,64



**Figura 53.** Costo de mano de obra al final de los 120000 km

En la figura anterior, muestra que el costo de mano de obra al final de los 120000 km es más costoso en el vehículo con MCI con un valor de \$832,64 en comparación con el eléctrico que es de \$264,40 dólares. Existe una diferencia de \$568,24 dólares, lo que representa que las actividades de mantenimiento en el auto de combustión es 68,25% más costoso que el eléctrico.

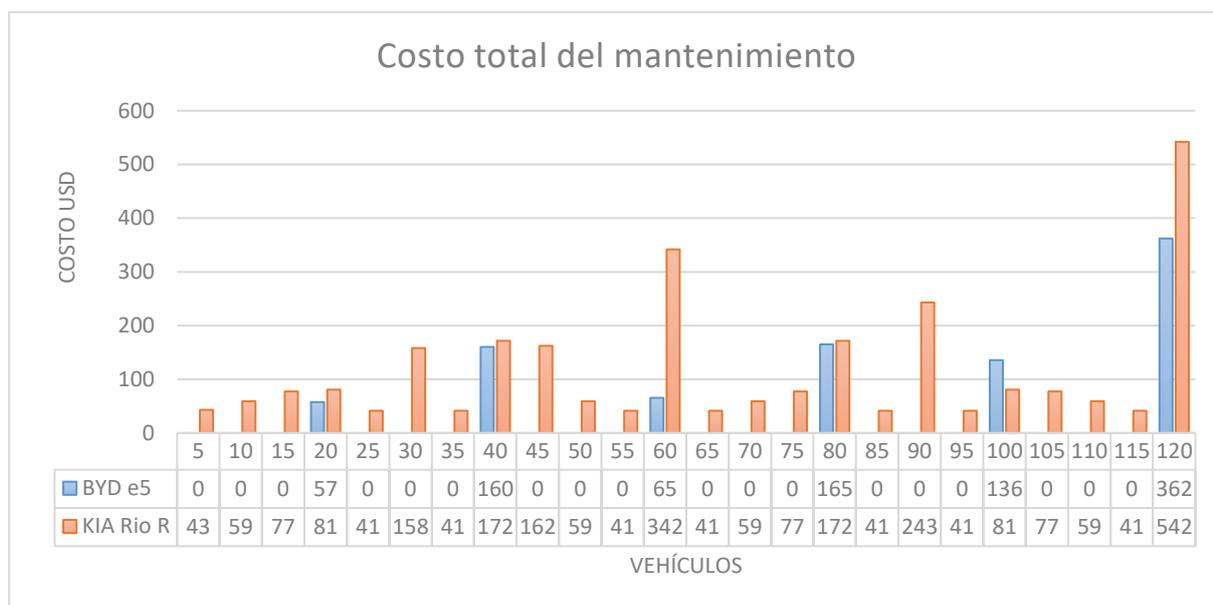
#### 4.5.6. Costo total del mantenimiento preventivo

Con la información de costos de repuestos, insumos y mano de obra se establece el costo del mantenimiento por kilometraje recorrido y el valor al final de los 120000 km.

**Tabla 38.**

*Costo total del mantenimiento eléctrico vs MCI*

Km (x1000)	Costo total de mantenimiento USD	
	Eléctrico	MCI
5	0	43,08
10	0	58,99
15	0	77,33
20	57,46	80,67
25	0	41,41
30	0	158,11
35	0	41,41
40	160,18	171,59
45	0	162,25
50	0	58,99
55	0	41,41
60	65,46	341,83
65	0	41,41
70	0	58,99
75	0	77,33
80	164,98	171,59
85	0	41,41
90	0	243,03
95	0	41,41
100	135,61	80,67
105	0	77,33
110	0	58,99
115	0	41,41
120	362,12	542,14
<b>Total</b>	<b>945,81</b>	<b>2752,78</b>



**Figura 54.** Comparativa del costo total del mantenimiento

A continuación, se realiza una comparación a los 20, 40, 60, 80, 100 y 120 mil kilómetros que son el kilometraje que comparten mantenimiento los vehículos en estudio:

- ❖ 20000 km, en la figura anterior se observa que el costo total del mantenimiento del vehículo eléctrico BYD e5 es de \$57,46 y del MCI es de \$80,67 dólares, por ende, el valor de mantenimiento del eléctrico es menos costoso en un 28,77% equivalente a \$23,21 dólares.
- ❖ 40000 km, en la comparación se observa que el costo de mantenimiento total del vehículo eléctrico es de \$160,18 y del MCI es de \$171,59 dólares, dando como resultado que el valor de mantenimiento es más costoso para el de combustión interna en un 6,65% equivalente a \$11,41 dólares.
- ❖ 60000 km, la figura anterior muestra que el costo total del mantenimiento para el BYD e5 es de \$65,46 y para el MCI es de \$341,83 dólares, por ende, el costo de

mantenimiento en el vehículo de combustión es superior al eléctrico en un 80,85% equivalente \$276,37 dólares, esto se debe a que en este mantenimiento se realiza diferentes actividades en todos los sistemas del automotor de combustión interna.

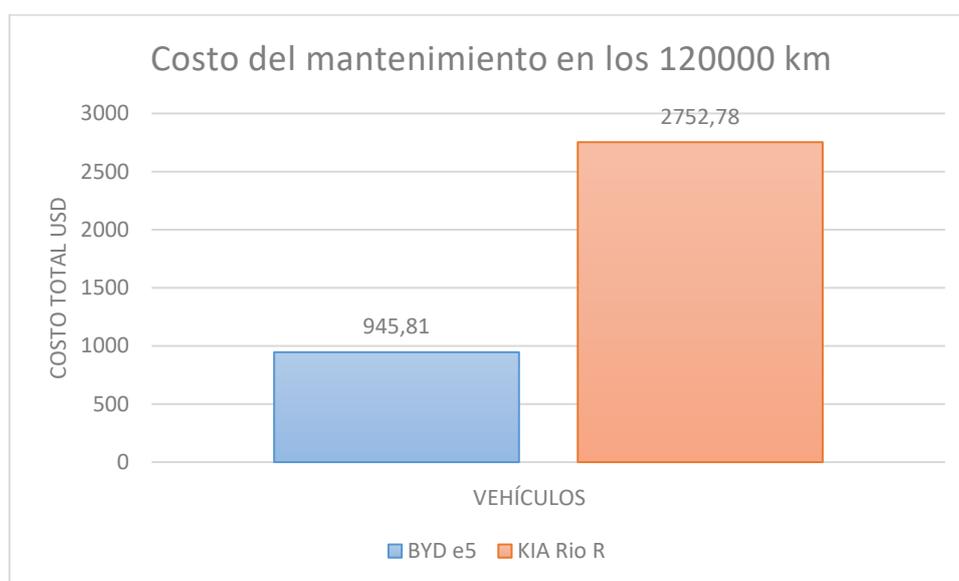
- ❖ 80000 km, en la comparativa muestra que el costo total de mantenimiento del vehículo eléctrico es de \$164,98 y del MCI es de \$171,59 por ende el costo del eléctrico es inferior en un 3,85% al costo de mantenimiento del de combustión interna, lo que equivale a \$6,61 dólares.
- ❖ 100000 km, en la figura anterior se observa que el costo de mantenimiento total del vehículo eléctrico BYD e5 es de \$135,61 mientras que del MCI es de \$80,67 dólares lo que significa que en este mantenimiento el auto eléctrico es más costoso en un 40,51% en comparación con el de combustión interna, lo que equivale a \$54,94 dólares.
- ❖ 120000 km, en la comparativa muestra el costo total de mantenimiento del vehículo eléctrico es de \$362,12 y del MCI es de \$542,14 por ende, es más costoso en el MCI debido a que se realiza un mantenimiento completo de todos los sistemas, el costo es superior en un 33,21% en comparación con el eléctrico, lo que equivale \$180,02 dólares.

Cabe destacar que el costo mínimo total de mantenimiento en el MCI es de \$41,41 dólares en los mantenimientos de 25, 35, 55, 65, 85, 95 y 115 mil kilómetros, seguido de esto tenemos el costo de \$58,99 y existen mantenimientos con un costo de \$77,33 en los 15, 75 y 105 mil kilómetros.

**Tabla 39.**

*Costo del mantenimiento vehículo eléctrico vs MCI al final de los 120000 km*

Tipo	Costo USD
Eléctrico	945,81
MCI	2752,78



**Figura 55.** Comparativa del costo de mantenimiento total al final de los 120000 km

En la figura anterior, muestra que el costo total del mantenimiento al final de los 120000 km es más costoso en el vehículo con MCI con un valor de \$2752,78 en comparación con el eléctrico que es de \$945,81 dólares. Existe una diferencia de \$1806,97 dólares, lo que representa que las actividades de mantenimiento en el auto de combustión interna es 65,64% más costoso que el eléctrico.

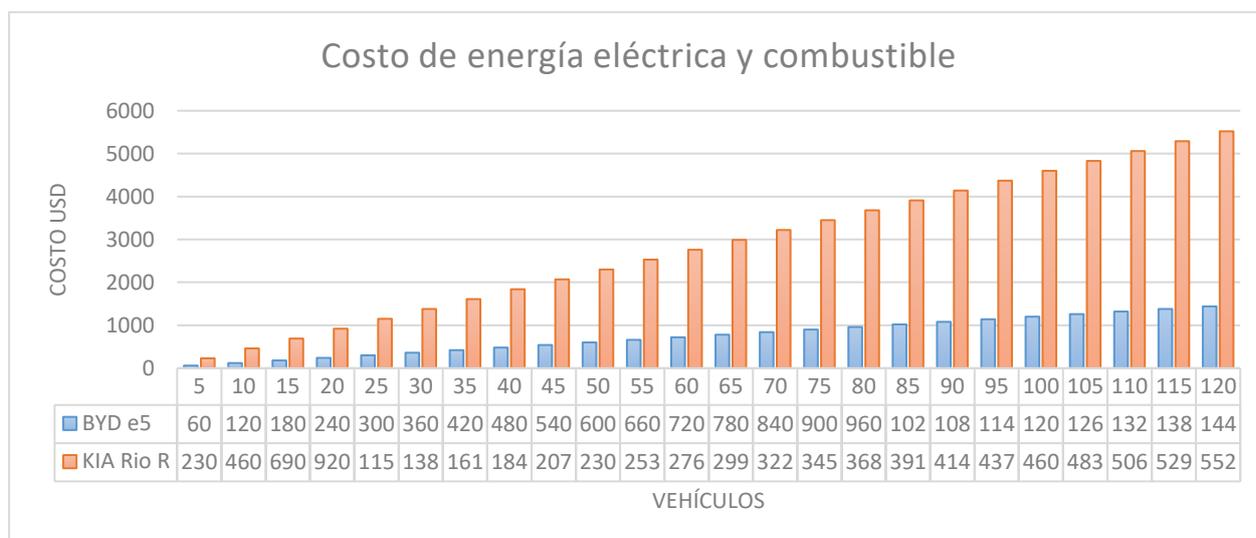
#### 4.5.7. Autonomía

Como se mencionó en la tabla 22 y 23, se tiene el costo de Km recorrido, para el caso del vehículo eléctrico BYD e5, el costo de KWh, mientras que para el de combustión interna el costo de combustible extra de 87 octanos existentes en las gasolineras del país.

El costo por kilómetro recorrido para el eléctrico es de \$0,012 y para el MCI es de \$0,047 dólares, en base a eso realizamos el cálculo para la frecuencia de mantenimiento y conocer cuánto se gasta en combustible y en energía eléctrica por cada mantenimiento hasta llegar a los 120000 km.

**Tabla 40.**  
*Costo de consumo de energía eléctrica y combustible*

Km (x1000)	Costo total consumo energía eléctrica y combustible USD	
	Eléctrico	MCI
5	60,00	230,00
10	120,00	460,00
15	180,00	690,00
20	240,00	920,00
25	300,00	1150,00
30	360,00	1380,00
35	420,00	1610,00
40	480,00	1840,00
45	540,00	2070,00
50	600,00	2300,00
55	660,00	2530,00
60	720,00	2760,00
65	780,00	2990,00
70	840,00	3220,00
75	900,00	3450,00
80	960,00	3680,00
85	1020,00	3910,00
90	1080,00	4140,00
95	1140,00	4370,00
100	1200,00	4600,00
105	1260,00	4830,00
110	1320,00	5060,00
115	1380,00	5290,00
120	1440,00	5520,00



**Figura 56.** Comparativo costo de energía eléctrica y combustible

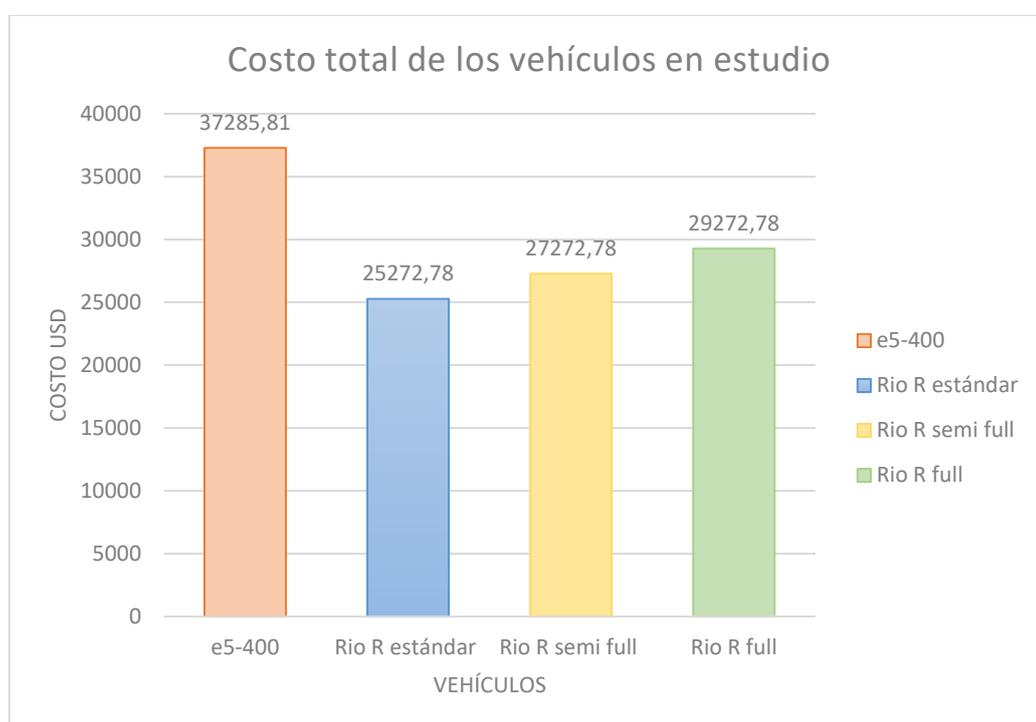
El costo de consumo eléctrico para el vehículo eléctrico BYD e5 es menor en cuanto al costo de consumo de combustible utilizado por el auto de combustión interna, en los 120000 km que se realiza la comparación el eléctrico ha gastado en la recarga de baterías \$1440,00 mientras que el MCI gasta \$5520,00 dólares, esto quiere decir que en autonomía el de combustión interna es más costoso con un 73,92% lo que equivale a \$4080,00 dólares de ahorro para el eléctrico.

#### 4.5.8. Comparación total

Para la comparación total entre los vehículos en estudio se considera lo siguiente: costo de adquisición, costo de mantenimiento total y el costo de su autonomía.

**Tabla 41.**  
Comparación entre el vehículo eléctrico vs MCI

Marca	Modelo	Costo de adquisición USD	Costo de mantenimiento USD	Costo de energía eléctrica/combustible USD	Costo total
BYD	e5-400	34900,00	945,81	1440,00	37285,81
	Rio R estándar	17000,00			25272,78
KIA	Rio R semi full	19000,00	2752,78	5520,00	27272,78
	Rio R full	21000,00			29272,78



**Figura 57.** Comparativa costo total vehículo eléctrico vs MCI al final de los 120000 km

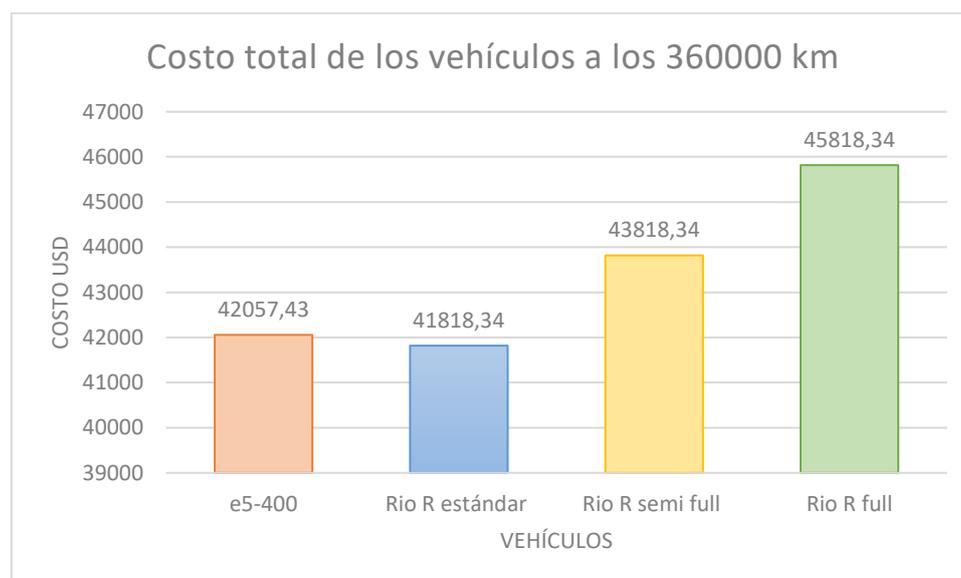
En la figura anterior se observa que el costo del vehículo eléctrico sumado el valor de mantenimiento y consumo de energía eléctrica hasta los 120000 km, es superior a todas las versiones del auto de combustión interna, para el modelo estándar es superior en \$12013,03 lo que significa un 32,22% más costoso, mientras que para el semi full es \$10013,03 que

representa un 26,85% y por ultimo para la versión full es mayor en \$8013,03 dólares lo que representa un 21,49% más costoso.

Con el fin de conocer el kilometraje en el cual el vehículo eléctrico empieza a ser más rentable que el de combustión interna, se proyecta el mantenimiento y la autonomía, dando como resultado a partir de los 360000 km, en comparación con las versiones semi full y full del automotor de combustión interna.

**Tabla 42.**  
*Costo total del vehículo eléctrico vs MCI a los 360000 km*

Modelo	Costo de adquisición USD	Costo mantenimiento + energía eléctrica/combustible USD	Costo de mantenimiento + autonomía a los 360000 km USD	Costo total a los 360000 km USD
e5-400	34900,00	2385,81	7157,43	42057,43
Rio R estándar	17000,00			41818,34
Rio R semi full	19000,00	8272,78	24818,34	43818,34
Rio R full	21000,00			45818,34



**Figura 58.** Comparativo costo total del vehículo eléctrico vs MCI a los 360000 km

En la figura anterior se aprecia que el costo de los modelos del vehículo de combustión interna semi full y full son superiores al eléctrico a partir de los 360000 km.

La versión estándar en este kilometraje es inferior al eléctrico en \$239,09 dólares, lo que representa que el modelo BYD e5 es más costoso en un 0,57%.

La versión semi full a los 360000 km es superior al eléctrico en \$1760,91 dólares, lo que representa que el MCI es más costoso en 4,02%.

Y por último el modelo full a los 360000 km es más costosa en \$3760,91 dólares, lo que representa que el costo de este modelo sea superior en 8,21%.

#### 4.5.9. Costo de la flota existente en Loja

Tomando los datos de la compañía “ELECTRI LOJA ECOLOSUR S.A” que cuenta con 35 vehículos BYD e5 se realiza un análisis de costos de mantenimiento y autonomía para la flota.

**Tabla 43.**

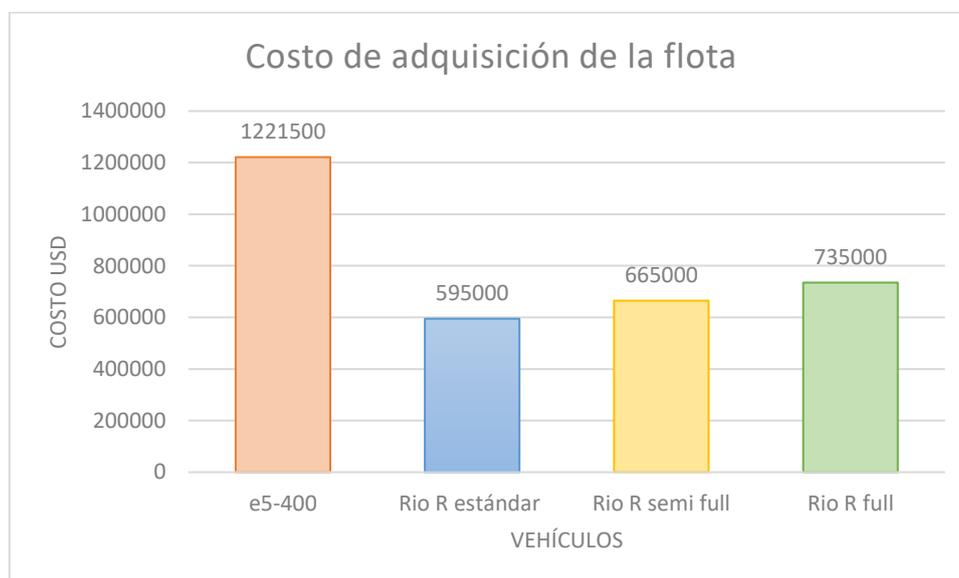
*Costo de mantenimiento a los 360000 km para la flota existente en Loja*

Marca	Modelo	Costo de adquisición USD	Tiempo de ejecución (Horas)	Costo de mantenimiento USD	Costo de energía eléctrica/combustible USD	Costo unidad	# de unidades	Costo total 120000 km USD	Costo total 360000 km USD
BYD	e5-400	34900,00	11,01	945,81	1440,00	37285,11	35	1305003,35	1472010,05
KIA	Rio R estándar	17000,00	41,66	2752,78	5520,00	25272,78	35	884547,30	1463641,90

**CONTINÚA** 

Rio R semi full	19000,00	27272,78	35	954547,30	1533641,90
Rio R full	21000,00	29272,78	35	1024547,30	1603641,90

A continuación se presenta en detalle el costo de mantenimiento y autonomía de la flota considerando el vehículo eléctrico BYD e5 y las versiones del automotor de combustión interna.

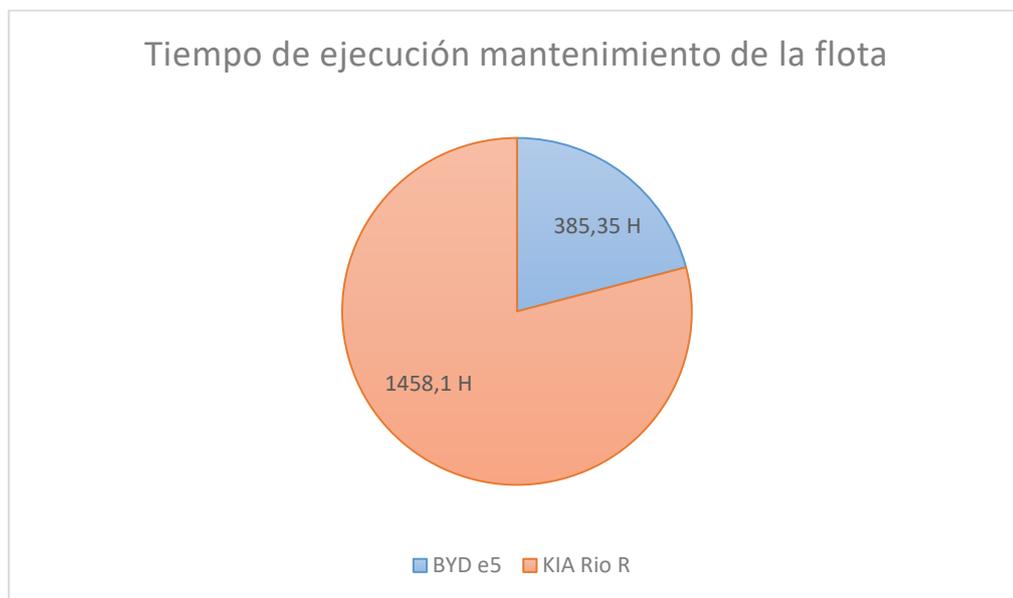


**Figura 59.** Costo de adquisición de la flota eléctrico vs MCI

La figura anterior muestra que el costo de adquisición del vehículo eléctrico BYD e5 es más elevado que los modelos de combustión interna.

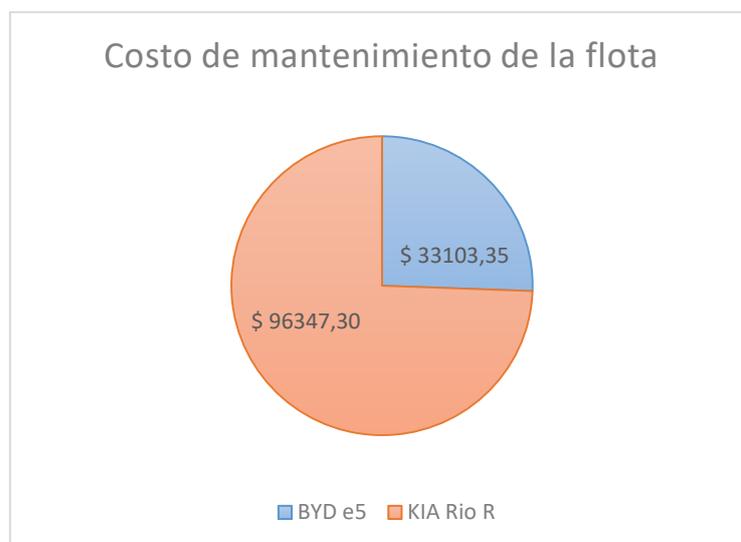
El vehículo BYD e5 es más costoso en un 51,29% es decir \$626500,00 dólares más que la versión estándar del MCI, de la misma forma es superior en un 45,56% equivalente a

\$556500,00 dólares al modelo semi full y con respecto a la versión full su costo es un 39,83% más elevado lo que representa una diferencia de \$486500,00 dólares.



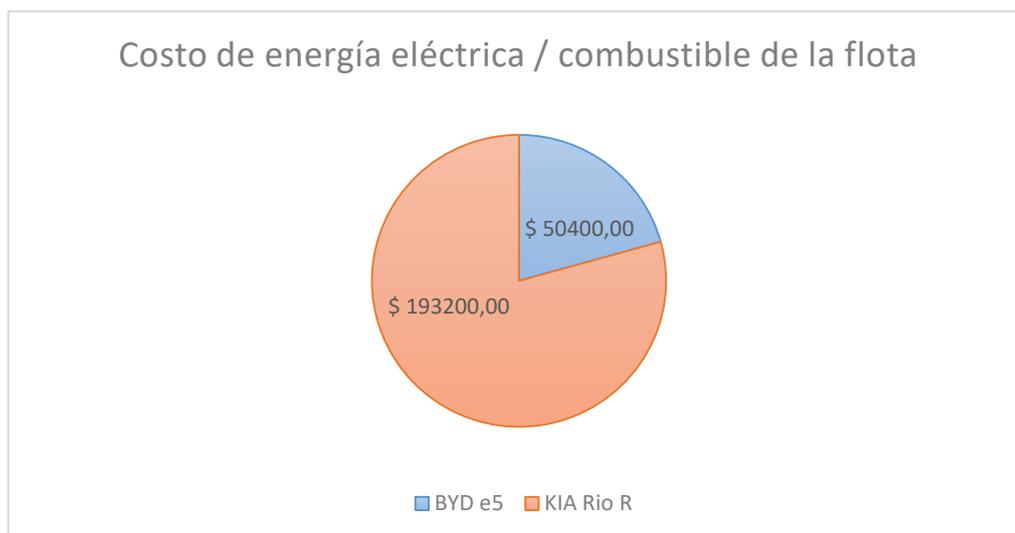
**Figura 60.** Tiempo de ejecución de mantenimiento de la flota eléctrico vs MCI

En la figura anterior se observa que el tiempo de ejecución de mantenimiento es mayor en el MCI con respecto a la flota de eléctricos en un 73,57% equivalente a 1072,75 horas



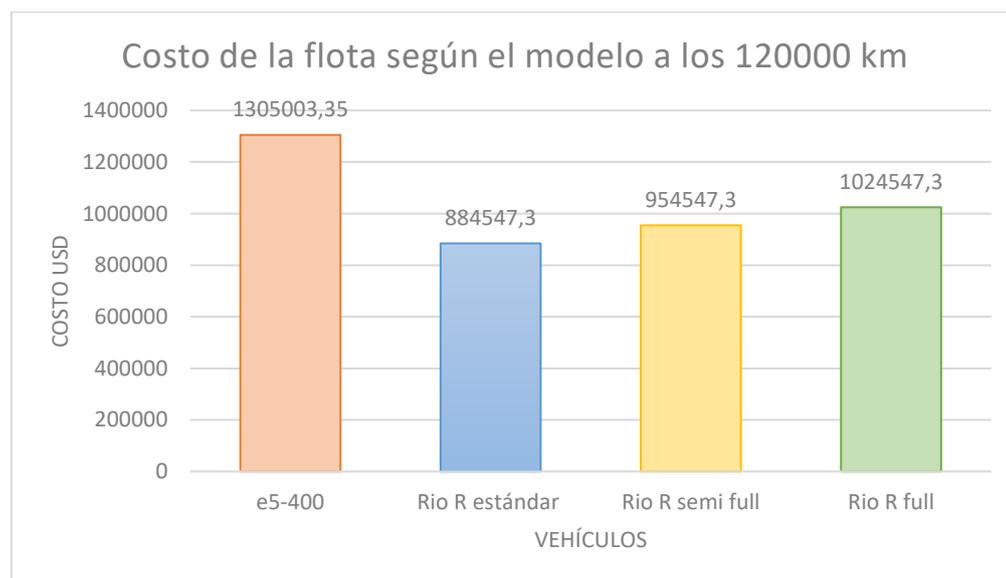
**Figura 61.** Costo de mantenimiento de la flota eléctrico vs MCI

La figura anterior muestra que el costo de mantenimiento es superior en una flota de autos de combustión interna, con respecto a la de vehículos eléctricos en un 65,64% equivalente a \$63243,95 dólares.



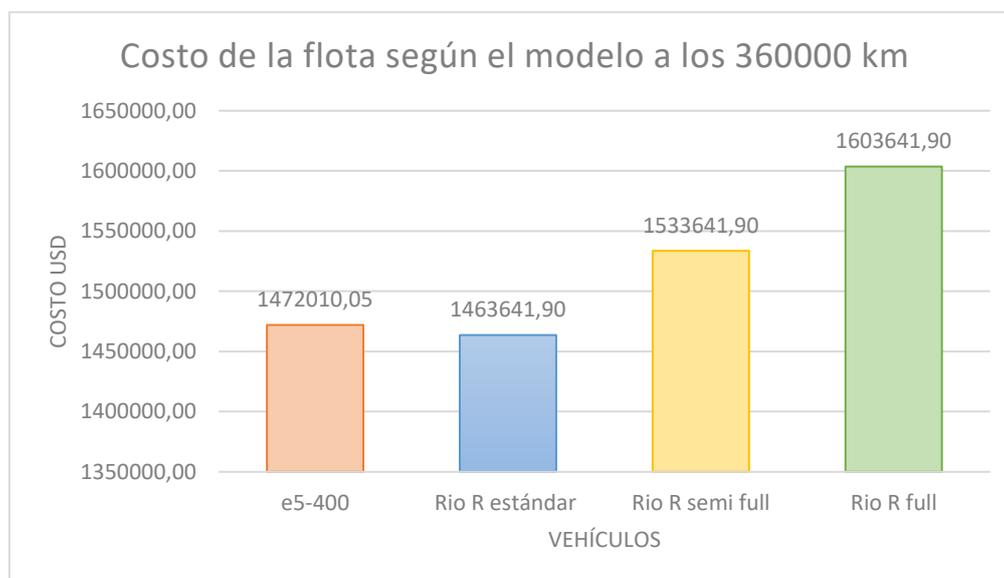
**Figura 62.** Costo de energía eléctrica vs costo de combustible en la flota

La figura anterior muestra que el costo de combustible en la flota de vehículos de combustión interna es superior en un 73,91% equivalente a \$142800,00 dólares, con respecto al costo de energía eléctrica consumido por la flota de autos eléctricos.



**Figura 63.** Costo total de la flota a los 120000 km eléctrico vs MCI

El costo de la flota de vehículos eléctricos es superior después de un recorrido de 120000 km como muestra la gráfica anterior, por ende para la versión estándar es más costoso en un 32,22% equivalente a \$420456,05 para el modelo semi full es superior en un 26,85% esto es \$350456,05 de diferencia y con respecto a la versión full es mayor en un 21,49% lo que representa \$280456,05.



**Figura 64.** Costo total de la flota a los 360000 km eléctrico vs MCI

En la figura anterior se aprecia que el costo de la flota con modelos de vehículo de combustión interna semi full y full son superiores al eléctrico a partir de los 360000 km.

La versión estándar en este kilometraje es inferior al eléctrico en \$8368,15 dólares, lo que representa que el modelo BYD e5 es más costoso en un 0,57%.

La versión semi full a los 360000 km es superior al eléctrico en \$61631,85 dólares, lo que representa que el MCI es más costoso en 4,02%.

Y por último el modelo full a los 360000 km es más costosa en \$131631,85 dólares, lo que representa que el costo de este modelo sea superior en 8,21%.

#### **4.5.10. Rentabilidad entre el vehículo BYD e5 y su similar de combustión interna**

Como se describe en la tabla 22, considerando un recorrido de 250 km diarios en un periodo de 30 días trabajando entre 10 y 12 horas se obtiene 7500 km recorridos al mes, por ende, en un año tenemos 90000 km, esto quiere decir que en 4 años se alcanza los 360000 km, en los que el vehículo eléctrico empieza a ser más rentable en comparación a su similar de combustión interna.

Según la resolución No. 053-DIR-2015-ANT, menciona lo siguiente:

Mediante memorando No. ANT-DEP-2015-0462 de 31 de julio de 2015, el director técnico de área de estudios y proyectos (E) adjunta informe No. 173-DEP-CE-ME-2015-ANT, en el cual, se realiza un análisis técnico para determinación de la vida útil de los vehículos utilizados en el servicio de transporte comercial en la modalidad de taxis ejecutivos y se determina la factibilidad de establecer a 10 años la vida útil de los mismos (Agencia Nacional de Tránsito, 2015)

Por lo tanto en base a la resolución, se tiene que de los 10 años de vida útil del vehículo, si es ocupado para ser taxi, 4 años son destinados a equiparar costos de adquisición y mantenimiento en comparación al de combustión interna, obteniendo 6 años para generar mayores ingresos y rentabilidad a su dueño, por ende se puede decir que el vehículo BYD e5 es rentable en este periodo.

## CAPÍTULO V

### MARCO ADMINISTRATIVO

#### 1.1. Recursos

Para realizar el proyecto se utilizó distintos recursos que se detalla a continuación, los mismos que facilitaron el desarrollo y conclusión de la investigación

##### 1.1.1. Recursos humanos

El recurso humano que intervino en la ejecución de la investigación es el siguiente:

**Tabla 44.**  
*Recursos humanos*

<b>Ord.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Función</b>	<b>Carrera/Departamento</b>
1.	Roberto Guamán	Investigador	Ingeniería Automotriz
2.	Ing. Danilo Zambrano	Colaborador científico	Ciencias Energía y Mecánica
3.	Ing. Ángel Coyago	Colaborador	BYD
4.	Ing. Andrés Jungblut	Colaborador	BYD
5.	Ing. Jorge Rodríguez	Colaborador	BYD
6.	Ing. Pablo Cuenca	Colaborador	Taller Autorizado
7.	Tec. José González	Colaborador	Taller Autorizado
8.	Tec. Jaime Lojano	Colaborador	Taller Autorizado
9.	Ing. William Laica	Colaborador	Taller de Mantenimiento Mecánico

Cabe destacar la colaboración y entrega del Ing. Danilo Zambrano, quien estuvo en constante supervisión del desarrollo de la investigación, estableciendo objetivos claros para la realización de la misma.

Así como también la de los Ing. Jorge Rodríguez y Pablo Cuenca quienes estuvieron prestos para que la visita de campo se desarrolle de la mejor manera y que la investigación pueda realizarse.

Recalco que los técnicos del taller autorizado estuvieron consientes que se realizaría un estudio de tiempos, se explicó que deben desarrollar las actividades como las vienen realizando habitualmente, ambas personas son técnicos con cursos de preparación en el ámbito del mantenimiento automotriz.

### 1.1.2. Recursos materiales

Para el desarrollo de la investigación fue necesario elementos y componentes que se presentan a continuación:

**Tabla 45.**  
*Recursos materiales*

<b>Cantidad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Costos unitarios USD</b>	<b>Costo total USD</b>
1	Movilización (Viáticos)	300,00	300,00
1000	Copias e impresiones	0,02	20,00
5	Internet/mes	30,00	150,00
1	Memoria Flash	10,00	10,00
<b>Total</b>			<b>480,00</b>

### 1.1.3. Recursos tecnológicos

Recursos utilizados para levantar y procesar la información obtenida en la investigación, a continuación, se detalla cada uno.

**Tabla 46.**  
*Recursos tecnológicos*

<b>Cantidad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Costos unitarios USD</b>	<b>Costo total USD</b>
1	Computador personal	800,00	800,00
1	Curso de Orientación para la realización de artículos científicos	65,00	65,00
1	Calculadora	25,00	25,00
1	Cronómetro	10,00	10,00
1	Filmadora	200,00	200,00
<b>Total</b>			<b>1100,00</b>

## 1.2. Costo neto del proyecto

El costo final del proyecto es de 1580 el mismo que fue autofinanciado.

## CONCLUSIONES

- ❖ Se fundamentó técnica y científicamente en base a fuentes bibliográficas confiables aspectos referentes a la programación y ejecución del mantenimiento preventivo en el vehículo, además de sustentar un proceso adecuado para la recolección, análisis y estandarización de tiempos.
- ❖ Se estableció una metodología de investigación que permitió recolectar, analizar y estandarizar los tiempos empleados en las operaciones de mantenimiento del vehículo eléctrico BYD e5.
- ❖ Se solicitó información del programa de mantenimiento del vehículo de combustión interna, así como el costo de repuestos, insumos, mano de obra y tiempo empleado en las actividades del mismo.
- ❖ Se levantó información del vehículo eléctrico BYD e5, mediante una visita de campo al taller autorizado por la empresa en la ciudad de Loja, en donde se obtuvo los tiempos de ejecución de cada tarea de mantenimiento, los mismos que se consideró como tiempos observados, para posteriormente estandarizar obteniendo los siguiente: 65 minutos para el mantenimiento de 20000 km, 110 minutos para el de 40000 km, 85 minutos para el de 60000 km, 122 minutos para el de 80000 km, 141 minutos para el de 100000 km y finalmente 138 minutos para el mantenimiento de 120000 km.
- ❖ Se analizó las rutinas de mantenimiento de los vehículos en estudio, obteniendo que para el automotor eléctrico BYD e5, se tiene 6 intervalos de mantenimiento hasta los 120000 km, empleando un tiempo total de 661 minutos equivalente a 11,01 horas, mientras que para el de combustión interna son 24 intervalos de mantenimiento

empleando 2498 minutos equivalente a 41,66 horas, por lo tanto el MCI emplea más tiempo en su mantenimiento que en un valor porcentual es de 73.57%.

- ❖ Se determinó que para el periodo de 120000 km el vehículo eléctrico BYD e5 emplea 9 insumos y 5 repuestos, alternado su uso dependiendo el mantenimiento que se realice acorde al kilometraje, con un costo total al final del mismo de \$300,29 dólares en insumos y \$381,12 en repuestos, mientras que el automotor con MCI emplea 9 insumos y 16 repuestos, de la misma forma alterna su uso dependiendo el kilometraje de mantenimiento con un valor de \$998,68 dólares en insumos y \$921,46 dólares en repuestos al finalizar el periodo en comparación, por lo tanto el de combustión interna representa 69,93% más costoso en insumos y 59,52% en repuestos en comparación al auto eléctrico.
- ❖ Se comparó el costo de mano de obra de los vehículos en estudio, obteniendo que para el automotor BYD e5, el costo por hora es de \$24,00 dolores, valor que se cobra en el taller autorizado en la ciudad de Loja, al finalizar el periodo de 120000 km se empleó un costo de \$264,40 dólares, mientras que para el MCI el costo por hora es de \$20,00 dólares empleando al final del periodo en estudio un total de \$832,64 dólares, la diferencia que existe en un valor porcentual es de 68,25%, lo que representa que la mano de obra es más costosa en el vehículo de combustión interna.
- ❖ Se determinó el costo total del mantenimiento preventivo de los vehículos en estudio al finalizar los 120000 km, obteniendo que para el auto eléctrico BYD e5 es de \$945,81 dólares y para el de combustión interna es de \$2752,78 dólares, existiendo una diferencia porcentual de 65,64%, lo que representa que el automotor eléctrico tenga un mantenimiento menos costoso en comparación al MCI.

- ❖ Se analizó el costo de la autonomía de los vehículos en estudio en el periodo de 120000 km, para el auto eléctrico BYD e5, el costo de energía eléctrica por kWh y para el MCI el costo de combustible extra de 87 octanos, obteniendo el costo por kilómetro recorrido de \$0,012 y \$0,047 centavos de dólar respectivamente, por lo tanto al finalizar el periodo de estudio el costo es de \$1440,00 dólares en el automotor eléctrico y \$5520,00 dólares en el de combustión interna, existiendo una diferencia porcentual de 73,92%, por ende, la autonomía del MCI es más costosa en comparación al eléctrico.
- ❖ Se realizó una comparación final entre el costo de adquisición, mantenimiento preventivo y autonomía de los vehículos en estudio en el periodo de los 120000 km, obteniendo que el auto eléctrico tiene un costo total de \$37285,81 dólares y las versiones del MCI estándar, semi full y full tienen un costo de \$25272,78 dólares, \$27272,78 dolores y \$29272,78 dólares respectivamente, existiendo una diferencia porcentual con la versión estándar de 32,22%, con la versión semi full de 26,85% y con la versión full de 21,49%, por ende en este periodo el vehículo eléctrico es más costoso con cualquier versión de su similar de combustión interna.
- ❖ Se realizo una proyección para determinar el kilometraje en el cual el vehículo eléctrico BYD e5 será más rentable, obteniendo así que a los 360000 km el costo del mismo es de \$42057,43 dólares, mientras que las versiones del MCI estándar, semi full y full tienen un costo de \$41818,34 dólares, \$43818,34 dólares y \$45818,34 dólares respectivamente, existiendo una diferencia porcentual con la versión estándar de 0,57%, con la versión semi full de 4,02% y con la versión full de 8,21%, por ende, en este periodo el vehículo eléctrico es más costoso con relación a la versión estándar,

pero tiene menor costo con la versión semi full que es la más utilizada en la línea de taxis.

- ❖ Se realizó una comparación entre una flota de 35 unidades de los vehículos en estudio en un periodo de 120000 km, obteniendo que la flota de BYD e5 es más costosa en un 51,29% es decir \$626500,00 dólares más que la versión estándar de la flota de MCI, de la misma forma es superior en un 45,56% equivalente a \$556500,00 dólares al modelo de flota semi full y con respecto a la flota de versión full su costo es un 39,83% más elevado lo que representa una diferencia de \$486500,00 dólares.
- ❖ Se realizó una proyección de las flotas de vehículos en estudio a los 360000 km, obteniendo que la flota de BYD e5 es más costosa en un 0,57% es decir \$8368,15 dólares más que la versión estándar de la flota de MCI, pero es inferior en un 4,02% equivalente a \$61631,85 dólares al modelo de flota semi full y con respecto a la flota de versión full su costo es un 8,21% más económico lo que representa una diferencia de \$131631,85 dólares.
- ❖ Se concluye que en base a la resolución No. 053-DIR-2015-ANT, los vehículos destinados a taxis ejecutivos tienen una vida útil de 10 años, por tal motivo el auto eléctrico BYD e5 ocupa 4 años de este tiempo para equiparar costos de adquisición, mantenimiento preventivo y autonomía, a partir del 5 año hasta cumplir este periodo el vehículo se convierte en un auto rentable para su dueño, en comparación con su similar de combustión interna.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Al momento de tomar datos de tiempos y distancias, se debe notificar a los técnicos encargados del mantenimiento y evitar interferir en la realización de las mismas, no se debe entablar conversaciones con el personal ya que distrae y desconcentra a los mismos.
- ❖ El observador debe mantener una distancia prudente con el personal técnico a cargo del mantenimiento.
- ❖ Realizar un tablero de tiempos donde se registra todos los tiempos observados, por actividad de mantenimiento, el mismo que puede ser realizado en una hoja Excel o en un formato pre establecido para su fácil comprensión y evitar que los tiempos sean erróneos.
- ❖ Al desarrollar el diagrama de procesos, se debe conocer el significado de cada operación, inspección, transporte, operación, demora y almacenamiento.
- ❖ Para complementar este análisis se debe realizar un estudio del mantenimiento correctivo de los vehículos implicados para validar el costo total al final de la vida útil de los automotores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEADE. (2018). Anuario 2018. *Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador*, 81. Recuperado el 30 de Julio de 2019, de <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2019/03/Anuario%202018.pdf>
- Agencia Nacional de Tránsito. (31 de Julio de 2015). *ANT*. Recuperado el 30 de Octubre de 2019, de Agencia Nacional de Tránsito: <https://www.ant.gob.ec/index.php/transito-7/resoluciones-2015/resoluciones-de-directorio/file/3117-resolucion-no-053-dir-2015-ant-de-fecha-4-de-agosto-del-2015-referente-a-la-reforma-al-reglamento-de-transporte-comercial-de-pasajeros-en-taxi-con-servicio->
- Alarcón, I. (13 de Junio de 2019). El uso de vehículos eléctricos implica nuevos retos ambientales a futuro. *El Comercio*. Recuperado el 30 de Julio de 2019, de <https://www.elcomercio.com/tendencias/vehiculos-electricos-nuevos-retos-ambiente.html>
- Araujo, A. (11 de Agosto de 2015). Los vehículos eléctricos abaratan ciertos costos. *El Comercio*. Recuperado el 31 de Julio de 2019, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/vehiculoselectricos-beneficios-costogasolina-baterias.html>
- ARCONEL. (31 de Enero de 2019). Regulación Eléctrica. *Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución codificado , Primera* . Quito, Pichincha, Ecuador: Servicio Público de Energía Eléctrica. Recuperado el 13 de Agosto de 2019, de ARCONEL Agencia de Regulación y Control de Electricidad: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/02/Pliego-Tarifario-SPEE-2019.pdf>

- Burbano, J., & Coyago, A. (2019). Vehículos Eléctricos en el Ecuador. *XIV Congreso de Ciencia y tecnología ESPE 2019 con un enfoque en Ingeniería Automotriz y Mecatrónica*. Auditorio Héroes del Cenepa ESPE, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.
- BYD. (2019). *Manual de Uso del Vehículo e5* (Primera ed.). Shenzhen, China : BYD Auto Co. Ltda.
- BYD e-Motors Ecuador. (2016). *Auto electricos e5*. Recuperado el 30 de Julio de 2019, de BYD Build Your Dreams: <https://bydelectrico.com/autos-electricos/e5/>
- BYD e-Motors Ecuador. (2016). *Quienes somos?* Recuperado el 30 de Julio de 2019, de BYD Build Your Dreams: <https://bydelectrico.com/quienes-somos/>
- BYD e-Motors Ecuador. (2018). *Especificaciones Vehículo Eléctrico E5*. Recuperado el 7 de Agosto de 2019, de BYD - Build Your Dreams: <https://bydelectrico.com/ec/wp-content/uploads/2018/05/E5-2018-detalles-tecnicos.pdf>
- BYD e-Motors Ecuador. (2018). *Los taxis eléctricos en Loja son la primera flota del Ecuador*. Recuperado el 4 de Agosto de 2019, de BYD Build Your Dreams: <https://bydelectrico.com/taxis-electricos-loja-ecuador/>
- BYD e-Motors Ecuador. (2018). *Taxi de combustible vs Taxi eléctrico*. Recuperado el 3 de Agosto de 2019, de BYD Buil Your Dreams: <https://bydelectrico.com/taxi-de-combustible-vs-taxi-electricos/>
- BYD e-Motors Ecuador. (2019). *BYD Inicia la construcción de la primera electrolinera de carga rápida que tendrá Ecuador*. Recuperado el 4 de Agosto de 2019, de BYD Build Your Dreams: <https://bydelectrico.com/byd-inicia-la-construccion-de-la-primera-electrolinera-de-carga-rapida-que-tendra-ecuador/>
- BYD Motors. (2016). *bydelectrico.com*. Recuperado el 26 de Marzo de 2019, de BYD Build Your Dreams: <https://bydelectrico.com/quienes-somos/>

- Castillo, M., & Serrano, D. (10 de Junio de 2018). 240 Vehículos eléctricos circulan en el Ecuador. *El Comercio*. Recuperado el 26 de Marzo de 2019, de [www.elcomercio.com: https://www.elcomercio.com/actualidad/vehiculos-electricos-ecuador-beneficios-incentivo-tributarios.html](http://www.elcomercio.com/actualidad/vehiculos-electricos-ecuador-beneficios-incentivo-tributarios.html)
- Chevromax. (2019). *Chevrolet: Mantenimiento*. Recuperado el 31 de Julio de 2019, de Chevromax Servicio 10K: <http://chevromax.com.ar/mantenimiento.html>
- Cruelles, J. A. (2013). *Ingeniería Industrial. Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua* (Primera ed.). México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- El Comercio. (7 de Junio de 2019). Un vehículo eléctrico funciona hasta cinco días con una sola carga. *El Comercio*. Recuperado el 30 de Julio de 2019, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/vehiculo-electrico-carga-electrolineras-ecuador.html>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (10 de Julio de 2012). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2656:2012. *Clasificación Vehicular, Primera*, 1-4. Quito, Pichincha, Ecuador: Ministerio de Industrias y Productividad. Subsecretaría de la Calidad. Recuperado el 10 de Junio de 2019, de <https://181.112.149.204/buzon/normas/2656.pdf>
- Jaramillo, W. E. (8 de Marzo de 2019). Taxis eléctricos en la ciudad de Loja - Ecuador. *Espacios*. Recuperado el 3 de Agosto de 2019, de <http://www.revistaespacios.com/a19v40n18/a19v40n18p27.pdf>
- Jarrin, R., & Mena, Á. (2019). Investigación de los procesos de mantenimiento preventivo de los vehículos articulados en Ecuador mediante el análisis comparativo de la programación y ejecución de las rutinas de mantenimiento del bus eléctrico (K11A)

- BYD con su similar de combustión. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Extensión Latacunga, Latacunga.
- KIA. (2018). *Manual del propietario* (Primera ed.). Seúl, Yangjae Dong, Corea del sur : Kia Motors Corp.
- KIA. (1 de Enero de 2019). *Kia Sportage R. Especificaciones*. Recuperado el 31 de Julio de 2019, de Kia Motors: <https://www.kia.com/ec/showroom/sportage-r.html>
- KIA. (2019). *Specification KIA RIO R*. Recuperado el 9 de Agosto de 2019, de KIA MOTORS: <https://www.kia.com/ec/showroom/rio-r-sedan/specification.html>
- Laica, W. (15 de Mayo de 2019). Mantenimiento preventivo del vehículo KIA Rio R. (R. Guamán, Entrevistador) Salcedo, Cotopaxi, Ecuador.
- Laverón, F., Muñoz, M., & Sáenz, G. (15 de Marzo de 2010). Análisis energético y económico del vehículo eléctrico. *Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico - REVE*. Recuperado el 19 de Marzo de 2019, de Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico: <https://www.evwind.com/2010/03/15/analisis-energetico-y-economico-del-vehiculo-electrico/>
- León, F., & Salinas, M. (2018). Implementación y uso de autos eléctricos en el transporte público y su impacto en la red de distribución, Loja 2017. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador .
- López, A. (17 de Agosto de 2019). Costo del vehículo KIA RIO R 2019. (R. Guamán, Entrevistador) Latacunga, Cotopaxi, Ecuador .
- Manene, L. (28 de Julio de 2011). *Los diagramas de flujo: su definición, objetivo, ventajas, elaboración, fases, reglas y ejemplos de aplicaciones*. Recuperado el 31 de Julio de 2019, de Estructura Organizativa, Habilidades Directivas, Mejora Continua: [https://moodle2.unid.edu.mx/dts\\_cursos\\_md/lic/AE/EA/AM/07/Los\\_diagramas.pdf](https://moodle2.unid.edu.mx/dts_cursos_md/lic/AE/EA/AM/07/Los_diagramas.pdf)

- MotorGiga. (2012). *Repuesto - Definición y significado*. Recuperado el 31 de Julio de 2019, de MOTORGIGA: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/repuesto-definicion-significado/gmx-niv15-con195376.htm>
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos estándares y diseño del trabajo* (Duodécima ed.). México: Mc Graw Hill.
- Presidencia de la República. (26 de Diciembre de 2018). Decreto 619. *Refórmese el reglamento sustitutivo para la regulación de los precios de los derivados de los hidrocarburos expendido mediante decreto ejecutivo No. 338, publicado en el registro oficial No. 073 de 02 de agosto de 2005, Primera*. Quito, Pichincha, Ecuador: Corte constitucional del Ecuador. Recuperado el 13 de Agosto de 2019, de [https://www.eltelegrafo.com.ec/images/Fotos\\_ElTelegrafo/Ecuador/2018/diciembre/20-12-18/registrooficial.pdf](https://www.eltelegrafo.com.ec/images/Fotos_ElTelegrafo/Ecuador/2018/diciembre/20-12-18/registrooficial.pdf)
- Quiroz, L. (15 de Abril de 2016). Organización de Talleres Automotrices. *Distribución del espacio en las áreas de trabajo* . Latacunga, Cotopaxí, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.
- SRI. (2019). *Facturación Física*. Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de SRI Servicio de Rentas Internas: <https://www.sri.gob.ec/web/guest/facturacion-fisica>
- Tavarez, L. (2000). *Administración Moderna de Mantenimeinto* . Brazil: Novo Polo. Recuperado el 31 de Julio de 2019, de [https://es.slideshare.net/CarlosAlbertoZiga/administracion-moderna-de-mantenimiento-lourival-tavares?from\\_action=save](https://es.slideshare.net/CarlosAlbertoZiga/administracion-moderna-de-mantenimiento-lourival-tavares?from_action=save)

# **ANEXOS**



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor **GUAMÁN LAICA, ROBERTO ALEXANDER**

En la ciudad de Latacunga, 28 de noviembre del 2019



Ing. Zambrano León, Victor Danilo MSc.

**DIRECTOR DEL PROYECTO**



Ing. Zambrano León, Victor Danilo MSc.

**DIRECTOR DE CARRERA**



Dr. Darwin Albán Y.

**SECRETARIO ACADÉMICO**

